



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

“PROYECTO DE RECICLAJE DE
LLANTAS”

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO
MECÁNICO ELÉCTRICO.

P R E S E N T A N:

CRESPO ESPINOZA ALBERTO
TISCAREÑO ARANDA DAVID

ASESOR: M.D.I. HERMOGENES GUSTAVO
ROJAS COCA.



MÉXICO 2015

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México



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.

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS A DIOS POR PERMITIRME EXISTIR Y COMPARTIR CON MIS SERES QUERIDOS ESTE MOMENTO.

A MI PADRE SR. PEDRO CRESPO CABRERA Y A MI MADRE SRA. TEÓFILA ESPINOZA HILARIO, POR TODO EL APOYO Y HABER HECHO POSIBLE UNO DE MIS SUEÑOS **GRACIAS**, POR HABER HECHO DE MÍ UN HOMBRE DE PROVECHO, POR ESTAR SIEMPRE AL PENDIENTE DE MÍ, POR CUIDARME, POR SER PARTE DE MI VIDA ESPERO PODER RECOMPENSARLES PRONTO TODO LO QUE HAN HECHO POR MÍ.

A MIS HERMANOS **GRACIAS**, POR EL APOYO QUE CADA SEGUNDO DE MÍ VIDA ME HAN BRINDADO, CADA UNO DE USTEDES CONTRIBUYERON A LOGRAR LO QUE AHORA SOY.

A MIS FAMILIARES **GRACIAS**, POR SER PARTE DE ESTA ETAPA DE MI VIDA Y COMPARTIR ALEGRÍAS Y TRISTEZAS.

A MIS AMIGOS **GRACIAS**, SON PERSONAS A LAS QUE AGRADEZCO POR SER PARTE DE MI VIDA, POR COMPARTIR CONMIGO MOMENTOS QUE JAMÁS OLVIDARÉ Y A LOS QUE DESEO ÉXITO EN TODOS SUS PROYECTOS.

A TODAS LAS PERSONAS QUE CONOCÍ Y LAS CUALES ME BRINDARON SU AMISTAD, EN ESPECIAL A MI COMPAÑERO DE TESIS DAVID TISCAREÑO ARANDA POR SER PARTE DE ESTE PROYECTO Y A QUIEN DESEO ÉXITO,

ALBERTO CRESPO ESPINOZA.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES: QUE AUNQUE YA NO ESTÁN PRESENTES LES AGRADEZCO TODO EL ESFUERZO PARA QUE YO TUVIERA UNA FORMACIÓN ESCOLAR ADEMÁS DE TODA LA EDUCACIÓN QUE ME BRINDARON.

A MI HERMANA: LE DOY GRACIAS POR HABERME APOYADO A LO LARGO DE MI FORMACIÓN PROFESIONAL, YA QUE ESE APOYO FUE DE GRAN IMPORTANCIA PARA MI CARRERA PROFESIONAL.

A MI ESPOSA: LE DOY GRACIAS POR HABERME AYUDADO EN MOMENTOS DIFÍCILES Y DARME ÁNIMOS PARA SALIR ADELANTE.

A MIS PROFESORES: LES DOY GRACIAS YA QUE A LO LARGO DE LA CARRERA SUS LECCIONES Y EXPERIENCIAS SON FUNDAMENTALES PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL.

DAVID TISCAREÑO ARANDA.

A NUESTRA QUERIDA **“UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO”** POR HABERNOS ACEPTADO COMO SUS HIJOS Y PERMITIRNOS APRENDER A APRENDER, APRENDER A SER Y APRENDER A HACER LAS COSAS CORRECTAMENTE TE ESTAREMOS ETERNAMENTE AGRADECIDOS.

A NUESTRO ASESOR **M.D.I HERMOGENES GUSTAVO ROJAS COCA** POR TODO EL APOYO Y AYUDA QUE NOS PROPORCIONÓ EN LA ELABORACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

A LA **“FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN”** Y A CADA UNO DE LOS **PROFESORES** POR COMPARTIR CON NOSOTROS SU TIEMPO, CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y ENSEÑANZAS PARA PODER DESEMPEÑARNOS EN NUESTRA VIDA PROFESIONAL.

AL JURADO POR EL TIEMPO EMPLEADO EN LA REVISIÓN DEL TRABAJO Y SU ASISTENCIA AL PRESENTE EXAMEN.

“MUCHISIMAS GRACIAS”

JUSTIFICACIÓN

La actual situación de las llantas de desecho es un problema ambiental que afecta en gran medida al medio ambiente que día a día ha crecido, y se ha vuelto un problema que no solo afecta nacionalmente, dado que este ha crecido de forma exponencial volviéndose un problema mundial.

En este trabajo se evaluarán las tecnologías y métodos actuales que se enfocan en el procesamiento de las llantas de desecho, en primer punto debemos detallar el impacto y las repercusiones al medio ambiente, mediante una investigación detallada sobre la situación actual a nivel mundial y nacional, gracias al aumento del parque vehicular en las últimas décadas esta situación se ha agravado en forma preocupante.

Hoy en día la cultura de reciclaje ha ido ganando auge pero la mayoría se enfoca en la industria del papel, reciclado del PET, residuos de metal entre los más comunes, dejando de lado el reciclado de las llantas de desecho y la oportunidad de hacer negocio, un negocio que recicle y cuide el medio ambiente, para así crear empresas de desarrollo sustentable.

Es por eso que al realizar enfoque en las tecnologías de reciclaje, se pretende evaluar la tecnología que aproveche al máximo las llantas de desecho, estableciendo características técnicas de la Maquinaria y equipo necesario para el proceso, Recolección y Transporte de este residuo, Aspectos Económicos necesarios para la ejecución del proyecto, así mismo una parte muy importante y que no debe pasar por alto son los Trámites y Procedimientos en las estancias Gubernamentales necesarias para la implementación del proyecto.

La importancia de este tipo de Proyectos de reciclado radica en gran medida en que se representa como una solución adecuada, respecto al problema de contaminación ambiental.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- ✓ Conocer y evaluar las tecnologías de reciclado existentes y en desarrollo, las cuales involucran la reutilización de las llantas de desecho, aprovechando al máximo la llanta para la obtención de materia prima para la fabricación de productos derivados de este tipo de reciclado, así mismo se determinara la viabilidad de una planta de reciclado de llantas de desecho, evaluando aspectos técnicos, económicos y ambientales para presentar una solución adecuada a este problema medio ambiental.

Objetivos específicos:

- ✓ Definir la problemática ambiental que generan las llantas de desecho y las repercusiones al ser humano.
- ✓ Determinar el mercado y competencia, así mismo las principales áreas de aplicación del hule molido en México.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	IV
I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	6
1.1 EXPLOTACIÓN Y OBTENCIÓN DEL CAUCHO	7
1.1.1 Origen del Caucho Natural	7
1.1.2 Historia y Evolución del Caucho Sintético	9
1.2 FABRICACION DEL CAUCHO NATURAL Y SINTÉTICO	14
1.2.1 Elastómeros (Hules)	14
1.2.2 Producción del Caucho Natural	16
1.2.3 Fabricación de Caucho Sintético	20
1.2.3.1 Preparación	20
1.2.3.2 Clasificación de caucho SBR	23
1.2.4 Diferencias y Propiedades del caucho SBR Y Natural	24
1.3 FABRICACIÓN DE LLANTAS	25
1.3.1 Estructura de las llantas o neumáticos.	25
1.3.2 Proceso de fabricación	29
1.3.2.1 Etapas del proceso	30
II. LLANTAS DESECHADAS	40
2.1 INTRODUCCION	41
2.1.1 Situación mundial de las llantas de desecho	41
2.1.2 Situación de las llantas de desecho en el país	43
2.2 PROBLEMA	50
2.3 EMISIONES A LA ATMOSFERA	52
2.4 EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE Y SALUD HUMANA	57
2.5 BASUREROS Y CENTROS DE RECOLECCIÓN EN EL D.F Y ESTADO DE MÉXICO	62
2.6 INVESTIGACION DE CAMPO	65
III. TECNOLOGÍA DE RECICLADO DE LLANTAS	73
3.1 RECICLADO	74
3.1.1 Incineración	75
3.1.1.1 Tipos de incineración	78
3.1.2 Pirolisis	82
3.1.3 Termólisis	84
3.1.4 Trituración Criogénica	87
3.1.5 Trituración o Molienda Mecánica	89
3.1.5.1 Producción	92
3.1.6 Regeneración del Caucho	94

3.1.7 Renovado o Recauchutado	95
3.2 MANEJO DE DESECHOS	103
3.2.1 Uso en asfaltos modificados	106
3.2.1.1 Asfalto modificado convencional	106
3.2.1.2 Asfalto químicamente modificado	108
3.2.1.3 Uso como relleno en la capa asfáltica	109
3.2.2 Fabricación de llantas	111
3.2.3 Manufactura de cámaras	112
3.2.4 Fabricación de tejidos impermeabilizantes	113
IV. MERCADO Y COMPETENCIA	114
4.1 INTRODUCCION	115
4.2 MERCADO DE RECICLADO DE LLANTAS	115
4.2.1 Principales mercados de hule molido en México	121
4.2.1.1 Situación actual del mercado	124
4.3 ANALISIS DE MERCADO	128
4.4 EMPRESAS DEDICADAS AL RECICLADO “COMPETENCIA”	130
4.5 EMPRESAS DEDICADAS A LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS A BASE DE CAUCHO RECICLADO	131
V. PLANTA RECICLADORA	150
5.1 INTRODUCCION	151
5.2 SELECCIÓN DEL PROCESO DE RECICLADO	151
5.3 ALCANCES DEL PROYECTO	154
5.4 ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PLANTA DE RECICLADO	154
5.4.1 Predio y Permisos.	155
5.4.2 Maquinaria y Equipo	157
5.4.2.1 Línea de reciclado	157
5.4.2.2 Equipo complementario	159
5.4.3 Recolección y Transportación	160
5.4.4 Costo Operativo	160
5.4.5 Materia prima	162
5.4.6 Insumos	164
5.4.6.1 Consumo Eléctrico	165
5.4.6.2 Consumo de Agua	166
5.4.6.3 Servicio telefónico	167
5.4.6.4 Consumo de Combustible	167
5.5 EVALUACIÓN DE COSTOS	167
5.5.1 Costos directos	167
5.5.2 Costos indirectos	168
5.6 INVERSIÓN INICIAL TOTAL	168

5.6.1	Inversión fija	.	.	.	.	.	.	.	168
5.6.2	Inversión diferida	.	.	.	.	.	.	.	168
5.6.3	Capital de trabajo	.	.	.	.	.	.	.	169
5.6.4	Inversión Total	.	.	.	.	.	.	.	170
5.7	PROCESO DE PRODUCCIÓN	.	.	.	.	.	.	.	170
5.7.1	Especificaciones técnicas de la Maquinaria	.	.	.	.	.	.	.	170
5.7.2	Descripción del proceso de producción	.	.	.	.	.	.	.	173
5.7.3	Diagrama de proceso	.	.	.	.	.	.	.	178
5.7.4	Distribución de planta	.	.	.	.	.	.	.	179
VI.	CONCLUSIONES	.	.	.	.	.	.	.	182
	BIBLIOGRAFIA	.	.	.	.	.	.	.	186

INTRODUCCIÓN

Gracias al origen y evolución del caucho a través del tiempo desde las culturas Mesoamericanas, lo cual dio hincapié a la fabricación de productos a base de caucho natural y posteriormente a la restricciones que hubo para conseguir el caucho natural a causa de la dos Guerras Mundiales. Durante la Primera Guerra Mundial, Alemania aislada por Inglaterra, no pudo importarlo de América o Asia y el propio Estados Unidos tuvo problemas en La Segunda Guerra Mundial, a causa de Japón que ocupó las islas del Pacífico, fuente importante de ese producto. Ello causó que se hicieran esfuerzos para encontrar productos sintéticos con propiedades similares o mejores.

Esto originó el desarrollo de cauchos sintéticos con propiedades químicas específicas como el caso del Buna-N y el Buna-S los cuales satisficieron las necesidades durante ese periodo y ayudaron en gran medida a la fabricación de las llantas como se conocen hoy en día, brindándoles resistencia en superficies con fricción elevada y antideslizantes, protección contra la corrosión y la abrasión, resistentes contra el impacto y la vibración.

Con el aumento del parque vehicular ha provocado que la masiva fabricación de llantas sea un problema ambiental, que caracteriza a las sociedades desarrolladas modernas, tan dependientes del automóvil. Las llantas han sido diseñadas para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas severas, son resistentes al ozono, la luz y las bacterias, lo que las hace prácticamente indestructibles, para entender la severidad de este problema se realizó una investigación para recabar información para plantear la situación que hay en el mundo y en el país a causa de las llantas de desecho, incluyendo datos que reflejan y ayudan a entender de forma clara la importancia y la atención que se debe darle a este problema que nos afecta a todos.

Gracias al desarrollo de tecnologías para el reciclado de llantas de desecho ya sean medios químicos o mecánicos es posible hacer uso de este residuo, ya sea

como combustible por medio de la incineración, para la fabricación de cemento pero que repercute en gran medida al medio ambiente por los gases generados, como lo es también el proceso de Termólisis y Pirolisis, algunos otros métodos como el Recauchutado que solo pospone el desecho de las llantas y no reduce el problema. El proceso de Trituración Criogénica tiene ciertas dificultades que generan costos excesivos, el proceso de Regeneración es una gran alternativa dado que este proceso es una etapa previa para manufactura de nuevos productos, pero el proceso de Trituración Mecánica le antecede así como algunos de los procesos anteriores, como se hará mención en la elaboración de este trabajo, dentro del proceso existen diferentes grados de pureza con los que cuenta el proceso de reciclado, todo esto dependerá del destino final al cual sea dirigido una vez procesado, mientras más puro sea el Caucho Reciclado mayor será su costo en el mercado.

Para la selección del proceso más viable realizamos una investigación de los diferentes mercados del reciclado de llantas en el cual se establecen las oportunidades que brinda este tipo de negocio, así como las aplicaciones del hule molido y los potenciales consumidores dispuestos a adquirir nuestro producto incluyendo de forma general la situación actual del mercado así como los aspectos para implementar un proyecto de estas características.

En el Capítulo 5 se incluyen los criterios de evaluación que establecimos para la selección del proceso más adecuado para la implementación, de los cuales analizamos las ventajas y desventajas que involucra cada uno de los procesos, al realizar un análisis detallado se determina en forma concreta la selección del proceso más adecuado y esto conlleva a la determinación de los alcances del proyecto. Al establecer la meta de producción mensual de 200 Toneladas que genera un punto clave de donde se parte para seleccionar el equipo para poder cumplir con la meta de producción. Esto involucra todos los aspectos económicos y características técnicas para el proceso de las llantas de desecho, así mismo se establecen los permisos necesarios para la apertura del proyecto.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

HISTÓRICOS.

1.1 EXPLOTACIÓN Y OBTENCIÓN DEL CAUCHO.

El caucho es fundamentalmente un polímero ¿Qué es esto? Una especie de macromolécula, por lo general del grupo de las orgánicas, que se encuentra formada por la confluencia de otras moléculas mucho más pequeñas, a las cuales se las conoce con el nombre de monómeros.

El polímero que nos ocupa se denomina isopreno C_5H_8 , que surge como un líquido lechoso (látex) en la savia de algunas plantas. Asimismo, el caucho puede ser producido a través de procedimientos sintéticos que más adelante se describirán. Este látex puede tener distintas fuentes comerciales, una de ellas son las euforbiáceas, particularmente la que corresponden a la clasificación hevea brasiliensis. Sin embargo, muchas otras plantas cuentan con la presencia del látex en su constitución, como el caso de las higueras y del diente de león.

Por otra parte, el caucho se le puede obtener de muchas otras especies, a las que se puede localizar en Asia y en África occidental. Sin embargo, no las podemos definir como las fuentes principales de este polímero, a pesar de que durante la segunda guerra mundial eran sumamente utilizadas.

1.1.1 ORIGEN DEL CAUCHO NATURAL.

Como ocurre con todo material, el caucho ha tenido su correspondiente evolución con el paso del tiempo. Se conoce que el lugar de origen ha sido América. Ciertas civilizaciones, como Los Aztecas, Los Incas y Los Mayas que utilizaban el hule para la fabricación de pelotas de gomas y la confección de prendas contra la humedad.

Asimismo, el polímero fue empleado en contextos que no estaban necesariamente ligados al juego o la confección de ciertos elementos relacionados con la vestimenta. Un ejemplo de la diversidad del uso la encontramos en fabricación de tiras para poder sujetar instrumentos de piedra e instrumentos de metal a mango

realizado en madera, e incluso acolchado para todos los mangos de esos dispositivos.

Algunas de las propiedades y usos del caucho fueron descubiertos por los indios tropicales de Sudamérica mucho antes de las travesías de Colón. Desde hace muchos años, los españoles trataron de duplicar los productos resistentes al agua (calzado y revestimientos) de los indios, pero ellos fracasaron. El caucho llegó a ser meramente una curiosidad de museo en Europa durante los siguientes dos siglos.

Se estima que se han obtenido *hules naturales* de 500 especies en el mundo, entre estas se encuentran el guayule del norte de México y sur de los Estados Unidos, y el Dandelion Ruso (Diente de león), de la antigua Unión Soviética, pero el mercado mundial lo domina solo una planta la *Hevea Brasilienses*.^[1]

El caucho se obtiene del árbol por medio de un tratamiento sistemático de "sangrado", que consiste en hacer un corte en forma de ángulo a través de la corteza profundizando hasta el cambium, al final de la incisión se coloca un recipiente en el tronco del árbol para recoger el látex.



Ilustración 1 Extracción del látex a través del sangrado. Fuente; www.textoscientificos.com/cauchonatural, 2010

^[1] Vulcanización y Formulación de Hules, Ramos-Sánchez, Editorial Limusa, 1ª Edición 1999, Pág. 19

El caucho es una secreción irreversible o producto de desecho del árbol, y cuanto más se extrae, tanto más la planta regenera. El caucho es producido en el protoplasma por reacciones bioquímicas de polimerización catalizadas por enzimas.

1.1.2 HISTORIA Y EVOLUCION DEL CAUCHO SINTETICO.

El caucho, árbol tropical de donde se extrae el látex es la primera fuente de suministro para las industrias de caucho. El látex se obtiene de la resina del caucho y fue empleado desde tiempos inmemorables por los indígenas de América como se ha mencionado anteriormente. Los españoles lo llevaron a Europa y desde entonces la humanidad no puede prescindir de esta materia prima.

Sin embargo, debido a las dos Guerras mundiales, hubo restricciones para conseguir el producto. Durante la Primera Guerra Mundial, Alemania aislada por Inglaterra, no pudo importarlo de América o Asia y el propio Estados Unidos tuvo problemas en La Segunda Guerra Mundial, a causa de Japón ocupó las islas del Pacífico, fuente importante de ese producto. Ello causó que se hicieran esfuerzos para encontrar productos sintéticos con propiedades similares o mejores.

Durante la Primera Guerra Mundial, los ingleses no permitieron que nadie le comercializara el caucho a Alemania y en consecuencia, cada pedazo de ese material usado es reciclado por los alemanes para poder mantener operativa las industrias que lo requieren. En esos momentos, los ingenieros y químicos alemanes buscaban desesperadamente un sustituto, pero nada parecía dar resultados satisfactorios.

Entonces, alguien de Farben-Industrie recuerda, que antes de la guerra se hicieron intentos de fabricar caucho sintético a partir del "Dimethyl butadieno" o "Metyl isopreno". Después de algunas pruebas iniciales, el Dr. Carl Duisberg de Bayer manda a preparar unas llantas de ese material y hace las pruebas con un

automóvil. En 1912 los resultados de las pruebas son presentados al Káiser Guillermo II quien queda muy impresionado por ese logro.

Después de caminar 6,500 Km. sin una sola pinchadura, cosa que era muy común en los primeros tiempos del automóvil, el Káiser anuncio en Junio de ese año, que estaba extremadamente satisfecho con los resultados y ordeno que todos los automóviles fueran equipados con las nuevas llantas. Pero el remedio no era tan maravilloso como pensaba el Káiser, porque las tales llantas eran sólidas, es decir no contenían aire, por tanto no había posibilidad de pinchaduras. Pero por parte de esa particularidad que obviamente tenia desventajas, la más grave fue que el Metyl-caucho se degrada con presencia de oxígeno. En consecuencia el proyecto resulto un fracaso a mediano plazo, cuando los automóviles empezaron a presentar los desperfectos en las llantas.

Pero además, durante la Primera Guerra Mundial, hubo problemas de fabricación debido a que la materia prima necesaria para preparar el Metyl-caucho, también se requería para otras industrias de guerra que eran tan necesarias como las llantas. Sin embargo los ingenieros Alemanes se las arreglaron para mantener la producción del Metyl-caucho, reemplazando algunos químicos. Pero, para mejorar el producto, deciden utilizar otro ingrediente, el butadieno. Surge así el B-Metyl-caucho y lo llaman Buna, Bu por butadieno y Na por natrium, el antiguo nombre del sodio. Lo malo era que el proceso resultaba sumamente costoso y difícil de producir, para competir con el barato caucho natural y además resultaba de inferior calidad que el natural, no obstante y dadas las circunstancias, a los alemanes no les quedaba otra alternativa.

En 1933, el gobierno alemán decide que no se repetirán ni las causas, ni los errores que llevaron al desastre económico y decididamente crea un plan de 4 años, periodo durante el cual Alemania no importara alimentos, ni químicos, para forzar a la industria alcanzar la autosuficiencia en esos rubros. Por tanto, la industria se vio obligada a seguir usando la Buna, mientras los ingenieros y

químicos hacen esfuerzos para mejorar el material. Así poco después, el Dr. Walter Bock y Eduard Tschunkur, cambian el 25% del butadieno por el estireno (Styrene) y crean el nuevo Buna-S, que es mucho mejor, muy competitivo y de cualidades similares al caucho sintético. Todavía tenían otros problemas relacionados con la vulcanización, pero debido al plan de 4 años la industria no tenía otra alternativa que seguir utilizándolo.

En 1934 Eduard Tschunkur y Erich Konrad, deciden cambiar el estireno del caucho sintético o Buna-S, con un químico más caro, el acronitrilo. Este experimento da como resultado un nuevo producto o Buna-N o Perbunan. Este nuevo caucho sintético tiene unas propiedades muy interesantes, como el Buna-S, pero con la particularidad que es resistente a los lubricantes, un logro extraordinario sin duda alguna. El gobierno Alemán está muy satisfecho porque eso significa que no tendrán que importar los cauchos sintéticos de Estados Unidos, tales como el Thiopkol y el Neoprene.

A causa de un accidente que no le hizo ninguna gracia al gobierno Alemán. El Buna-N es introducido a Estados Unidos. Una muestra que debió ir a Madagascar terminó en Nueva York. En esos momentos la fábrica de neoprene de la Dupont había sufrido una explosión e incendio y se encontraba inoperativa. Algunas industrias podían usar el Thiopkol, pero la mayoría no. Dupont le pide a Alemania unas muestras de Buna-N y la encuentra satisfactoria y ordena una cantidad suficiente para surtir a sus clientes. Poco a poco la importación del Buna-N, aunque su precio era 10 veces más alto que el caucho natural y más caro que el neoprene. Luego comienzan a importar Buna-S y los Alemanes llegan a entender, que su producto no es tan malo después de todo.

Bajo esas circunstancias, el nuevo gobierno del nacionalista Adolfo Hitler surge con un buen auspicio que será importantísimo como apoyo para su plan de carreteras, el vehículo del pueblo y su maquinaria bélica.

La industria básica Alemana, como la IG Farben-Industrie en Monowice cerca de Oswiecin fue autosuficiente en la fabricación de Buna-N. Adolfo Hitler quiso que el producto se mantuviera en secreto por considerarlo vital para la industria militar, pero como veremos, aunque el Buna-N ya era conocido en otros países potencialmente enemigos, la licencia de fabricación del Buna-S también había sido negociada con fabricantes Estadounidenses además de que estaba en riesgo de sucumbir el espionaje industrial.

Estados Unidos.- El desarrollo de alternativas sintéticas fue prioritario desde 1920, en especial porque los productores holandeses y británicos elevaron los precios hasta US\$ 1.12 la libra. El caucho fue relativamente barato y se obtenía muy barato de Sudamérica y por tanto, había resistencia a fabricar un producto sintético que sería más caro.

Firestone y Goodyear tenían licencia de la patente alemana para fabricar Buna, pero no conocían todos los secretos técnicos para la producción, por la restricción impuesta por Hitler al tratarse de un producto estratégico. Goodyear tenía su propio caucho sintético llamado Chemigum pero el Butadieno y el Metacrilato de metilo para su producción eran raros y escasos. Por otro lado las plantaciones de caucho, propiedad de Firestone y Goodyear en Asia, no producían una cantidad suficiente de caucho natural.

Antes de estallar la guerra en 1941, el gobierno Norteamericano ordeno un consorcio para fabricar un sustituto y logaron el Government Rubber-Styrene o GR-S. Pero surgieron muchos problemas entre los fabricantes, nadie quería la fórmula del otro y todos decían tener la solución.

El espionaje industrial.- La Firestone quería ser la principal productora de caucho sintético a como diera lugar. En 1938 Ernest T. Handley de la fábrica Firestone trabajaba en Suiza como gerente de la filial en ese país y por efecto estaba al tanto y seguía muy de cerca los adelantos de Alemania hacía ese

campo. Los alemanes le habían proporcionado muestras a la gente de Akron porque estaban en conversaciones para otorgarles una licencia de fabricación. Handley invito a un directivo de Akron a almorzar y discretamente este le paso por debajo de la mesa una de las muestras.

La muestra fue a parar a las manos del Director de Investigación de Firestone Jhon Street, quien inmediatamente inicio los análisis para descubrir los secretos alemanes del Buna-S. La cosa no fue fácil, Standard Oil de Nueva Jersey ya tenía la licencia alemana de fabricación del Buna-S y también del Buna-N, pero Standard Oil no podía fabricar el producto para analizarlo. Handley regreso a Europa y en nombre de la empresa Suiza, con quien Firestone estaba asociada, ordeno 100 kilos de Buna-N intercambiaron los envase de Buna-N y Buna-S y la Firestone se adueñó del producto.

Producción durante la guerra.- Antes de la guerra, en 1941, Estados Unidos requería de 600 mil toneladas de caucho anuales. Durante la gran guerra, cada persona en servicio militar utilizaba 16 kilos de caucho en muy distintas formas, pero a partir de 1941 la cantidad subió a 98 kilos. Cada acorazado necesitaba de 75 toneladas de los productos para su fabricación y un B-17 media tonelada.

Después de Pearl Harbor, las cosas se complicaron, Japón corto el 50% de las demandas de caucho al bloquear las fuentes productoras en Indonesia, Malaya y Filipinas. La industria, en especial la militar, estaba en serios aprietos. El reciclaje de caucho fue una actividad de interés nacional, pero la calidad del producto final dejaba mucho que desear.

En aquellos días los esfuerzos del gobierno de Roosevelt fueron dedicados a encontrar soluciones al problema del caucho. Una de ellas fue, que la patente de Buna en los Estados unidos que pertenecía a la Standard Oil debía ser compartida con los demás, pero las innovaciones o mejoras hechas por Firestone, Goodyear o Goodrich pasaban a ser prioridad de la Standard Oil de New Jersey.

La producción de caucho sintético de Estados Unidos pasó de 60 mil toneladas en 1941, a 1 millón de toneladas en 1945 gracias al Buna-S y al Buna-N.

1.2 FABRICACION DEL CAUCHO NATURAL Y SINTÉTICO.

1.2.1 ELASTOMEROS (HULES).

Los elastómeros consisten en una gran familia de polímeros amorfos que tienen una baja temperatura de transición vítrea. Es típica su capacidad para sufrir grandes deformaciones elásticas sin romperse; igualmente son suaves y tienen módulos elásticos bajos. El término elastómero se deriva de las palabras elástico y mero.

La estructura de los elastómeros es muy rugosa (torcida o rizada apretadamente). Se estiran pero después regresan a su forma original tras retirar la carga. También se pueden enlazar de manera transversal, siendo el mejor ejemplo de ello la vulcanización del hule con el azufre a temperatura elevada, descubierta por Charles Goodyear en 1839 y llamada así en honor de Vulcano, el dios romano del fuego, ya antes mencionado. Una vez que el elastómero se enlaza transversalmente, ya no se le puede dar otra forma (*por ejemplo, una llanta para automóvil, que es una molécula gigante, no se puede reblandecer y dar nueva forma*).

Con frecuencia los términos elastómero y hule se utilizan de modo indistinto. En general, un elastómero es capaz de recuperar sustancialmente su forma y tamaño después de retirar la carga. Un hule es capaz de recuperarse con rapidez después de sufrir de grandes deformaciones.

La dureza de los elastómeros, que se mide con un durómetro, aumenta con el enlace cruzado de las cadenas moleculares. Al igual que con los plásticos, se pueden mezclar una variedad de aditivos en los elastómeros para proporcionales propiedades específicas.

Los elastómeros tienen una amplia gama de aplicación en superficies con fricción elevada y antideslizantes, protección contra la corrosión y la abrasión, aislamiento eléctrico y contra el impacto y la vibración. Los ejemplos incluyen neumáticos, cubiertas contra el medio ambiente, calzado deportivo, recubrimientos, empaquetaduras, sellos, rodillos de impresión y recubrimientos de pisos.

Una propiedad de los elastómeros es su pérdida de histéresis en el alargamiento y la compresión. El ciclo en el sentido de las manecillas del reloj indica pérdida de energía, en tanto que la energía mecánica se convierte en calor. Esta propiedad es deseable para absorber energía vibratoria (amortiguamiento) y sonido.

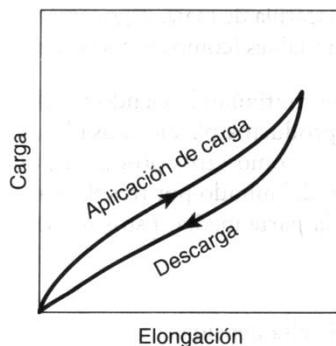


Ilustración 2 Carga típica, carga-elongación para hules. El ciclo en el sentido de las manecillas del reloj, que indica las trayectorias de aplicación de carga y descarga, muestra la pérdida por histéresis. Esta da a los hules la capacidad de disipar, energía, amortiguar la vibración y absorber cargas de impacto, lo que es necesario en los neumáticos automovilísticos y en los amortiguadores de vibración colocados bajo la máquina. Fuente; MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA S.Kalpakjian & S.R. Schmid, 5ª Edición, 2008.

Hule natural. La base del hule natural es el látex, una savia parecida a la leche que se obtiene de la corteza interior de un árbol tropical. El hule natural tiene buena resistencia a la abrasión y la fatiga, y altas propiedades a la fricción, pero baja resistencia al aceite, al calor al ozono y a la luz del sol. Se aplica en llantas, sellos, tacones de zapatos, acoplamientos y monturas para motores.

Hules sintéticos. Ejemplos de hule sintético son el butilo, el estireno butadieno, el polibutadieno y el etileno propileno. Comparados con el hule natural, tienen mejor resistencia al calor, a la gasolina y a los productos químicos y poseen una gama mayor de temperaturas útiles. Los hules sintéticos resistentes al aceite son el neopreno, nitrilo, uretano, y silicón. Suelen aplicarse a las llantas, absorbedores de impacto, sellos y bandas.

Siliconas. Las siliconas tienen la variedad más alta de temperaturas útiles de los elastómeros (hasta 315 °F; 600 °C), pero otras propiedades (como la resistencia mecánica, resistencia al desgaste y a los aceites) generalmente son inferiores a los demás elastómeros. Se aplican en sellos, empaques, aislamiento térmico, interruptores eléctricos de alta temperatura y aparatos electrónicos.

Poliuretano. Este elastómero tiene muy buenas propiedades generales de alta resistencia, rigidez, resistencia excepcional a la abrasión, al corte y al desgarre. Suele aplicarse en sellos, empaques, amortiguamiento, diafragma para el formado con el hule de láminas metálicas y partes de carrocerías automotrices. ^[2]

1.2.2 PRODUCCION DEL CAUCHO NATURAL.

Ingredientes. Para la mayoría de aplicaciones, el caucho crudo se mezcla con una variedad de ingredientes para modificar sus características. Fillers o material de carga que endurecen el caucho en el producto final, pero que no aumentan su fortaleza, El principal agente vulcanizante es el azufre; el selenio y el telurio se usan también, pero generalmente con proporciones grandes de azufre.

En el proceso de vulcanización en caliente, que es usada para la mayoría de las mercaderías de caucho, el azufre se utiliza en polvo y se mezcla con el caucho a la vez que los otros ingredientes secos, esta principalmente se utiliza en la manufactura de caucho duro. La vulcanización fría es usada principalmente para el caucho delgado y suave, en productos tales como los guantes y sheeting, es realizada exponiendo los artículos sin tratar al vapor de cloruro de azufre, S_2Cl_2 .

^[2] MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA S.Kalpakjian-S.R. Schmid, 5ª Edición.



Ilustración 3 Máquina para el masticado de caucho, la cual suaviza el material para el paso siguiente. Fuente; www.santander.evisos.com.co, 2011

Máquinas de Masticar. Antes de agregar los ingredientes a el latex crudo, se debe someter a un proceso de masticación, para dar suavidad, plasticidad, y viscosidad, dándole la facilidad de mezclarse más homoganeamente con los diversos fillers, pigmentos, agentes vulcanizantes, y los otros ingredientes secos, o con los diversos solventes para su uso en la producción de pegamentos.,

Máquinas Mezcladoras. Después del masticador, la próxima máquina en la línea de producción es el mezclador. Los mezcladores puede parecerse los masticadores en tener los dos rodillos, pero los rodillos de las mezcladoras rotan en direcciones opuestas, considerando que en los masticadores los rodillos rotar en la misma dirección a velocidades diferentes.



Ilustración 4 Máquina mezcladora de caucho. Fuente; www.mclasificados.com.ar, 2008

Calendering. Después del caucho crudo ha sido plastificado y mezclado con los diferentes ingredientes, experimenta un calendering o expulsión, dependiendo del uso para que se destina, estas consisten en un conjunto de tres a cinco rodillos de igual diámetro, los cuales están preparados para ser ajustados para y para operar a la misma velocidad, o a velocidades diferentes, dependiendo del producto deseado.



Ilustración 5 Máquina para expulsión de caucho o “Caldering” utilizada para el laminado de caucho. Fuente; www.spanish.alibaba.com ,2011

Los calenders que se usan para laminado (la producción de hojas compuestas de caucho crudo, con o sin diseños impresionados tales como la marca de huella de una llanta); para friccionar (el exprimidor de caucho en la textura de telas o acordeona); o para cubrir, con una capa de caucho, telas o cordones que habían anteriormente sido revestidos. Los productos de los calenderes son utilizados generalmente en la fabricación, como en los procesos involucrados en la fabricación de las llantas de automóvil, antes que se vulcanicen.

La Expulsión. Las prensas de expulsión se usan para forzar el compuesto de caucho mediante presión a formar planchas, tubos, o especialmente formar fajas, que se usan en la fabricación de la cámaras de caucho, mangueras, cámaras de aire, y los canales para colocar ventanas o sellar puertas. Las cabezas de expulsión, especialmente diseñadas, se usan para cubrir tubos de tela usada en la

fabricación de manguera de presión y mezclar colores en modelos jaspeados o rayados.



Ilustración 6 Prensas de expulsión o de inyección. Fuente; www.interempresas.com, 2010

Vulcanización. Después que la fabricación se completó, la mayoría de los productos de caucho se vulcanizan bajo presión y temperatura elevada. Muchos artículos se vulcanizan en moldes que se ponen bajo la compresión de prensas hidráulicas, o se someten a presión de vapor interno o externo durante el calentamiento.



Ilustración 7 Máquina empleada para la vulcanización. Fuente; www.chap-machinery.es, 2010.

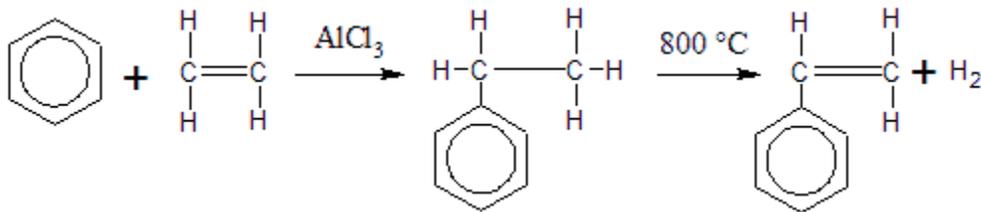
1.2.3 FABRICACION DE CAUCHO SINTÉTICO.

1.2.3.1 PREPARACION.

Obtención del Butadieno. Se obtiene principalmente a partir de los gases del petróleo según diferentes procesos.

- El primero. Se basa en el cracking térmico del petróleo, aumentando la temperatura y disminuyendo la presión de manera de mejorar el rendimiento de Butadieno como producto.
- El más utilizado en la actualidad, se fundamenta en la deshidrogenación catalítica del Butano o del Butileno. En el caso de emplear butano se deshidrogena primero a butileno y después a Butadieno:

Obtención del Estireno. También llamado vinilbenceno, se prepara a partir del benceno y acetileno mediante la reacción de Friedel-Crafts. El etilbenceno obtenido se deshidrogena por su mezcla con vapor a 800 °C, en presencia de un catalizador de bauxita.



La mayor parte del caucho SBR se obtiene por el método de polimerización de este método existen dos:

- **Polimerización en frío.**- Procesos en los cuales la polimerización se lleva a cabo por medio de radicales libres en emulsión en agua y a baja temperatura, alrededor de unos 5 °C utilizando un sistema de óxido

reducción como iniciador ^[3]. Este tipo de polimerización es el que más se utiliza en la fabricación de caucho sintético, y representa el 90% de la capacidad de producción mundial.

- **Polimerización en caliente.-** El método de polimerización en caliente (goma caliente) usa presulfato de potasio como iniciador, la cual se lleva a cabo a 50 °C. ^[4]

Salvo cuestiones de detalle o magnitud, los cauchos SBR se procesan en los mismos equipos y del mismo modo que el Caucho Natural. La primera diferencia radica en que requieren menos masticación inicial para un adecuado procesamiento posterior (en algunos casos casi ninguno) de modo que permiten un mayor rendimiento del equipo de mezclado. En cambio requieren algo más de potencia y generan más calor durante el mezclado.

Dado que su viscosidad es más constante y menos sensible a la masticación mecánica, permiten establecer condiciones de trabajo normalizadas con menor riesgo de variación incluso frente a desviaciones del procesamiento.

Otra diferencia que se puede establecer entre el SBR y el Caucho Natural es el menor nivel de pegajosidad en crudo del primero. Si se requiere aumentarla, se deberán utilizar resinas que favorezcan esta característica, en tipo y cantidad acordes con las necesidades en proceso.

Debido a su mayor capacidad de carga (negro de humo), los SBR pueden mezclarse con secuencia invertida (ciclo up-side down) en menor tiempo y con óptima dispersión de mezclado.

^[3] Principles of Polymer Science, P. Bahadur-N.V. Sastry, Ed. Alpha Science International Ltd. Oxford, U.K., 2ª Edition, 2005, Pág. 44

^[4] Principles of Polymer Science, P. Bahadur-N.V. Sastry, Ed. Alpha Science International Ltd. Oxford, U.K., 2ª Edition, 2005, Pág. 43

Sus propiedades de extrusión son superiores a las del Caucho Natural por tener menor tendencia a la pre-vulcanización (excepto que el nivel y tipo de negro de humo influya más que en el caucho natural en este aspecto).

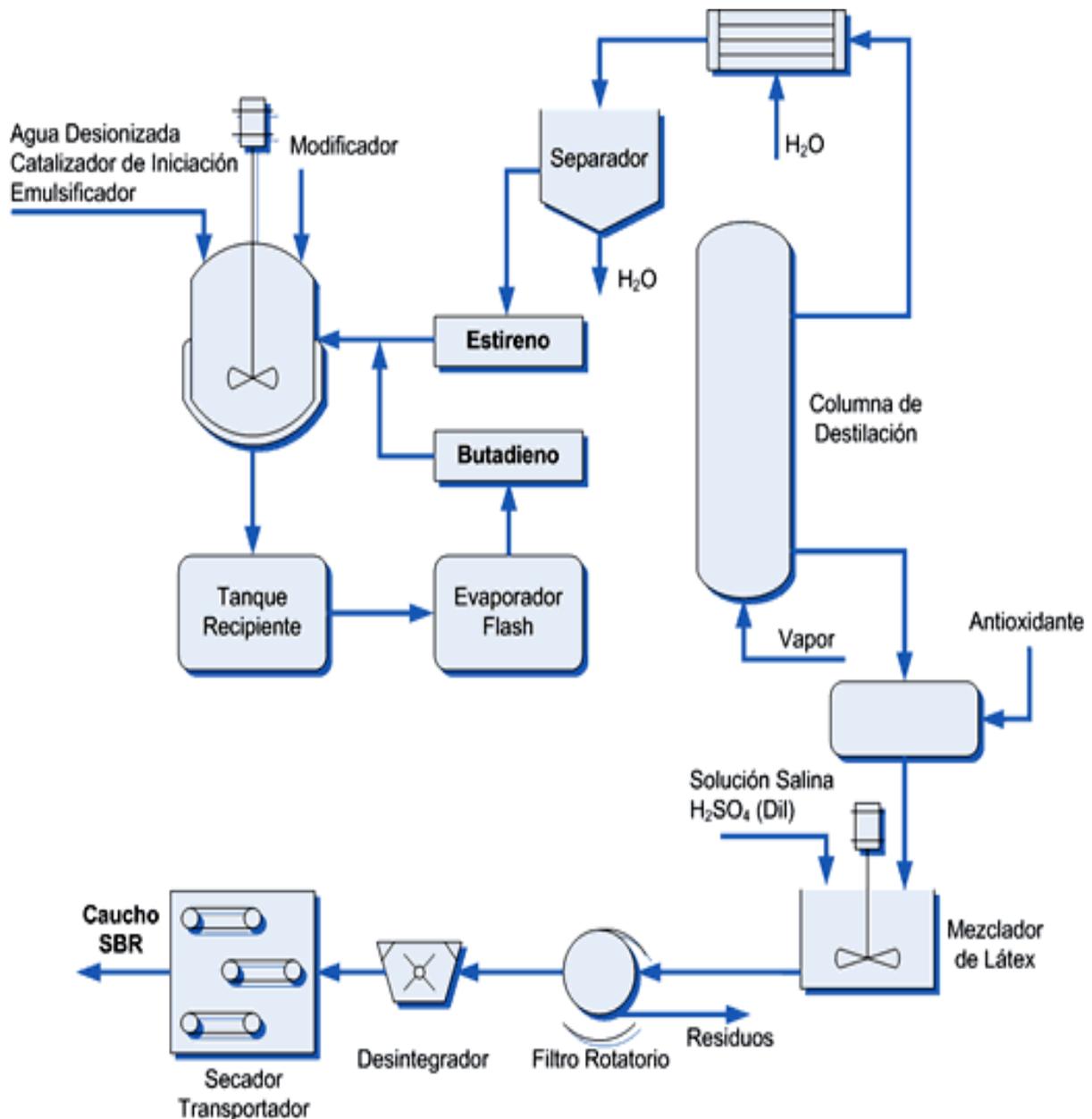


Ilustración 8 Fabricación de caucho sintético por el Proceso de emulsión en frío. Fuente: www.textoscientificos.com, 2009

1.2.3.2 CLASIFICACION DE CAUCHOS SBR.

De acuerdo con el código del International Institute of Synthetic Rubber Producers (Instituto Internacional de Productores de Goma Sintética, IISRP), los Copolímeros de SBR se clasifican en diferentes categorías ^[5]:

- **SBR serie 1000:** Copolímeros obtenidos por copolimerización en caliente.
- **SBR serie 1500:** Copolímeros obtenidos por copolimerización en frío. Sus propiedades dependen de la temperatura de reacción y del contenido de estireno y emulsificantes. La variación de estos parámetros afecta el peso molecular y por lo tanto las propiedades de la mezcla vulcanizada.
- **SBR serie 1700:** SBR 1500 extendida con aceite.
- **SBR series 1600 y 1800:** Se mezcla negro de carbón con goma SBR 1500 durante la producción mediante la incorporación de una dispersión acuosa de negro de carbón con el látex de SBR previamente extendido con aceite. Se obtiene una mezcla maestra cercana al producto final luego de la coagulación y secado.

En total hay alrededor de 90 tipos de hule con su respectivo número asignado por el instituto, de todos los tipos, el más importante es 1712 dado que este es ampliamente utilizado en la industria llantera y acapara más del 50% del mercado de SBR.^[6]

^[5] Vulcanización y Formulación de Hules, Ramos-Sánchez, Editorial Limusa, 1ª Edición 1999, Pág. 23

^[6] Vulcanización y Formulación de Hules, Ramos-Sánchez, Editorial Limusa, 1ª Edición 1999, Pág. 23

1.2.4 DIFERENCIAS Y PROPIEDADES DEL CAUCHO SBR Y NATURAL.

A continuación se presenta la comparación entre el caucho SBR y el caucho natural:

- SBR es inferior a la goma natural para procesado, resistencia a la tracción y a la rotura, adherencia y calentamiento interno.
- SBR es superior en permeabilidad, envejecimiento, y resistencia al calor y desgaste.
- La vulcanización de SBR requiere menos azufre, pero más acelerador.
- El efecto reforzador del negro de humo es mucho más pronunciado sobre SBR que sobre goma natural.
- Para uso en llantas, SBR es mejor para vehículos de pasajeros, en tanto que la goma natural es preferible para vehículos utilitarios.
- Las SBR extendidas con aceite se usan principalmente para fabricación de neumáticos, correas cintas transportadoras, suelas de zapatos, etc.; las mezclas maestras de SBR se emplean en la producción en masa de cubiertas de las llantas. ^[7]

^[7] Vulcanización y Formulación de Hules, Ramos-Sánchez, Editorial Limusa, 1ª Edición 1999, Pág. 24 y 25

Cuadro comparativo:

PROPIEDADES	CAUCHO NATURAL	SBR
<i>Rango de Dureza</i>	20-90	40-90
<i>Resistencia a la rotura</i>	Buena	Regular
<i>Resistencia abrasiva</i>	Excelente	Buena
<i>Resistencia a la compresión</i>	Buena	Excelente
<i>Permeabilidad a los gases</i>	Regular	Regular

Tabla 1 Propiedades que definen al caucho natural y sintético. Fuente; www.cauchosbr.com/, 2008.

1.3 FABRICACIÓN DE LLANTAS.

Desde la aparición de la rueda (3,500 A.C.), y su posterior aplicación a carruajes primero, y automóviles después, el hombre ha tratado de buscar un complemento que permita suavizar el contacto entre el vehículo y el pavimento. Este complemento se denomina “llanta” o “neumático”.

El descubrimiento del caucho y su aplicación en productos no automotrices sentaron las bases de su desarrollo. Un importante aporte fue el descubrimiento casual del proceso de vulcanización que transforma el caucho natural en un material elástico pero resistente al calor y a la abrasión. Esto propicio a que se prestara un gran interés para el uso de la fabricación de llantas, tiempo muy adelante.

1.3.1 ESTRUCTURA DE LAS LLANTAS O NEUMÁTICOS.

CLASIFICACIÓN DE LAS LLANTAS.

Es enorme la diversidad de aplicaciones de las llantas, desde pequeños tubos llenos de aire en las bicicletas o carretillas de mano hasta verdaderos gigantes en las máquinas de la construcción. Las llantas pueden clasificarse de acuerdo a la construcción.

Desde ese punto de vista pueden ser:

1. Llantas de capas con cuerdas cruzadas: O también conocido como Llanta en diagonal es el más antiguo de todos y tiene una carcasa constituida por dos o más capas de tejido (lonas) dispuestos en un ángulo de 40° e incluso a menos. Estos tipos de llantas, son apropiados para grandes cargas, además tienen la ventaja de que cuando se desgasta la banda de rodamiento, pueden ser "reencauchadas" con facilidad por lo que recupera la operatividad.

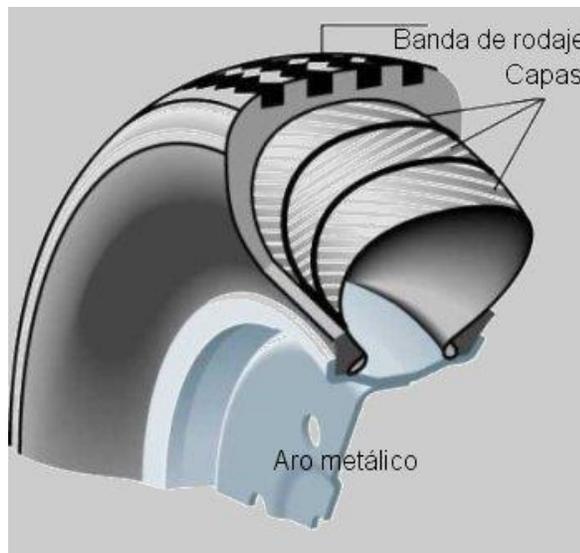


Ilustración 9 Llanta o Neumático de cuerdas cruzadas.

Fuente; www.sabelotodo.org, 2010.

2. Llantas de capas con cuerdas radiales: Todos los componentes se aplican por igual a la rueda de cuerdas cruzadas, las cuerdas de las capas de conformación son perpendiculares al cuerpo de la llanta, es decir en la dirección de los radios del círculo que forma la rueda. Esta construcción hace que el neumático se deforme más debido a la carga en la zona de contacto con el suelo, haciendo una combadura más pronunciada.

La fabricación de cauchos más resistentes al "amasado" y con menores pérdidas de energía por deformación (producción de menos calor) son los

que han permitido la fabricación de este tipo de neumático, que tiene las ventajas de dar una mayor suavidad de marcha y una mejor adherencia al pavimento.

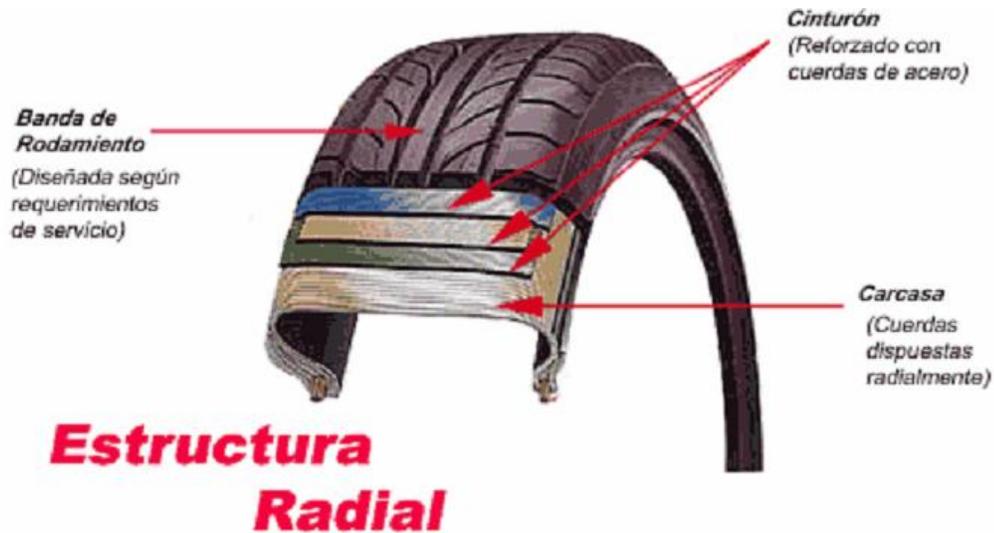


Ilustración 10 Llanta o Neumático con capas de cuerdas radiales. Fuente; www.conae.gob.mx, 2008.

CONSTITUCIÓN.

Independientemente del tipo de llanta hoy en día se ha generalizado el uso de los llantas, por lo cual el más utilizado es el de tipo radial. Por lo que lo componen de las siguientes partes:

1. Carcasa: O conjunto de telas y lonas embebidas entre caucho y que van de talón a talón.
2. Talones: O terminaciones internas de la carcasa, que llevan en su interior unos alambres de refuerzo, siguiendo la circunferencia de la rueda y que permiten la fijación a la llanta.
3. El Cinturón: Constituido por una serie de capas de lonas, que forman interiormente el cuerpo de la cubierta.
4. Los Flancos: O recubrimientos laterales exteriores de caucho de las lonas.
5. El hombro: O ensanchamiento del flanco en su unión a la banda de rodadura.

6. La banda de rodadura: O exterior circunferencial en su diámetro mayor de la cámara, construida en caucho y de un espesor suficiente como para poder llevar grabadas en ella las ranuras, estrías y dibujos en general de la llanta, o bien una serie de tacos y nervaduras para facilitar el agarre al suelo.

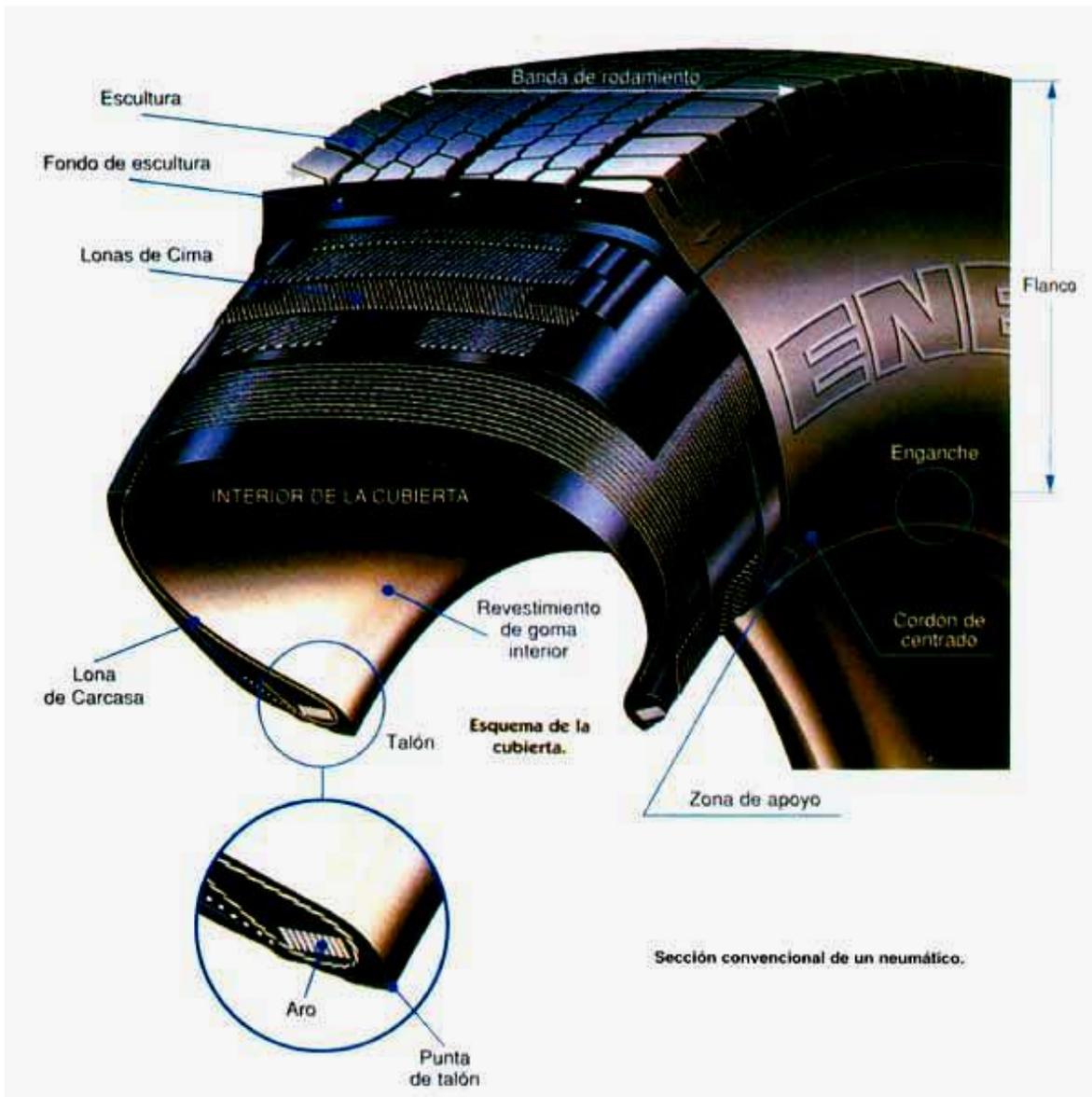


Ilustración 11 Se muestra la constitución del neumático o llanta.

Fuente; www.mundoagricolaaldia.blogspot.com, 2009.

Las llantas cuentan con indicadores de desgaste que son un punto importante para conocer cuándo deben ser reemplazadas, estos indicadores se encuentran dentro de los surcos de la banda de rodadura de nuestra llanta según la legislación vigente la profundidad mínima de dibujo permitida es de 1,6 mm.



Ilustración 12 Indicador de desgaste, cuando el indicador y el dibujo se encuentren al mismo nivel es hora de reemplazar la llanta. Fuente: www.michelin.com, 2012.

1.3.2 PROCESO DE FABRICACIÓN.

La fabricación de las llantas es un tema del que se debe de tener alguna noción o conocimiento, ya que existe una gran variedad de diseños de llantas con diferentes características, debido a la gran gama de automóviles existentes. El siguiente texto, da una idea acerca de las etapas de fabricación por las que tiene que pasar una llanta antes de ponerse a la venta.

La industria automotriz es quien realiza el control de calidad más alto sobre las llantas, independientemente de las pruebas realizadas con anterioridad por los fabricantes. De la misma manera, es la que se encarga de proporcionar a estos mismos, los datos técnicos sobre el nuevo modelo; por ejemplo: la carga sobre las ruedas, la geometría de la suspensión, relaciones de cambio y velocidad máxima, al igual que las normas y reglamentos como: DIN (Norma industrial alemana), Wdk (Federación de la industria alemana del caucho), DOT (Department of Transportation (EUA)), ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organization) y T.R.A (Tyre and Rim Association (EUA)).

1.3.2.1 ETAPAS DEL PROCESO.

PRIMER ETAPA: Elaboración del Modelo.

Los cálculos que requiere la elaboración de una llanta se realizan por medio de sistemas informáticos. Comienzan por el esqueleto de la llanta, formado por el talón, el cinturón y la carcasa.

Los resultados obtenidos de estos cálculos determinan el proceso de fabricación de la llanta, los materiales y la combinación de estos. Así, es posible que se puedan realizar modelos de simulación que reducen el tiempo de desarrollo en pruebas, observando las reacciones del mismo. El método más utilizado es el de Elementos Finitos (FEM), que divide la estructura en partes y permite calcular, revisar y tomar en cuenta cada pequeño detalle, inclusive en movimiento.

SEGUNDA ETAPA: Exámenes.

Consiste en la elección de mezclas que compondrán la banda de rodadura; y paralela a esta prueba transcurrirá el desarrollo del dibujo y de la banda de rodadura. En el momento en que se ha llegado a la solución adecuada, se pueden comenzar a fabricar a mano las primeras llantas, en los cuales el dibujo se cortará a mano.

Las llantas son sometidas a intensivos exámenes en diversos laboratorios, así como ensayos sobre terrenos de prueba y carretera, dando importancia a los siguientes puntos:

- Fatiga mecánica del material.
- Reconocimientos térmicos (temperaturas de 50 °C hasta – 40°C).
- Reacciones químicas.

Los fabricantes de automóviles llevan a cabo exámenes igual de estrictos y sin concesiones. Si la llanta no aprueba los exámenes, entonces es devuelto, para

hacerle los cambios necesarios, puesto que se exige un alto grado de seguridad, resistencia y estabilidad a altas velocidades.

En estas pruebas también se vigila que haya un buen control en las reacciones de virado; pues deben de ser precisas, es decir, contar con una tracción lateral óptima y propiedades de rodadura ideales como:

- a) Retorno inmediato de la dirección a su posición inicial tras un cambio de orientación de las ruedas.
- b) Alta estabilidad en curvas.
- c) Comportamiento agradable de carga al dejar de accionar el acelerador y alta potencia de frenado.
- d) Alta seguridad en el acuplaneo longitudinal y transversal (en curvas).

Estas propiedades se toman en cuenta en especial para neumáticos anchos de alto rendimiento. Las empresas automovilísticas exigen que cualquier llanta o neumático cumpla un total de 50 propiedades de producto especificadas anteriormente.

Al finalizar las pruebas, el fabricante puede empezar la producción en serie. Se encargan los moldes de vulcanización y se puntualizan los procesos de producción.

TERCERA ETAPA: Fabricación en Serie.

La fabricación en serie es la etapa más larga de las tres, ya que es en donde se lleva a cabo la fabricación en sí. Y a su vez está compuesta por cuatro partes que son: Mezcla de gomas, Uso de acero y fibras sintéticas, Vulcanización y control de calidad.

A continuación se explicará cada una de ellas.

1. Mezcla de Gomas.

Los diferentes tipos de cauchos se clasifican por su color y su grado de pureza en:

- RSS (Ribbed-Smoked-Sheets) (caucho en forma de bloques acanalados y ahumados).
- ADS (Air-Dried-Sheets) (Caucho secado con aire con leves impurezas).
- Crepe (Caucho natural lavado y laminado en piel).
- TSR (Technical Specified Rubber) (Clasificación técnica de diferentes productos de caucho asiáticos).

Un certificado de análisis provee al fabricante de neumáticos, información sobre las propiedades y cualidades del producto, como: impurezas, plasticidad y componentes volátiles.

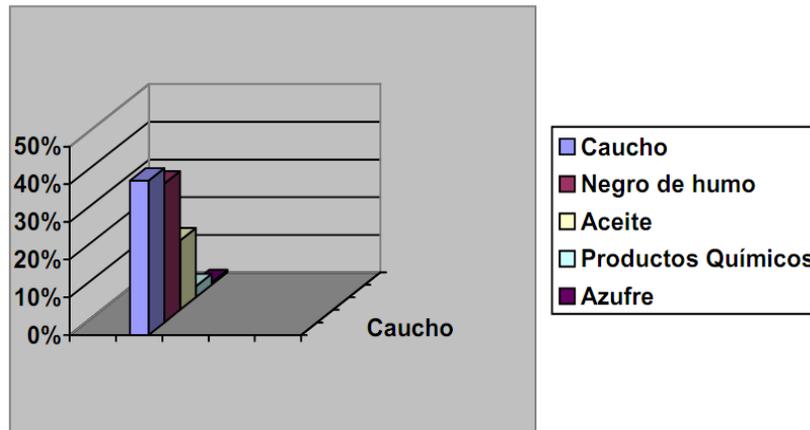
Los materiales de caucho se mezclan con emulgentes y se someten a una batería de polimerización.

Por medio del negro de humo se le da su color característico. El negro de humo es fabricado a partir de aceite y gas quemado por un proceso de escasez de aire. El aceite ayuda en la adherencia y hace que la mezcla sea blanda, lo cual ayuda a la precisión de virado.

Otro componente es el azufre ya que procura, que en la fase posterior de vulcanización las cadenas de moléculas de caucho formen redes, para después obtener goma elástica. Este proceso se denomina en química: *formación de puentes sulfurosos*.

Para cada neumático se utilizan diferentes mezclas de gomas (más de diez), y cada una se mezcla por separado. El proceso de mezclado se desarrolla automáticamente.

En la siguiente gráfica se muestra un ejemplo del porcentaje de sustancias en la mezcla de gomas:



Graf. 1 Porcentaje de mezcla de sustancias, Fuente; www.uniroyal.com.mx, 2009.

Las fases del proceso de mezclado son las siguientes:

Fase1: En la sala de mezclas se añaden los ingredientes de la mezcla de gomas y se transportan mediante una cinta transportadora a la cámara de mezclas.



Ilustración 13 La mezcla de la calandria sale en forma de lámina o película. Fuente; <http://www.firestone.com>, 2010.

Fase2: La mezcla de cauchos debe amasarse constantemente hasta obtener una masa homogénea para proceder a los siguientes pasos de tratamiento.

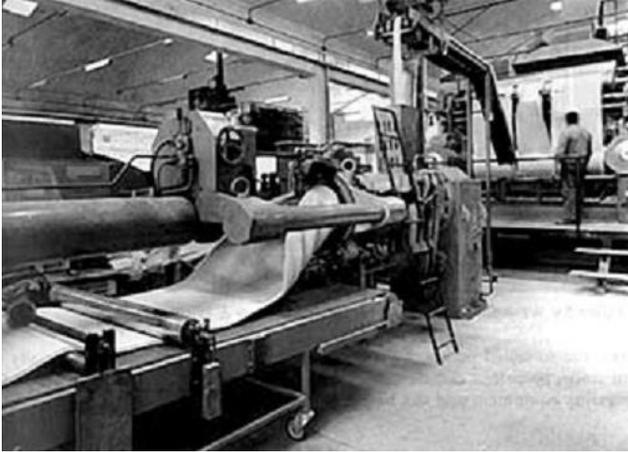


Ilustración 14 La mezcla entra al extrusor después de haberle dado el visto bueno. Fuente; <http://www.firestone.com>, 2010.

Fase3: La mezcla de caucho sale de la calandria (rodillos calentados por las que emerge finalmente el material en forma de lámina o película) mediante un sistema de transporte.

Pero antes de que la mezcla preparada obtenga el visto bueno para su procesamiento, posterior se vulcanizan pruebas específicas para los ensayos de laboratorio.

Durante estas pruebas las propiedades físicas de las muestras informan sobre el correcto funcionamiento del proceso de mezclado y amasamiento.

Fase 4: En forma de una enorme tira y con la forma del perfil necesario, la mezcla comprimida abandona la extrusora.



Ilustración 15 La mezcla sale del extrusor en forma de tira. Fuente; <http://www.firestone.com>, 2010.

2. USO DE ACERO Y FIBRAS SINTÉTICAS.

Al mismo tiempo que se realizan las mezclas; durante otras etapas diferentes, se obtiene la carcasa, los núcleos del talón y las capas del cinturón radial. En el caso

de la carcasa de una llanta diagonal, se cablean las fibras textiles (fibras artificiales, normalmente de rayón) y se transforman en un cordón, que está unido por hilos transversales que después son cubiertos por capas finas de caucho en ambos lados. Las cuerdas están colocadas en ángulos de 35° a 40° entre capas, con respecto a la circunferencia de la llanta.

A diferencia de una llanta radial, donde la carcasa se conforma con una capa de acero en un ángulo de 90° respecto a la circunferencia. Entonces, vista la llanta por un costado, las cuerdas parecen irradiar desde el centro de la llanta.

Los neumáticos sin cámara tienen una parte llamada “alma interna”, que es una capa de goma impermeable al aire que se aplica sobre el material de la carcasa en una etapa posterior de la fabricación en la calandria de tipo caperuza.

El núcleo del talón, cables de acero especial retorcidos y con forma de anillo, idéntico al anterior diámetro del neumático, recibe un recubrimiento de caucho. Por último, los anillos son completados por un método de elaboración que se realiza a máquina. Es en el tambor donde el neumático cobra forma. El tambor es como un fuelle de goma con forma de cilindro inflable, en el que se introduce el material a mano anticipadamente confeccionado y exactamente ajustado. Los dos talones se empujan por ambos lados encima de la carcasa, que todavía se encuentra en forma cilíndrica, y se fijan doblando los extremos de la capa de recubrimiento. Se aplican las partes laterales y el cinturón de acero se transporta por encima de la carcasa.

En ese momento se produce el abombamiento, es decir dar la forma redondeada a la carcasa. La presión del aire es quien abomba a cada una de las capas hasta llegar al alma interior del cinturón. Posteriormente se adicionan las capas de recubrimiento y el perímetro correspondiente de rodadura cortado, según la longitud. El resultado es el neumático en bruto, llamado “neumático verde” (Green tyre). Todavía no tiene dibujo, no es elástico ni resistente.



Ilustración 16 Por medio de presurización de aire, se abomban las capas de la carcasa hasta llegar al alma interna del cinturón. Carcasa y banda de rodamiento son unidas rápidamente, obteniendo un neumático en bruto (Green tyre), que después será transferido a la máquina. Fuente; <http://www.firestone.com>, 2010.

3. VULCANIZACIÓN.

Es la última etapa, en donde el neumático obtiene su aspecto definitivo. Es decir se le añade el dibujo. Dependiendo del modelo del neumático, se designa la temperatura a unos 150 o 170°C y a una alta presión. Así es como se desarrolla este proceso químico de transformación, en el que las cadenas de moléculas de caucho son reticuladas.

El neumático en bruto es prensado en los moldes, aplicando una presión de vapor o gas inerte (nitrógeno) de 12 hasta 24 atmósferas, para poder grabar el dibujo del neumático.

El tiempo de calentamiento que requiere un neumático de automóvil es de 10 a 12 minutos, en función del tipo de neumático y del volumen de goma que se tenga. Por ejemplo, en el caso de los neumáticos demasiados anchos se necesitan varias horas.



Ilustración 17 Tipo de molde separado en ocho partes, en el cual cada segmento trabaja a presión. Fuente; <http://www.firestone.com>, 2010.

De todas formas el tiempo de calentamiento determina las futuras propiedades del neumático. En cuanto más tiempo esté el neumático en el molde, con más fuerza será reticulado y la goma se endurecerá más. Es muy importante que el tiempo sea muy preciso.

Después de este proceso el neumático puede ser montado en la llanta y ser utilizado.

4. CONTROL DE CALIDAD.

Por lo complicado del proceso de fabricación y por las consecuencias notorias que tienen las oscilaciones mínimas o la elección de materiales, es indispensable la comprobación de cada neumático. Con el control visual son revisados con mucha sensibilidad cada uno de los neumáticos para detectar posibles defectos en la superficie, ya que los desperfectos de la subestructura no se pueden detectar en el análisis radiográfico. Todos los factores son englobados en la uniformidad del neumático, que indica la regularidad con la que se puede fabricar una serie.

En algunas de las etapas de control, como las dinámicas y estáticas, todos los neumáticos son sometidos a un control de descentramiento de altura y lateral, de

posibles desequilibrios, de oscilaciones de fuerzas radiales, laterales, y tangenciales, así como defectos de ángulos y de formas.



Ilustración 18 Pruebas de uniformidad.
Fuente; <http://www.firestone.com>, 2010.

Un procedimiento holográfico especial con láser permite penetrar en el interior de la estructura. En los bancos de prueba de alta velocidad, se controla la resistencia que ofrece la estructura, a pesar de que el neumático es destruido completamente durante las pruebas, permite obtener conclusiones para el resto de la producción.

Solamente de esa forma, por medio de mediciones selectivas, se pueden detectar y subsanar malformaciones, oscilaciones de masa y repercusiones sobre la seguridad vial. En los neumáticos no se permite error alguno.

[8]

[8] Fuente: FIRESTONE S.A DE C.V & UNIROYAL DE MÉXICO S.A DE C.V, 2010.

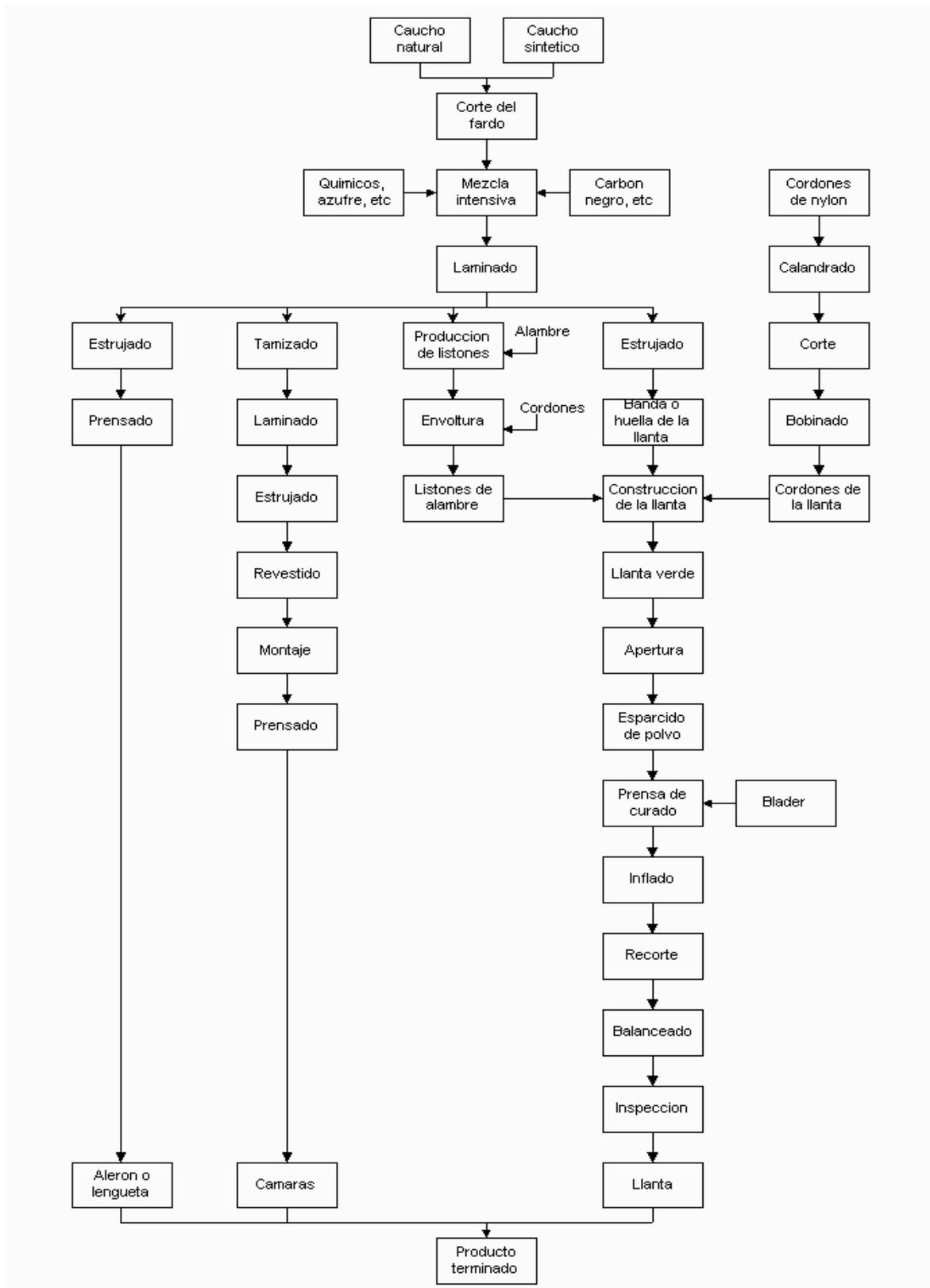


Ilustración 19 Diagrama del proceso de fabricación. Fuente; <http://jimrobleinsgambiental.blogspot.mx/2010/08/impacto-ambiental-de-las-llantas.html>, 2010.

CAPÍTULO

II

L
L
A
N
T
A
S

D
E
S
E
C
H
A
D
A
S

2.1 INTRODUCCION.

En este capítulo se hará referencia sobre el impacto ambiental y las repercusiones al ser humano a causa de las llantas de desecho, para esto se evaluará la situación tanto mundial como local, así como las medidas que se han tomado para mitigar este problema.

La información que se les muestra a continuación es una recopilación en base a lo investigado para la elaboración de este trabajo, esto con la finalidad de dar a conocer la severidad de este problema, el presente capítulo solo es una pequeña parte de una larga y difícil recopilación de datos y que algunos de ellos fueron obtenidos por fuente propia a lo que nosotros llamamos “Investigación de Campo” donde se incluye un punto de vista muy personal.

2.1.1 SITUACION MUNDIAL DE LAS LLANTAS DE DESECHO.

La llanta en su fabricación contiene diferentes tipos de hules que por su estructura química es difícil de reciclar, y su incremento como desecho es una situación problemática mundial hoy en día como ya se ha mencionado anteriormente, debido a que muchos países aún no saben cómo manejarlo, no conocen los procesos ni los usos que pueden tener este tipo de reciclado, por lo mismo no se tiene conocimiento de la viabilidad de los mismos.

Anualmente se generan grandes cantidades de llanta de desuso, por ejemplo en Estados Unidos de América, se generan aproximadamente 240 millones de llantas de desecho cada año, en Argentina 100 mil toneladas anuales, en Brasil 15 millones de unidades, Cuba 1 millón de unidades, en Europa se generan alrededor de 120 millones de unidades, y son pocos los países que realmente están trabajando en encontrar una solución inmediata a este problema.

En Estados Unidos de América, los estados de Arizona, Florida, Oregón y Texas, actualmente están realizando proyectos para solucionar este problema.

En British Canadá, las recicladoras han grabado las llantas con un costo de \$5 dólares canadienses, esto para financiar así su almacenaje, recolección, acopio, transporte y disposición final.

En Francia, la Empresa ACIAL ha propuesto el uso de la llanta vieja para construir una pantalla acústica, la cual por sus propiedades y su no contaminación, ha funcionado de manera exitosa, valiéndole el premio Decibelio de Oro del Consejo Nacional del Ruido al Sr. Beyler inventor de este método.

España es otro de los países que se ha enfrentado también con este tipo de problema, se sabe que en este país se generan alrededor de 10 millones de llantas, por lo cual el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (PNNFU) ha planteado sus objetivos, los cuales prohíben estrictamente el vertido u acumulación como punto principal, esta asociación desde Octubre de 2003, viene aplicando el sistema de reciclado conocido como las “Tres R”, que consiste en lo siguiente:

- **Reducir.-** Reducir el desgaste de las llantas, teniendo cuidado en la forma de conducir, es decir, manejar de forma correcta y de manera no agresiva para aumentar la vida útil de las llantas.
- **Reutilizar.-** Rencauchutar las llantas que no estén muy dañadas (ver cap. 3), esto se determina mediante una inspección detallada a cargo de gente capacitada para esta tarea, si cumple con los requerimientos se prosigue al proceso de recauchutado.
- **Reciclar.-** Recuperar la mayor cantidad posible de los materiales constituyentes de las llantas utilizando los procesos existentes (ver cap. 3).

2.1.2 SITUACION DE LAS LLANTAS DE DESECHO EN EL PAIS.

A pesar del hecho de que las llantas usadas representan tan solo un poco más del 1% de todos los residuos sólidos, suponen un desafío especial de evacuación y reutilización por su tamaño, forma y naturaleza fisicoquímica.

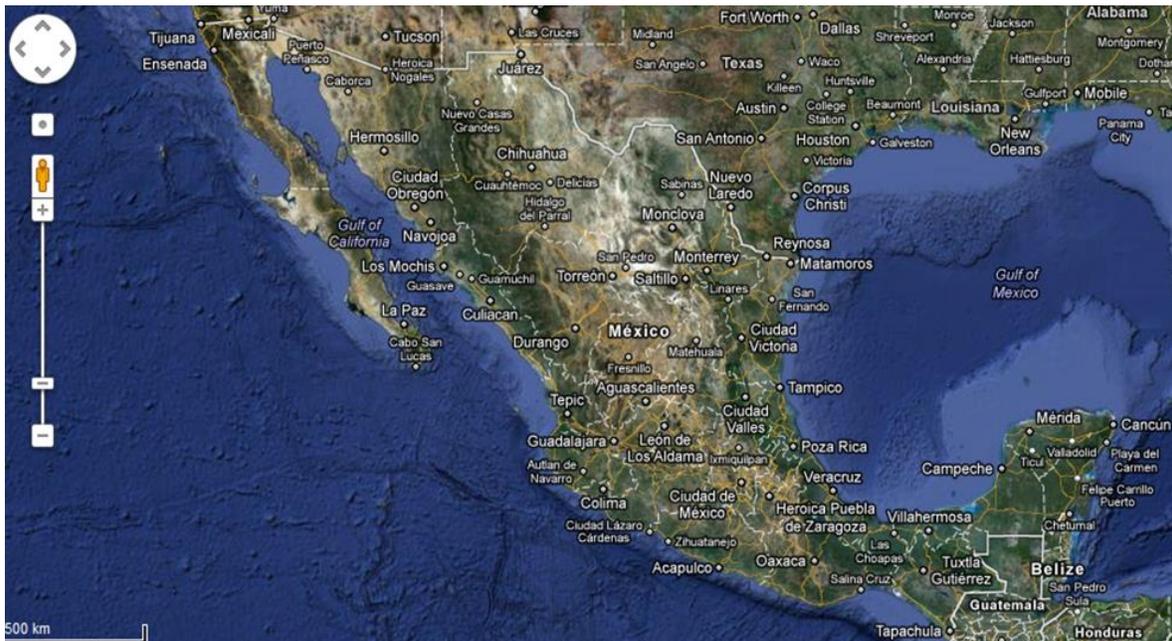
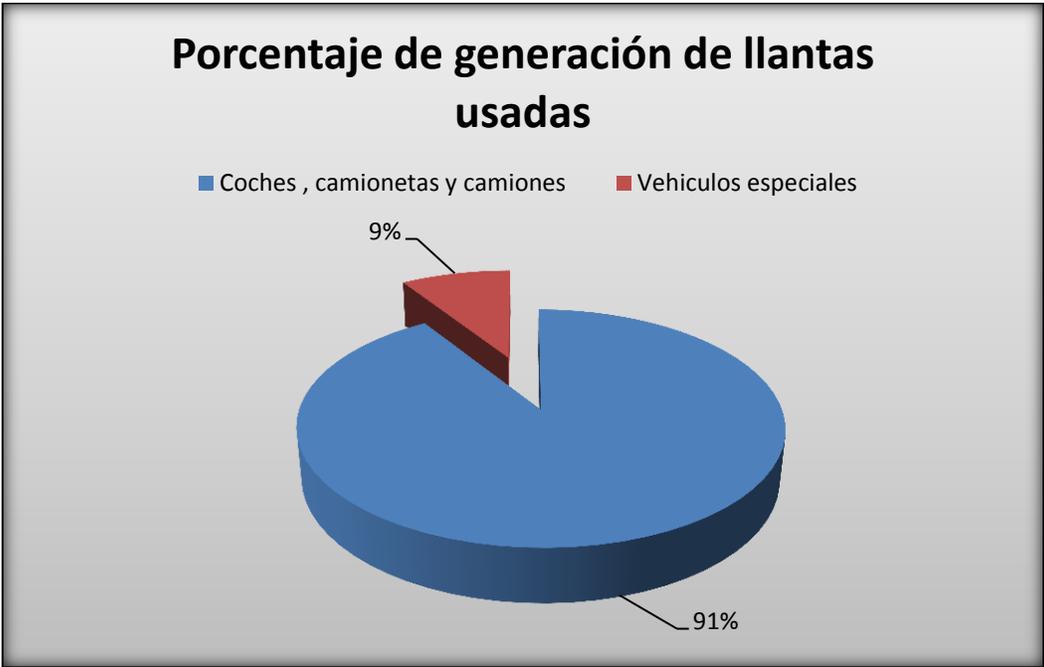


Ilustración 20 Mapa de la República Mexicana donde se muestran los basureros en el país. Fuente: <http://maps.google.com.mx/maps/ms?msa=0&ie=UTF8&t=h&msid=211241565361594642590.0004a8598840165b65061&source=embed&z=5&vpsrc=1&ei=YXY9T4LaH8q5wQHEJPzzDw&pw=2>, 2012.

La llanta usada de un coche o un camión ligero, pesa en promedio aproximadamente 9.5 kg. Las llantas industriales y de camiones pueden pesar desde 16 kg hasta más de 100 kg, desde 1983, se han introducido al mercado llantas de tipo radiales (ver cap. 1), con cintura de acero para los camiones y coches ligeros. El avance en el uso de llantas radiales ha sido muy importante. Sin embargo aún existen en uso llantas convencionales tanto para camioneta como para camión. En el caso de las camionetas o camión ligero la proporción es de 47% para llantas convencionales y 53% para llantas radiales. En llantas para autobuses y camiones actualmente la porción es de 51% para llantas radiales y 49% para llantas convencionales.

La cámara nacional de la Industria hulera, estima que actualmente se generan en la República Mexicana aproximadamente 25 millones de llantas como promedio anual, de las cuales, el 23% de estas son destinadas al Distrito Federal y el Edo. Méx. La misma cámara estima que el 91% de todas las llantas usadas proceden de coches o camionetas y camiones pesados, el 9% restante son llantas especiales para motocicletas, aviones, equipo para construcción y otros vehículos.

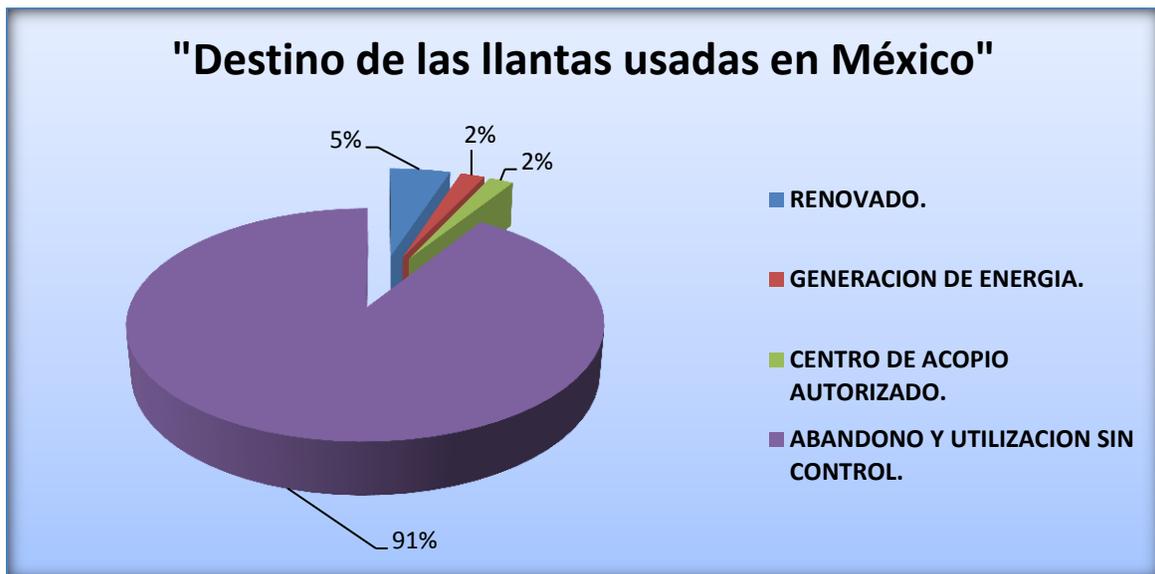


Graf. 2 Representa en porcentaje la generación de llantas de desecho.
Fuente: Cámara Nacional de la Industria Hulera "CNIH", 2010

La Cámara Nacional de la Industria Hulera, menciona que la industria llantera mexicana está compuesta por cuatro principales empresas fabricantes (Compañía Hulera Tornel, Bridgestone-Firestone, Continental Tire de México, S.A e Industria Michellin), adicionalmente se encuentran 3 empresas que son importadoras (Goodyear Servicios Comerciales, Compañía Hulera Euzkadi y Pirelli).

Del total de llantas desechadas en la República Mexicana la, ANDELLAC estima que:

- El 5% es renovado o recauchutado.
- El 2% se utiliza en generación de energía.
- El 2% se deposita en centros de acopio autorizados.
- El 91% se abandonan o se utilizan sin control.



Graf. 3 Porcentajes que indican la situación de las llantas de desecho. Fuente www.andellac.org.mx, 2010

Las empresas autorizadas para la utilización de combustibles alternos, obtienen el visto bueno de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales "SEMARNAT" por contar con sistemas muy eficientes para el control de emisiones atmosféricas. Por otra parte, se ha identificado que las llantas tienen un poder calorífico de aproximadamente 15,000 BTU/lb³, por lo que pueden ser utilizadas como combustible alternativo.

En México se encuentran distribuidas diferentes empresas cementeras que hacen uso de este residuo.

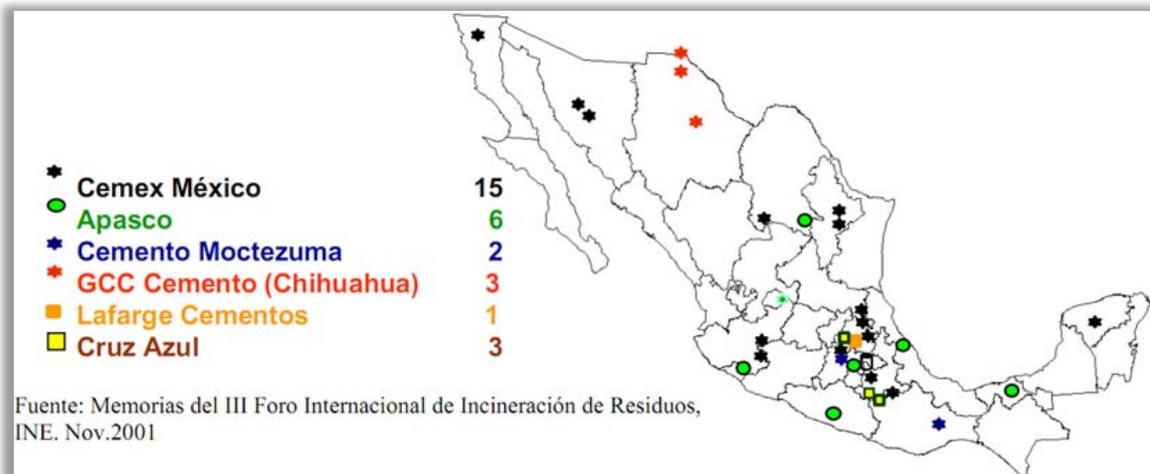


Ilustración 21 Empresas cementeras autorizadas para el uso de combustible alternativo.

En la región fronteriza de México- Estados Unidos de América, las llantas de desecho representan un problema tanto para México como para Estados Unidos. Tan solo en los Estados Unidos, en el 2003 ya había 275 millones de llantas acumuladas en apilamientos, además de los 290 millones más que se generaron, según la Asociación de Fabricantes de Caucho de EE.UU. En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) calcula que anualmente se generan cerca de 40 millones de llantas de desecho. Millones de estas llantas terminan en montones a lo largo y ancho de la región fronteriza México-EE.UU., poniendo en peligro la salud pública y el medio ambiente de los dos países.

El problema de las llantas de desecho se exagera en la zona fronteriza México-EE.UU. Se sabe que en esta región existen 46 sitios de llantas apiladas, según el Informe ejecutivo del inventario de llantas de desecho en la frontera México-EE.UU. de Frontera 2012 [Border 2012: U.S.-México Border Scrap Tire Inventory Summary Report] (Mayo de 2007). La región fronteriza se define como la franja de 100 kilómetros hacia cada lado de los más de 3,200 km (2,000 millas) de la línea que divide a los dos países. En toda la región fronteriza se encuentran llantas amontonadas en rellenos sanitarios municipales, deshuesaderos de autos, pequeños comercios y otros inmuebles particulares o públicos. En el 2008, el

cúmulo de llantas más grande se encontraba cerca de Ciudad Juárez y contenía más de 4 millones de llantas. Asimismo, durante las primeras etapas de la gestión de llantas en los EE.UU., se calculaba que había más de mil millones de llantas de desecho en montones acumulados en todo el territorio de Estados Unidos. El problema de las llantas de desecho se plantea con más detalle en el 12º Informe del Buen Vecino que se encuentra en:

www.epa.gov/ocem/gneb/gneb12threport/English-GNEB-12th-Report.pdf .



Ilustración 22 Mapa de muestreo de la llantas de desecho en la frontera con EE.UU. Fuente: SEMARNAT www.semarnat.gob.mx, 2009.

El problema de las llantas de desecho se agrava con las actuales variaciones económicas en la región fronteriza México-EE.UU. Millones de llantas usadas provenientes de los Estados Unidos se trasladan a los estados de la frontera norte de México para su reutilización y disposición. Debido a su menor costo, aproximadamente la mitad de todas las llantas que se compran en las ciudades

fronterizas mexicanas son llantas que han sido desechadas en los Estados Unidos y tienen una reducida vida útil, ya que son llantas que tienen generalmente de 15,000 a 30,000 km (10,000 a 20,000 millas) de desgaste.

Las leyes mexicanas permiten que cada año se importe por la frontera un millón de llantas usadas que se reservan para los puertos de entrada de Baja California (Tijuana y Mexicali) y Chihuahua (Ciudad Juárez). El estado de Sonora también tiene políticas que rigen la importación de llantas usadas. Sin embargo, es probable que cada año entre una cantidad mayor de llantas de desecho a México sin autorización. Es por estos motivos que el problema de las llantas en la región fronteriza se considera de gran magnitud.

Las llantas de desecho se procesan en forma distinta en México y en Estados Unidos. En muchos estados de la Unión Americana se regulan como residuo sólido municipal conforme a la Ley de Conservación y Recuperación de los Recursos de EE.UU. [U.S. Resource Conservation and Recovery Act o RCRA]. La normatividad se aplica a nivel estatal y la mayoría de los estados han promulgado leyes que rigen el manejo de las llantas de desecho. Algunas de las características que los programas de gestión en EE.UU. tienen en común son las siguientes:

- Impuestos sobre llantas o automóviles para financiar programas.
- Requisitos de registro para los transportistas, almacenadores, procesadores y algunos usuarios finales.
- Manifiestos para los envíos de llantas de desecho.
- Limitaciones sobre quiénes pueden hacerse cargo del manejo de llantas de desecho.
- Requisitos de garantía financiera para los gestores de llantas de desecho.
- Desarrollo de mercados.

Con estas iniciativas Estados Unidos ha incrementado el número de llantas de desecho que se envían a los mercados de consumo final, de un 17 por ciento en

1990 a más del 89 por ciento en el 2007, según datos de la Asociación de Fabricantes de Caucho de EE.UU. Hasta el 2007, la mayoría de las llantas en los Estados Unidos se procesaban para generar combustible derivado de llantas (CDL) (54 por ciento), además de usarse en ingeniería civil y en forma de hule molido para el desagüe de rellenos sanitarios, como asfalto ahulado, para la filtración de sistemas sépticos, y en otros mercados.

En México la gestión de las llantas de desecho se rige por la “Ley General para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos” de 2004. Conforme a esta ley, todo generador de residuos, incluyendo los municipios y las plantas industriales, deben desarrollar planes para la gestión integral de sus residuos. Las llantas de desecho se consideran un “residuo de manejo especial” según esta ley y por lo tanto, se requiere un plan integral para su gestión. A través del Programa Frontera 2012 México-EE.UU. (Frontera 2012), SEMARNAT y la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (U.S. Environmental Protection Agency o USEPA) están trabajando en forma conjunta para lograr el saneamiento de los acumulamientos de llantas de desecho en la frontera e identificar opciones eficientes y ecológicas para el uso de este residuo. Derivado del Acuerdo de La Paz celebrado en 1983, el programa Frontera 2012 es una alianza de colaboración orientada a obtener resultados, que fue establecida entre los gobiernos federales, estatales y municipales, así como las tribus indígenas de México y EE.UU., para proteger la salud pública y mejorar las condiciones ambientales a lo largo de la frontera entre los dos países. A través de Frontera 2012, SEMARNAT y USEPA promueven alianzas con la industria, los círculos académicos y todos los niveles de gobierno, para limpiar los apilamientos de llantas (de 2003 a 2009 se logró el saneamiento de más de 5 millones de llantas de desecho) y tomar medidas para prevenir más acumulamientos. Estas medidas y otros recursos y publicaciones adicionales se pueden encontrar en el sitio web del Foro de Políticas sobre Residuos de Frontera 2012: <http://www.epa.gov/usmexicoborder/fora/waste-forum/index.html>.

2.2 PROBLEMA.

El problema surge con la incontrolable fabricación de llantas, la falta de cultura ambiental, así como la falta de acciones que ayuden a desaparecerlos una vez usados, se categoriza como un problema medio ambiental no solo en el país si no en todo el mundo.

Con el fin de minimizar el volumen que ocupan las llantas de desecho se tomó la decisión de hacer bloques compactos, es posible encontrar en el mercado, compactadoras de llantas. Estos equipos permiten compactar hasta 100 llantas en bloques macizos, también llamados “balines”, de 30”x50”x60” y de 1 tonelada de peso. Son capaces de procesar hasta cuatro bloques por hora y permiten reducir el volumen de los neumáticos hasta en un 80%. Además reduce el riesgo de incendio, elimina la acumulación de agua al interior de los neumáticos y evita eventuales problemas medioambientales asociados al almacenamiento. La gran mayoría de estos equipos presentan la ventaja de que son móviles y pueden ser llevados a los distintos focos de recolección gracias a que es remolcable. Tienen un alto costo de adquisición ya que deben ser importados y la operación estos equipos hacen poco recomendable su uso en aplicaciones poco rentables, así mismo no acaban con el problema de las llantas de desecho.

Anteriormente era común la disposición de un relleno sanitario de llantas enteras, sin embargo esta práctica está siendo rechazada por tres razones principales:

1. Debido a su forma y composición, las llantas no pueden ser fácilmente compactadas ni se descomponen. Por lo tanto, las llantas usadas consumen cantidades considerables de espacio en sitios de disposición. Con la capacidad disminuyendo en el relleno sanitario y con los costos de evacuación para los Residuos Sólidos municipales incrementándose, ya no es posible aceptar materiales voluminosos.

2. Debido a su forma hueca, las llantas pueden atrapar aire y otros gases, rompiendo la cubierta de las celdas de disposición. Estas aberturas exponen los residuos a roedores, insectos y aves, y permiten el escape de los gases.
3. Riesgo de incendio, un incendio de llantas puede causar impactos adversos al medio ambiente y a la salud pública, por los compuestos que las conforman. Una vez que se están quemando las llantas es difícil apagar el incendio. La combustión incontrolada de las llantas a temperaturas relativamente bajas (menos de 1092° C) tiende a producir cantidades importantes de hidrocarburos no quemados (humo negro espeso) y emisiones nocivas para la atmósfera y la calidad del aire de la ciudad. Se han identificado 38 compuestos emitidos al aire, con un potencial dañino debido principalmente a hidrocarburos, metales, gases y vapores inorgánicos.



Ilustración 23 Incendio del vertedero de llantas ubicado en San Andrés Cholula, Puebla. Fuente: www.milenio.com, 2008.

Para el almacenamiento al aire libre, existen problemas asociados con esta práctica como se muestra en la siguiente tabla comparativa:

IMPACTO	AIRE	AGUA	POBLACION
PROBLEMA	Impacto de la columna de fuego sobre los habitantes, comercios y la calidad atmosférica regional.	Impacto de contaminantes que se encuentran en el hule y los residuos de cenizas de las llantas sobre el agua superficial y subterránea.	Impacto de los apilamientos existentes sobre los habitantes de la zona.
FACTORES A CONSIDERAR	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección preponderante del viento. • Características del apilamiento, como altura, árboles y arbustos, y líneas cortafuego. • Uso de suelo en los alrededores. • Receptores sensibles, como aeropuertos, escuelas, e instalaciones públicas de gran tamaño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características del suelo, como permeabilidad. • Características del acuífero, como profundidad de los mantos y usos del agua potable. • Desagüe en el sitio. • Proximidad a cuerpos de agua superficial. • Receptores sensibles, como humedales, pescaderías, o especies en peligro. • Características del apilamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cercanía de la población. • Especies de mosquitos. • Enfermedades transmitidas por mosquitos identificadas en la región o localidad. • Plagas de roedores/serpientes. • Características del apilamiento.

Tabla 2 Factores a considerar al evaluar los impactos de los apilamientos de llantas usadas.

2.3 EMISIONES A LA ATMÓSFERA.

La contaminación atmosférica se define como la condición atmosférica en la que ciertas sustancias y/o energías alcanzan concentraciones o niveles lo suficientemente elevados, sobre su nivel ambiental normal como para producir riesgos, daños o molestias a las personas, ecosistemas o bienes.

Considerando la composición de las llantas y los procesos térmicos a los que se someten, existen empresas que utiliza este residuo como combustible o algún proceso de reciclado a base de la combustión de las llantas usadas como el caso de la pirolisis o termólisis los cuales se verán con más detalle en el capítulo 3 de

este trabajo, deberían ser capaces de definir y establecer cuáles son los contaminantes emitidos a la atmósfera así como a el agua, de misma forma la generación de residuos de la instalación.

Considerando la composición de las llantas y los procesos térmicos a los que se someten, las empresas que utiliza este residuo como combustible, así como aquellas que utiliza algún proceso de reciclado a base de la combustión de las llantas usadas como el caso de la pirolisis o termólisis los cuales se verán con más detalle en el cap. 3 de este trabajo, deberían ser capaces de definir y establecer cuáles son las emisiones a la atmósfera así como a el agua, de misma forma la generación de residuos de la instalación.

En base algunos estudios sobre emisiones producidas en la combustión o incineración de las llantas desechadas que las sustancias emitidas a causa de los incendios de llantas al aire libre son:

SUSTANCIA	ESTADO	NOMBRE QUIMICO
Monóxido de carbono.	Hollín	Pireno
Dióxido de carbono.	Furanos	Benzopireno
Dióxido de azufre.	Tolueno	Naftaleno
Óxidos de nitrógeno.	Xileno	Benceno
Óxidos de zinc.	Fenoles	Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Tabla 3 Sustancias emitidas al ambiente a causa de los incendios al aire libre.
Fuente: Informe sobre el proyecto de una planta de incineración de llantas, Jul. /2002.

Por otro lado, incluimos unos datos de medición de emisiones en una Planta de Incineración de Neumáticos para producción de energía, de la empresa Modesto Energy Company en Westley (California, U.S.A):

“La empresa Oxford Energy gestiona una planta de incineración de neumáticos en Modesto, California, USA. La instalación de 14,5 MW fue construida junto a la mayor montaña de llantas usadas de EE.UU. situada en Out, California (cerca de Modesto), ha estado funcionando desde 1987.

Esta planta quema en un horno de parrillas alrededor de 600 llantas por hora a una temperatura superior a 1,092°C. Por cada llanta consumida, la instalación genera aproximadamente 1.13 Kg. de escoria metálica, 0.49 Kg. de yeso y 0.27 kg. de ceniza con un alto contenido en zinc (45 por 100). En sus emisiones tiene elevadas concentraciones de cromo y zinc.

Esta planta ha superado en diversas ocasiones los límites permitidos por el Estado de California de emisiones de óxidos de Nitrógeno y ha tenido dificultades en la manipulación de los NFU, lo que ha provocado un rendimiento menor del previsto.” (Deputy Air Pollution Control Officer, Febrero 1990)

Las conclusiones de la evaluación de emisiones de esta planta que se suponía la más moderna y eficaz de su género (usando valores promedio en todas las muestras tomadas y asumiendo un promedio de operación de 7000 horas anuales) arrojan los siguientes datos:

COMPUESTOS.	CANTIDAD.
Partículas.	20.286 kg./año
Cloruro de hidrógeno.	689 kg./año
Dióxido de sulfuro.	5.489 kg./año
Óxido de Nitrógenos.	26.404 kg./año
Monóxido de Carbono.	35.078 kg./año

Tabla 4 Compuestos emitidos a la atmosfera.

Fuente: Informe sobre el proyecto de una planta de incineración de llantas, Jul. /2002.

Se descubrió que la planta emite docenas de diferentes isómeros de dioxinas y furanos a una tasa de 0,16 gramos por año (por 7.000 horas de operaciones anuales). La equivalencia tóxica (lo que expresa la toxicidad de una mezcla de dioxinas y furanos relativa a la toxicidad de 2, 3, 7,8 TCDD, el más tóxico muestra una emisión de dioxinas a una tasa de 0,0236 gramos /año.

Diariamente, las emisiones de dioxinas y furanos del incinerador de neumáticos son equivalentes al nivel máximo “aceptable” por día para 187 millones de

individuos (asumiendo personas con un peso de unos 70 kg). Dicho de otra manera, las emisiones anuales de dioxinas y furanos de la planta son equivalentes a las dosis máxima de por vida para más de 2 millones de personas. Diferentes pruebas en la planta hallaron emisiones de diclorobenceno, triclorobenceno, tetraclorobenceno, hexaclorobenceno, clorofenol y diclorofenol. Todos estos compuestos son altamente tóxicos y son reconocidos o considerados carcinógenos. El total de emisiones de benceno y fenoles clorados alcanzó un promedio de 154 gramos /año: las emisiones de PCB promediaron 28,6 gramos /año.

Esas no son las únicas emisiones tóxicas resultantes de la incineración de neumáticos. Los metales no ferrosos o metales pesados no pueden ser destruidos mediante la incineración. Estos metales incluyen arsénico, cromo, plomo, zinc, cobre, mercurio, cadmio, níquel y manganeso.

Otros contaminantes generados por estas plantas son el fluido de aceite que queda después de la incineración, el agua empleada para limpiar las cenizas, y las propias cenizas. Estos materiales necesitan ser llevados a un depósito de seguridad, con lo cual la incineración sigue generando nuevos residuos, más peligrosos que los iniciales.

Como hemos visto, la incineración incluida la variante llamada termólisis tiene como resultado la producción de más residuos, ya que en ningún caso la materia puede destruirse, sólo se transforma. Los residuos de las incineradoras se componen de gases que se liberan a la atmósfera por las chimeneas, de cenizas de fondo (escorias), cenizas volantes y polvo de tratamiento de gases atrapados en los filtros de mangas, que en último lugar se depositan en vertederos.

En los residuos que se generan en el proceso de incineración se liberan numerosos productos químicos, muchos de ellos tóxicos y peligrosos.

Los neumáticos están compuestos como se ha dicho por una variada mezcla de productos, durante el proceso de termólisis las sustancias que se encontraban en los neumáticos se trasladan a las emisiones de la planta. Mientras que algunas sustancias permanecen en su forma original, otras se transforman en nuevos productos. Por ejemplo, los metales pesados, no se destruyen por incineración, tan sólo se concentran en los nuevos residuos. Estos metales pueden permanecer en su forma original durante la incineración o pueden reaccionar para formar nuevos compuestos como óxidos de metal, cloruros o fluoruros.

La naturaleza exacta de las sustancias que se liberan durante la incineración, depende de la composición de los residuos que se incineran. Por ejemplo, la incineración de compuestos clorados, dará lugar a la formación de cloruro de hidrógeno que a su vez puede contribuir a la formación de dioxinas.

Los estándares técnicos que se aplican a los procesos de incineración y los equipos de control de la contaminación que se apliquen también influirán en los productos finales. Sin embargo, cualquier tecnología de control de la contaminación que se aplique no impedirá que se liberen sustancias tóxicas, bien en las cenizas o en forma de gases.

Los compuestos especialmente preocupantes, debido a sus efectos potenciales sobre la salud humana y el medio ambiente, son los compuestos que contienen azufre, nitrógeno, halógenos como el cloro, y metales tóxicos; y en especial los compuestos: CO, NO_x, SO_x, CIH, Cadmio, Plomo, Mercurio, Cromo, Arsénico, Berilio, dioxinas y furanos, PCB y PCT e hidrocarburos aromáticos poli cíclicos.

Algunos de estos contaminantes son bio-acumulativos, es decir, se almacenan sin degradarse en los organismos vivos y penetran en el ser humano a través de las cadenas tróficas, de manera que aunque se cumplieran los límites de emisiones previstos, eso no impediría la exposición de los habitantes y de los trabajadores de la planta.

2.4 EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA.

a) GASES ÁCIDOS:

- **Cloruro de hidrógeno (HCl).** El cloruro de hidrógeno es un gas ácido que es fruto de la combustión de productos orgánicos que contiene cloro. Los efectos se hacen sentir en todos los seres vivos, produciendo irritación en las vías respiratorias en bajas concentraciones, y asfixia y muerte en concentraciones muy altas. También es uno de los causantes de la lluvia ácida y es muy corrosivo para los metales. El cloruro de hidrógeno ataca a la mayoría de los metales del propio incinerador.
- **Fluoruro de hidrógeno (HF).** Producto de la combustión de hidrocarburos en presencia de flúor. Es un gas muy corrosivo. Los fluoruros que se emiten por la chimenea se depositan en los terrenos y vegetación circundantes, afectando al ganado de pasto (alteraciones psicomotrices y dentarias). Este tipo de envenenamiento se llama fluorosis.

b) ÓXIDOS DE AZUFRE Y NITRÓGENO (SO₂, NO₂).

- **El dióxido de azufre (SO₂)** es un gas incoloro, no inflamable en condiciones normales, que presenta un olor irritante en concentraciones superiores a 3 ppm. Los efectos agudos del SO₂ en los animales y seres humanos están principalmente relacionados con el sistema respiratorio. Es uno de los componentes de la lluvia ácida que destruye los ecosistemas forestales y corroe los metales y los exteriores de las edificaciones.

La combustión de materiales orgánicos es la principal fuente de óxidos de nitrógeno antropogénicos. **Los óxidos de nitrógeno (NO₂) se producen por oxidación del nitrógeno orgánico de los residuos** y por la conversión del nitrógeno del aire a NO₂ a temperaturas superiores a 1500°C. Los estudios sobre toxicidad demuestran que el NO₂ es cuatro veces más tóxico que el NO los efectos de los óxidos de nitrógeno se hacen

sentir en las vías respiratorias, la irritación nasal y de los ojos viene seguida por el aumento de las dificultades respiratorias, edema pulmonar y muerte.

c) MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

- El monóxido de carbono es un gas inodoro e incoloro producto intermedio de la oxidación de los combustibles a CO Y H₂O. Concentraciones de 100 ppm son letales para los animales y el ser humano. El CO se combina con la hemoglobina, formando carboxihemoglobina y reduciendo por tanto la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. Niveles de carboxihemoglobina superiores al 5% de la hemoglobina total tienen efectos dañinos (desde dolor de cabeza, fatiga e hidropesía, coma a fallo respiratorio y muerte).

d) DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂).

- El dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico. Se produce en todas las combustiones. Es el máximo responsable del efecto invernadero. Su concentración ha aumentado en la atmósfera desde 290 ppm en 1900 hasta 345 ppm en 1985. Es uno de los responsables del aumento de la temperatura media de la Tierra, de consecuencias catastróficas para la vida en el planeta (cambio climático).

e) PARTÍCULAS.

Los efectos de las partículas son muy variados:

- En los vegetales pueden disminuir la capacidad fotosintética al impedir que la luz alcance las hojas e interfiere en la adsorción de CO₂.
- En los animales, los efectos mayores se producen sobre el sistema respiratorio. En los seres humanos partículas entre 500 y 5000 nm pueden alcanzar los bronquios, no obstante son expulsadas por la acción ciliar las

partículas con diámetros inferiores a 500 nm pueden relacionarse con la bronquitis y procesos de insuficiencia respiratoria.

f) METALES PESADOS.

Los metales pesados se encuentran muy representados en los neumáticos y se emiten por la chimenea:

- Adheridos a las partículas sólidas en las cenizas (forma predominante).
 - Como vapores que luego se condensan en forma de humos o ceniza.
 - En forma de productos de la reacción de los metales pesados con oxidantes para formar cloruros, sulfuros u óxidos.
-
- **Mercurio.** Todas las formas del mercurio son potencialmente tóxicas para el ser humano. Es muy difícil eliminar el mercurio de las emisiones en la incineración. ¿Las nuevas incineradoras están siendo dotadas de un sistema de barrido de cal seca, inyectando una combinación de cal y carbón activado en polvo justo antes de pasar a los filtros? Las repercusiones ambientales son gravísimas, dado el poder bio acumulativo del mercurio a lo largo de las cadenas tróficas
 - **Plomo.** El plomo se puede absorber por inhalación o ingestión. El tetraetilo de plomo se puede absorber a través de la piel, los glóbulos rojos absorben el plomo que se distribuye a diferentes partes del cuerpo (riñones, hígado, dientes, huesos y cerebro). La anemia es el primer síntoma de envenenamiento crónico producido por plomo. Se asocia esto con náuseas, vómitos y dolores abdominales. Más grave es la degeneración del sistema nervioso central. En los niños menores de 5 años, con niveles de 10 µg/dl de plomo en sangre, se han observado problemas de desarrollo intelectual. Niveles inferiores pueden ocasionar trastornos de audición, que provocan retrasos en el aprendizaje.

- **Cadmio.** El cadmio emitido por las incineradoras es absorbido por las plantas y los animales. La acumulación de cadmio en las plantas puede afectar al desarrollo de las mismas, ocasionando pérdidas en la agricultura. En los animales y seres humanos, la absorción de cadmio aumenta si existe una dieta baja en calcio (dada su similitud de propiedades químicas). Una vez absorbido se asocia con proteínas de bajo peso molecular, y se acumula en riñones, hígado y órganos reproductores. Dosis muy pequeñas de cadmio pueden causar vómitos, diarrea y colitis. La exposición continua al cadmio causa hipertensión, agrandamiento del corazón y muerte prematura.
- **Cromo.** Los cromatos irritan los ojos, la nariz y la garganta. La exposición crónica puede provocar daños en el hígado y los riñones. Es bioacumulativo, algunas algas acuáticas lo concentran hasta 4000 veces sobre el nivel de su ambiente inmediato.
- **Arsénico.** Es un veneno acumulativo que ingerido causa vómitos y dolores abdominales antes de la muerte. Puede causar dermatitis y bronquitis y cáncer en los tejidos de la boca, el esófago, laringe y vejiga. A nivel celular puede desacoplar la fosforilación oxidativa y competir con el fósforo en las reacciones metabólicas.

g) COMPUESTOS ORGÁNICOS.

La combustión de residuos genera todo tipo de productos de combustión incompleta y compuestos orgánicos, que son fruto de la oxidación parcial del combustible. Si además hay cloro en los residuos se forman todo tipo de hidrocarburos clorados. Se han detectado más de 400 compuestos orgánicos en las emisiones de incineradoras. La medición y caracterización de los compuestos orgánicos es muy compleja. Los más peligrosos son los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

- **Los hidrocarburos policíclicos aromáticos, son todos cancerígenos,** y son absorbidos por el organismo a través de los pulmones. Una vez en el cuerpo, son eliminados por las oxidasas, formándose metabolitos que son los responsables de los efectos cancerígenos. Los aldehídos (el formaldehído es el más conocido) son irritantes para las mucosas del sistema respiratorio y son también cancerígenos.

h) DIOXINAS Y FURANOS.

Las dioxinas son tóxicas, persistentes en el medio ambiente y bioacumulativas, es decir, que se acumulan en los tejidos de animales y humanos. Las dioxinas son subproductos no intencionados de actividades humanas relacionadas con la fabricación y el uso de cloro y la combustión de materiales que contienen alguna forma de cloro.

Son sustancias sólidas, poco volátiles, muy poco solubles en agua y muy solubles en aceites, grasas y disolventes orgánicos. Por otro lado son estables y persistentes, con gran facilidad para introducirse y acumularse en los seres vivos.

Debido a la poca solubilidad en agua y a su baja volatilidad las dioxinas son atraídas por partículas finas y son transportadas asociadas a ellas en suspensión en el aire o en el agua. Por esta razón las dioxinas se encuentran a menudo en sedimentos, aguas residuales y cenizas.

Son un grupo de sustancias químicas muy tóxicas para los animales y el ser humano. Como consecuencia de ello, hay una gran preocupación pública y un enorme interés científico sobre los efectos de estas sustancias en los últimos años.

Una de las características importantes de las dioxinas es su carácter persistente y bioacumulativo en los tejidos adiposos donde se deposita, eliminándose con gran dificultad del organismo humano.

2.5 BASUREROS Y CENTROS DE RECOLECCION DE LLANTAS EN EL D.F Y ESTADO DE MEXICO.

Se ha realizado una investigación para conocer acerca de los basureros que recolectan los desperdicios del Distrito Federal y el Estado de México con la finalidad de ubicar los lugares más cercanos para la obtención de llantas usadas para la planta de reciclado con el fin de reducir costos en el transporte y conocer los principales proveedores de este desperdicio.

Cabe mencionar que actualmente en el Distrito Federal se desechan alrededor de 300 mil neumáticos, que al carecer de un programa de manejo y estos ocupan grandes volúmenes en el centro de disposición final del Bordo Poniente, donde representan 1% del total de los residuos, se sabe hoy en día que una gran cantidad de estos residuos quedaron enterrados como relleno en la construcción del complejo comercial y educacional que se ha construido en los últimos años, existiendo así falta de leyes y normas aplicables al manejo residuos de este tipo que provocan a largo plazo la contaminación del subsuelo como se ha hecho mención anteriormente.

De acuerdo a la Secretaria del Medio Ambiente al solicitar información referente a como se ha combatido o como se pretende resolver este problema que afecta a todos, nos hacen mención que el año 2007, ante esta situación, la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (SMADF) firmó un convenio para realización de un programa de “Reciclaje de llantas de desecho”, con el fin de que no vayan a parar al único relleno sanitario que cuenta el Gobierno del Distrito Federal hoy en día.

Al considerarse la llantas como residuo de manejo especial y dando una alternativa al ciudadano en convenio con La Secretaria de Obras y Servicios del Distrito Federal (SOS), La Cámara Nacional de la Industria Hulera (CNIH), La Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas A.C. (ANDELLAC), Recycling Planet S. de R.L y de Importadores de Llantas así como con dos Empresas Particulares, ECOLTEC y NECAR, a fin de poner en marcha un programa de manejo ambientalmente adecuado de las llantas usadas. Se cuenta hoy en día con 16 Centros de acopio que están actualmente en funcionamiento para que el ciudadano lleve sus llantas que no utiliza y que perdieron su vida útil. ^[9]

CENTROS DE ACOPIO	
Nombre	Dirección
Centro de manejo de residuos del D.F.	Del. Gustavo A Madero, Av. Central cerca del metro Villa de Aragón.
Relleno Sanitario del Bordo.	Periférico Poniente, Nezahualcóyotl Edo. De Mex.
AMBI	Sur 4 No. 276 Col. Agrícola Oriental C.P. 08500, Del. Iztacalco
HAZEMAG S.A de C.V.	Manuel E. Izaguirre No. 11 2do Piso 53100, Edo. De Mex.
Wenceslao Alcalá	Tzimin Mz. 201 Lt.2 Col. Héroes de Padierna C.P. 14200, Del Tlalpan
Centro de Acopio	Delegación Álvaro Obregón
Ecolomovil	Antigua Czda. De las Granjas No.85 Pantaco México D.F.
Coyoacán	Av. Coyoacán No. 334 Del Valle México D.F.
Centro de Acopio de Materiales	Manzanares 106 Toluca, Estado de México, 50000 Toluca de Lerdo Centro
Edison	Edison No. 122 Tabacalera
Martí	Av. Patriotismo No. 75-B y F Escandón México D.F.
Sra. Reyna María Arias Torres	Av. Tecnológico Lt.11 Mz.36 Col. Zona Escolar, C.P. 07230 Del. Gustavo A. Madero
Sra. María Concepción Chávez	5 de Mayo No.133 Col. Santa Cruz Meyehualco, C.P. 09500, Del. Iztapalapa
Comercializadora de SBR S.A de C.V	Poniente 9 Mz.10, México D.F.
Grupo Recyhul, S.A de C.V.	Av. Del Rio Ocoyoacac 613E, Barrio de Santa María Ocoyoacac

^[9] Fuente: Secretaria del Medio Ambiente (SMA). Enero/2013

En el caso Estado de México se ha implementado en Febrero de 2011, un Programa en el Municipio de Naucalpan que lleva por nombre “Fuera llantitas y llantotas”, de ríos, barrancas y lotes baldíos, este programa de reciclamiento con el que opera el primer centro de acopio de neumáticos de municipios mexiquenses.

En dos meses, empleados municipales reunieron cerca de 6 mil llantas que sacaron de los cinco ríos que cruzan este municipio, de la basura y de barrancas. Estas llantas están tuvieron como fin como primer embarque de ruedas a la Empresa Cementera Cruz Azul, que las utiliza como combustible, pues bien es un método para hacerlas desaparecer y obtener energía por la combustión, pero de igual manera produce emisiones a la atmosfera con resultados adversos a la población y ríos aledaños dado que las cenizas son transportadas por el aire circundante y de igual forma van a dar a los afluentes y al subsuelo.

Este centro de acopio opera, En el predio La Victoria, en el Centro de Naucalpan, que como ya se ha hecho mención es el primero en su tipo en el Estado de México, con lo que el gobierno local pretende limpiar este municipio de llantas viejas que son tiradas y no tienen un manejo apropiado. ^[10]

En este mismo Municipio abrió en el año 2009 un basurero este puede recibir hasta mil toneladas de basura al día del Distrito Federal, al responder a la emergencia que enfrentan los capitalinos al caducar el periodo de vida útil de Bordo Poniente, depósito que recibe 12 mil toneladas al día de desperdicios domésticos.

Naucalpan puede recibir de inmediato mil toneladas de basura en el relleno sanitario de Santiago Tepatlaxco, cuya empresa administradora recibió la solicitud para confinar desperdicios que producen los capitalinos, Santiago Tepatlaxco, fue diseñado para captar un promedio de 1,500 toneladas de basura al día, en un

^[10] Fuente: Gobierno del Municipio de Naucalpan. Enero/2012

esquema de concesión de 20 años otorgado a la empresa Servicios de Tecnología Ambiental S.A. (SETASA).

A la fecha este relleno sanitario recibe cerca de 800 toneladas de basura de Naucalpan y 180 toneladas de Huixquilucan, lo que implicará que al recibir mil toneladas de basura del Distrito Federal, estaría captando cerca de 2 mil toneladas de desperdicios al día, lo que implica una sobreexplotación del sitio.

Tepatlxco está ubicado al poniente del DF, a unos 10 kilómetros del Distrito Federal, en la parte alta de Naucalpan, sitio al que hoy sólo se puede llegar por San Mateo y Rincón Verde, en un camino saturado, de un solo carril por sentido o desde Santa Fe por la autopista de cuota Chamapa Lechería.

2.6 INVESTIGACION DE CAMPO.

TIRADERO MUNICIPAL DE LOS REYES, LA PAZ DEL EDO. MEX.

Este municipio está situado al oriente del Edo. Mex. y al occidente del D.F, con el que limita, por lo que forma parte de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

El tiradero municipal da abasto a la recolección de basura de colonias aledañas como son; La Magdalena, Tecamachalco, Los Arcos, La Festival, algunas colonias del municipio de Chimalhuacán, Netzahualcóyotl y algunas colonias del municipio de Chicoloapan por lo que la llegada de basura es enorme.



Ilustración 24 Basurero del municipio de Los Reyes, La Paz del Edo. Mex.

La llegada de llantas desechadas es bastante según comentó el encargado del basurero, de las cuales principalmente son recogidas de vulcanizadoras, llanteras, y algunos particulares que son circunvecinos a la zona, la mayoría de la basura es aprovechada por los pepenadores los cuales seleccionan la basura más común para su reciclado, como es el caso del cartón, botellas de pet, algunos metales (aluminio y fierro principalmente o en algunos casos cobre) y vidrio, pero en cuestión del manejo de llantas no hay gente o empresas que se encarguen de ellas, es por ello que se tiene almacenadas o se encuentran regadas en el basurero.

La mayoría de estas ocupa mucho espacio por lo que se trata de almacenarlas en un solo lugar pero no es posible por falta de gente, ya que a diario llegan carros repletos de basura por lo que se trata de compactar la basura así como llega quedando las llantas enterradas entre la basura y la tierra.



Ilustración 25 Algunas llantas se encuentran distribuidas en el área del basurero sin que haya un control para su almacenamiento como se muestra en las imágenes. Fuente propia.



Ilustración 26 Las llantas fuera de uso se encuentran mezcladas entre la basura sin que exista un proceso de clasificación de los diferentes materiales desechados.



Ilustración 27 Zona de almacenamiento de llantas, a causa de las lluvias y la acumulación de agua, existe abundancia de moscos en la zona.

Principalmente llegan al tiradero llantas de autos comunes de baja dimensión y llantas de camiones, con muy poca frecuencia llegan neumáticos grandes como las que se utilizan para la maquinaria pesada.

LLANTAS A BORDE DE CARRETERA, EN VEREDAS, CALLES DE POCA CIRCULACIÓN, TERRENOS BALDIOS, ETC.

Se ha visto que las carreteras que conectan los municipios de, Netzahualcóyotl, Chimalhuacán, San Vicente, Los Reyes La Paz, Texcoco, Ecatepec, por mencionar algunos municipios, existen llantas que no tiene control del manejo de las mismas, se ha visto también que algunas calles paralelas o veredas por donde por lo general no hay tránsito de gente se encuentran llantas en gran cantidad.



Ilustración 28 Acumulación de llantas a borde de carretera esto es en la carretera de Lechería la cual conecta con el municipio de Ecatepec, Edo. Mex.

Al hacer un recorrido por las calles de las colonias de algunos municipios se encontraron acumulación de llantas que afectan en la estética urbana así como en el ámbito ecológico por lo que se determina que no hay un buen control de estos residuos.



Ilustración 29 No existe control de estos residuos afectando así la ecología de algunos municipios, Foto tomada en Magdalena Panoaya Municipio de Texcoco.

En algunos casos la misma gente que vive en la zona hace lo posible por evitar esto, juntan las llantas que tiran para evitar que se origine un tiradero, nos cuenta una vecina aledaña al lugar que como lugar es una zona de poco tránsito de gente y no hay vigilancia de las autoridades se le hace fácil a la gente ajena a la zona venir a tirar sus llantas o su basura, no tomando en cuenta que afectan a la gente que vivimos aquí cerca con su basura, además nos menciona que se ha dado parte al servicio de limpia del municipio pero han hecho caso omiso a sus quejas.



Ilustración 30 Los vecinos de la colonia Tlayapaca en colindancia entre el municipio de Netzahualcóyotl y Chimalhuacán, recolectan las llantas que suelen tirar dado que se encuentra cerca de las vías del tren y el canal de la compañía, utilizando estos lugares de poco tránsito de gente como tiraderos.



Ilustración 31 Llantas tiradas en terrenos baldíos, que bien podrían ser recicladas para la obtención de molienda de caucho.



Ilustración 32 Infinidad de llantas que se encuentran en lo que antiguamente eran las vías del tren que tenía como destino el Estado de Veracruz, buena opción de negocio a nuestro punto de vista.

CAPÍTULO III

T
E
C
N
O
L
O
G
Í
A

D
E

R
E
C
I
C
L
A
D
O

3.1 RECICLADO.

En esta sección se presentan diferentes alternativas de Aprovechamiento y Disposición Final de las llantas usadas, mediante las cuales se puede lograr un manejo adecuado del residuo minimizando los impactos ambientales.

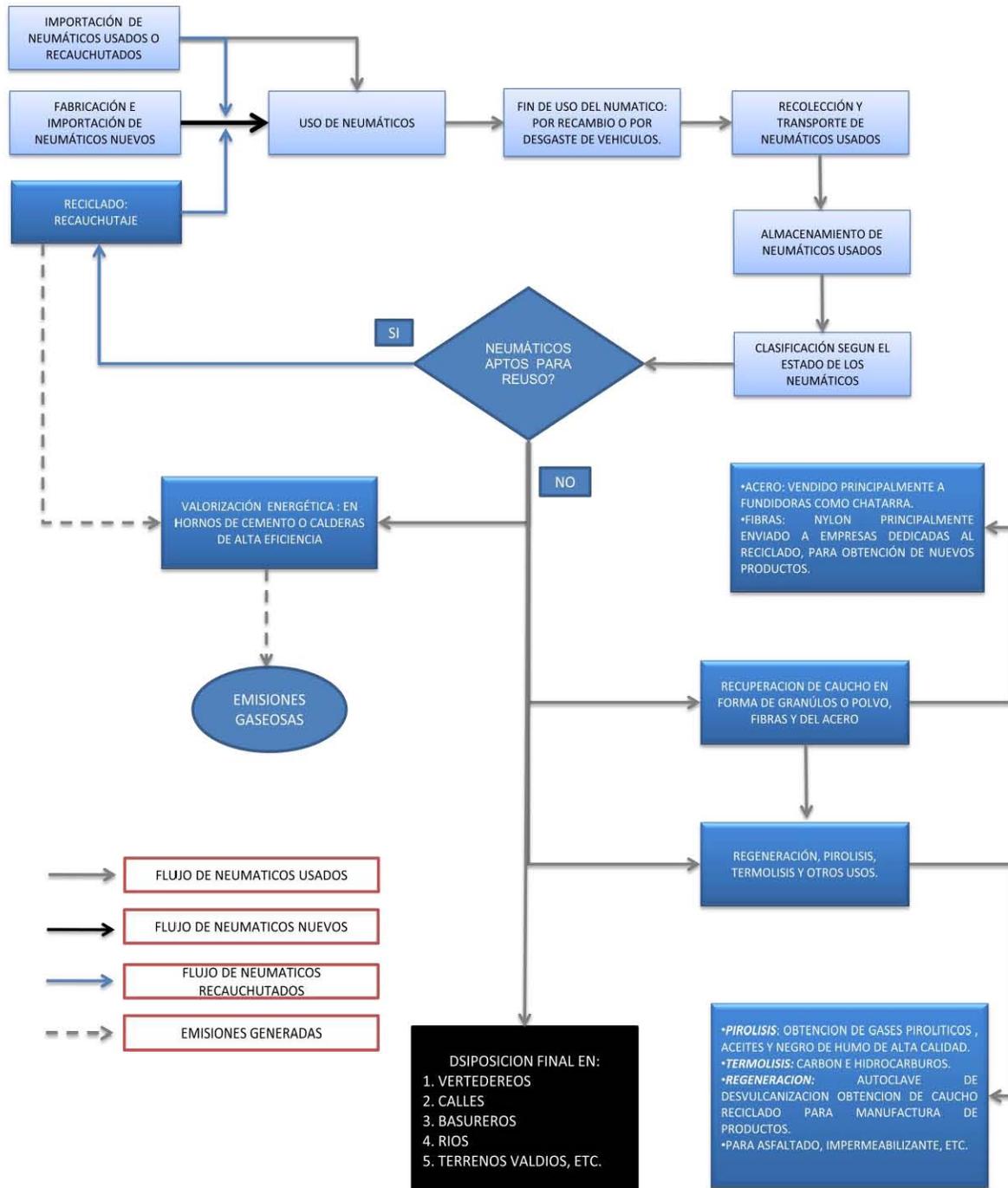


Ilustración 33 Diagrama de Flujo del Ciclo de vida de los neumáticos.

El aprovechamiento implica procesos de transformación que permiten fabricar productos similares o totalmente diferentes, tomando como materia prima las llantas usadas. Dentro de las aplicaciones convencionales existe una gran diversidad de métodos y tecnologías para el manejo de llantas usadas, así como el de productos generados.

3.1.1 INCINERACIÓN.

La incineración de las llantas es un proceso de tratamiento que consiste en la transformación de los materiales combustibles en un producto gaseoso y un residuo sólido relativamente inerte y libre de microorganismos, compuesto por escorias y cenizas, basándose en una combustión controlada, vía oxidación a altas temperaturas.

El producto gaseoso que se genera en este tipo de proceso, está compuesto principalmente por sustancias que se encuentran en la atmosfera como son; Bióxido de Carbono (CO_2) y Vapor de Agua (H_2O).

Este tipo de tratamiento se ha utilizado en Europa desde el siglo pasado principalmente para este tipo de desechos y surge como necesidad debido a la falta de espacio para su disposición. En la actualidad, la incineración de desechos se utiliza en varios países, sin embargo, su adopción ha estado sujeta a las necesidades y condiciones de cada país. El proceso de incineración se ha utilizado para reducir el volumen de este tipo de desecho, y sobre todo para recuperar un 30% de energía calorífica; en forma de vapor o energía eléctrica, para su comercialización.

El proceso consiste en la combustión de los materiales orgánicos que conforman las llantas. La combustión se realiza a temperaturas muy elevadas, lo que obliga a verificar los hornos, constituidos por materiales resistentes de alta calidad y de un costo elevado. Uno de los inconvenientes de la combustión es que se realiza a diferentes velocidades, así mismo existe la necesidad de instalar un limpiador de

emisiones y alimentar los hornos con pedazos de llanta de tamaño constante, también hay que hacer una selección de las llantas grandes, por lo que este sistema es considerado muy complejo.

La incineración es considerada un método exotérmico, ya que se generan una gran cantidad de calor que sirve como fuente de energía, pero la producción de contaminantes es muy elevada.

Entre los productos de la incineración se encuentran las emisiones a la atmósfera, las cuales sin un adecuado control de emisiones puede representar un peligro no solo para el ambiente, sino también a la salud humana, los principales compuestos generados son:

- Monóxido de Carbono.
- Óxido de Zinc.
- Dióxido de carbono.
- Óxido de Nitrógeno.
- Compuestos orgánicos volátiles (COVs).
- Hidrocarburos Volátiles polinucleares (PAHs).
- Dioxina.
- Furanos.
- Cloruro de hidrogeno.
- Benceno.
- Policlorados (PCBs).
- Metales (Arsénico, Cadmio, Níquel, Zinc, Mercurio, Cromo y Vanadio).

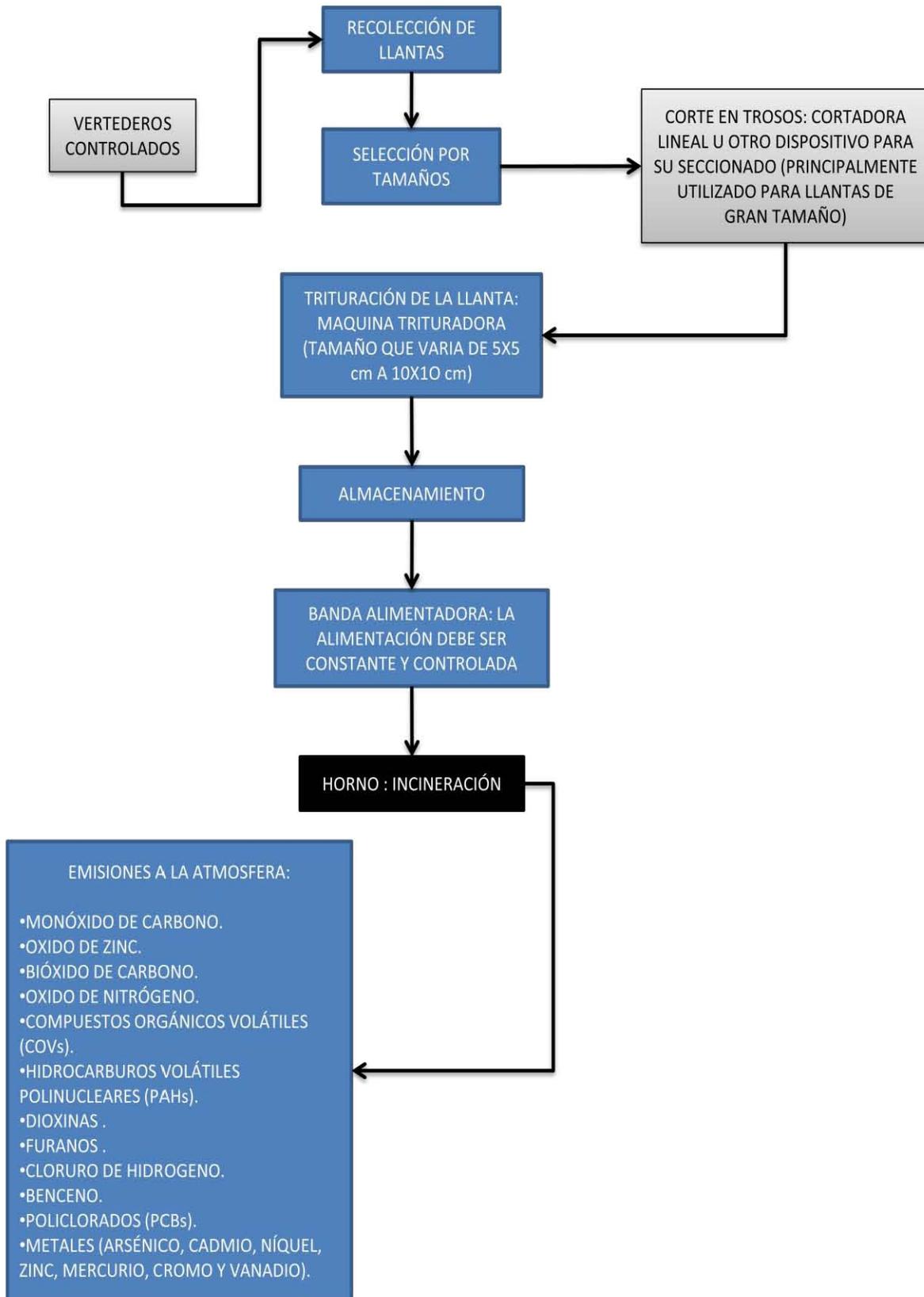


Ilustración 34 Diagrama del Proceso de Incineración.

3.1.1.1 TIPOS DE INCINERACIÓN.

A) HORNOS ROTATORIOS (FABRICACIÓN DEL CEMENTO).

El cemento se fabrica controlando el calentamiento de una mezcla triturada muy fina de material calcáreo (por ejemplo piedra caliza), material arcilloso (arcilla o esquistos) y material silicio (arena), hasta alcanzar aproximadamente los 1500 a 1600°C en un horno rotatorio. Estos elementos proporcionan los componentes básicos para el cemento: calcio, silicio, hierro y aluminio. Las elevadas temperaturas provocan la descarbonización de la cal y la reacción subsiguiente con el silicio para formar silicatos de calcio. Las “escorias” de silicatos de calcio se trituran con yeso para producir el cemento.



Ilustración 35 Horno rotatorio para la producción de cemento, el cual utiliza llanta triturada como combustible. Fuente www.spanish.alibaba.com 2010.

Los hornos rotatorios son hornos cilíndricos, largos e inclinados, a través de los cuales pasan los ingredientes del cemento durante tiempos que van desde una a cuatro horas. Debido a su alta temperatura de operación y al largo tiempo de residencia de los gases de combustión en la zona de

quemado, los hornos de cemento tienen la capacidad para utilizar de una forma segura una amplia gama de combustibles derivados del petróleo, incluyendo llantas usadas, de modo que son un buen combustible auxiliar para todos los hornos de cemento que queman carbón o aceite, así mismo:

1. Su valor calorífico es mayor al carbón utilizado para fabricar el cemento, (una llanta equivale a 9 kg de carbón) ^[11].
2. Su contenido en acero proporciona hierro adicional al cemento. Su contenido en nitrógeno, azufre y cenizas es menor que el del carbón típico.

Las altas temperaturas operativas en el horno permiten la combustión total de las llantas usadas y la oxidación total del acero sin que afecte negativamente la operación del horno. Por lo tanto, no es preciso separar el reforzamiento de acero antes de utilizar a la llanta usada como combustible. De hecho, como el hierro es uno de los elementos básicos del cemento, y la temperatura en los hornos de cemento es lo suficientemente alta como para conseguir la combustión total del acero que se convierte en óxido de hierro, el quemado de las llantas o del combustible derivado de ellas con contenido reduce los costos en materias primas para algunos hornos. La fabricación del cemento es energéticamente intensiva y requiere unos 160 KW/h de energía por tonelada de escoria de cemento producida.

La forma en que las llantas usadas pueden utilizarse como combustible derivado de las llantas, depende de la configuración del horno. Las llantas usadas pueden tener un pretratamiento como la molienda para tener partículas muy pequeñas llamadas migajas o piezas de un mayor tamaño entre 20x20 mm hasta 15x15 cm (3/4x3/4 pulg. hasta 6x6 pulg.), o pueden ser alimentadas al horno enteras. Este último es el más utilizado ya que no requiere de un pretratamiento que pueda influir o incrementar los costos de tratamiento, las llantas usadas enteras se alimentan al horno por medio de un sistema mecánico diseñado para cargarlas y alimentarlas, primordialmente se utilizan bandas de alimentación. ^[12]

Las llantas usadas proporcionan del 10 al 25% del valor calorífico total del combustible; el consumo anual de una planta del tipo medio varía entre los 2 y 3

^[11] Fuente: Llantas Usadas: Diagnostico de la Situación Actual en el Distrito Federal, S.M.A D.F. 2010

millones de llantas usadas, estas han sido ampliamente usadas en Europa y Japón como combustible alterno en los hornos de cemento durante varios años, e incipientemente en México durante la última parte de la década de los 90's.

El uso de las llantas usadas como combustible en hornos de cemento reduce la producción de óxidos de nitrógeno y no incrementa significativamente los componentes restantes de las emisiones atmosféricas. Esto se debe a las características favorables de las llantas usadas en comparación con los carbones que normalmente se utilizan a la fabricación del cemento. El contenido medio de azufre en las llantas usadas está entre 1.23% en peso, frente al 1.59% en el carbón; el contenido en nitrógeno también es más bajo que el carbón 0.2% en peso, frente al 1.76%; el contenido de cenizas es en promedio del 4.7% en peso y el del carbón del 6.23%; el azufre se incorpora a la cal de calcinación en forma de carbono de calcio, que es una materia prima en la fabricación de cemento; toda la ceniza se añade al cemento, de esta forma no hay desechos (residuos) procedentes de las llantas en los hornos de cemento; no se ha descrito ningún efecto adverso sobre la calidad del cemento.

B) INCINERACIONERADORES A NIVELES MULTIPLES (TABIQUERAS).

Las tabiquerías utilizan las llantas usadas como combustible alterno, estas varían su capacidad la cual va desde 4,000 a 80,000 tabiques en promedio, la producción es de 30,000 tabiques por horno (hornada). Lo cual indica que la cantidad de llantas usadas a utilizar dependerá de la tabiquería. En general cada horno es encendido una vez al mes, por lo que al año hay una producción de 174, 300,000 tabiques, cantidad que permite construir aproximadamente 130,000 habitaciones de 20 m².

[13]

Los principales combustibles que se utilizan en las tabiquerías se describen a continuación:

[13] Fuente: Emisiones atmosféricas por combustión de llantas en ladrilleras, S.M.A EDO. MEX., 2008

COMBUSTIBLES	CANTIDAD UTILIZADA POR AÑO
Aserrín y madera.	27,000 Toneladas.
Aceites gastados.	2, 000,000 Litros.
Llantas usadas.	218 Toneladas (24,000 llantas).
Residuos Industriales (plástico, fibras de vidrio, cubiertas de cable, aglomerado, solventes, tintas, químicos y residuos hospitalarios entre otros).	Se estima entre 8% y 10% del total de combustibles usados.

Tabla 5 Muestra los diferentes combustibles utilizados para la producción de tabiques.

Fuente: www.edomex.gob.mx , 2011

Los combustibles más utilizados para el calentamiento de los hornos tabiqueros son el aserrín, la madera y aceites gastados como se indica en la tabla anterior. Sin embargo el consumo de llantas es considerable, sin aunado a ello se considera que una gran parte de las tabiqueras de la región centro del país se encuentran concentradas en la Zona Metropolitana del Valle de México, podrá plantearse la magnitud de los impactos ambientales en cuanto a contaminación atmosférica se refiere en el Valle de México.



Ilustración 36 Horno para la producción de tabiques, el cual utiliza llantas desechadas como combustible. Fuente: www.edomexico.gob.mx/se/ladrillo.html, 2010

3.1.2 PIROLISIS.

El sistema de pirolisis involucra la degradación térmica en ausencia de oxígeno. El beneficio de esta aplicación es la conversión de llantas usadas en productos agregados como olefinas, cera y el hollín.

Este es un método de reciclamiento, y no solo reduce el volumen de las llantas, sino que también genera otros compuestos químicos, para combustible. El proceso general de la pirolisis consiste en el sometimiento de las llantas usadas a un proceso de trituración, donde posteriormente se introduce a hornos con temperaturas que van desde 600 a 800°C (en ausencia de oxígeno).

Los productos primarios son los gases pirolíticos y los aceites, entre otros. Los aceites se trasladan a procesos adicionales para la fabricación de productos secundarios.

Utilizando un horno para el aceite y las cenizas libres se convierten en carbón negro de alta calidad, y como una alternativa, se pueden separar los aceites por medio de la destilación. El producto final que se obtiene con esta tecnología es el denominado negro de humo. Este producto es esencial para la fabricación de llantas nuevas, por lo que su mercado está asegurado siempre que se garantice la pureza del producto obtenido. Por el contrario, las inversiones y los gastos de explotación necesarios para tratar llantas por este método son muy elevados. Además es una tecnología con ciertos riesgos ambientales, provocados por posibles emisiones a la atmosfera.

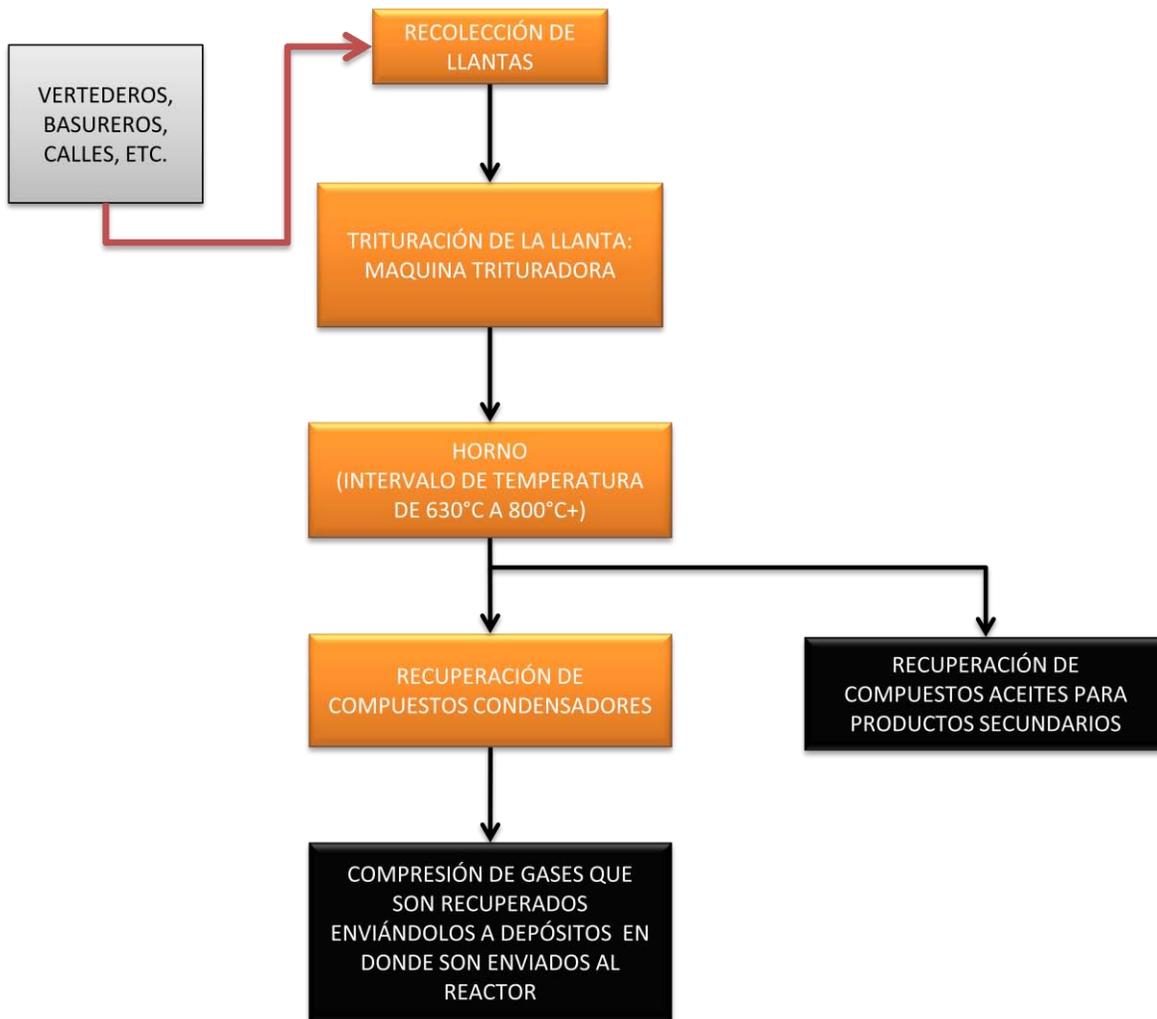


Ilustración 37 Diagrama de Flujo del Proceso de reciclado por Pirolisis.

Existen dos procesos de pirolisis de los cuales se describen a continuación.

A) PIRÓLISIS A BAJA TEMPERATURA.

Este tipo de pirolisis, ya estudiada en 1973 por una firma Alemana, utiliza cera de polietileno a una temperatura de 400°C como medio de reacción para descomponer los residuos del polietileno en aceites de bajo punto de fusión, que contienen una gran cantidad relativa de oleofinas, cera y hollín.

Los productos de mayor interés son las fracciones con un punto de ebullición bajo, y que contienen oleofinas (aproximadamente el 95% de la cantidad inicial) y que

se pueden utilizar como materia prima en la síntesis orgánica. La cera y el hollín son extraídos en forma discontinua de la caldera.

B) PIRÓLISIS A ALTAS TEMPERATURAS.

Las llantas usadas son introducidas a un reactor de lecho turbulento auxiliar, de arena de cuarzo a una temperatura entre 630°C y 877°C. Como gas de fluidización se utiliza gas de pirolisis recalentado a 427°C en un cambiador de calor. El aporte de calor se consigue mediante tubos de calefacción radiales calentados por propano o gas de pirolisis.

El proceso consiste en triturar la llanta usada en trozo de 10 – 25 mm (3/8 – 1 pulg.) que se almacenan en dos silos de 100 lts cada uno. La carga se hace mediante tornillos sin fin, refrigerados por agua, directamente en el lecho fluidizado con arena de cuarzo. El gas producido sale por la abertura superior. Estos gases producidos de nuevo, así como el de fluidificación, se pasan a través de condensadores y refrigerantes, recogiendo diferentes condensados en depósitos adecuados por un lado y los no condensables del gas de pirolisis por otro. Este gas una vez comprimido, se pasa una vez a los depósitos desde donde se enviara al reactor, como gas de fluidificación y posteriormente a los quemadores.

3.1.3 TERMOLISIS

El país que tiene este avance tecnológico es España, este proceso consiste básicamente en someter el material (llanta triturada) a un calentamiento en ausencia de oxígeno (atmosfera inerte), provocando así la ruptura de los enlaces químicos (craqueo), dando lugar a la aparición de cadenas cortas, medias y largas de hidrocarburos, que constituirán la fase gaseosa y sólida.

El procedimiento es requerido en este tipo de sistema de preparación de las llantas usadas, después someterlas a la termólisis, seguido del aprovechamiento

de los materiales obtenidos, y finalmente la producción y/u obtención de la energía eléctrica.

Las ventajas principales son que existe una ausencia de combustión o quema directa en el material base, además se genera aprovechamiento integral de la llanta usada, es decir, hay una separación de materiales a baja temperatura antes de que entre a la caldera, conservando estos, sus propiedades originales, con ello que la ventaja conlleva.

Existe también un rendimiento energético global, en donde la termólisis permite la transformación de los componentes principales de la llanta usada en carbono y gas (combustibles convencionales). También hay una rápida amortización debido al bajo costo de la instalación, la capacidad de cada planta es de 10,000 a 20,000 toneladas anuales, consiguiendo una producción eléctrica de 2.5 a 5 MW respectivamente.

La descripción de una Planta completa, de eliminación y aprovechamiento de las llantas usadas mediante termólisis consta fundamentalmente de cuatro etapas: ^[14]

1. Preparación de llantas para su trituramiento.
2. Termólisis.
3. Aprovechamiento de los materiales obtenidos.
4. Producción de energía eléctrica.

Mediante el proceso de termólisis se produce una recuperación integral de todos los compuestos originales de las llantas, lo que supone un 100% de aprovechamiento de todos sus componentes.

Los productos obtenidos de la aplicación de la termólisis a las llantas usadas son tres:

^[14] Lund, H. (1998) "Manual Mc. Graw-Hill de reciclaje" Vol. 1

- Hidrocarburos: Al ser el combustible de alto poder calorífico, pueden ser introducidos en una caldera de vapor para el aprovechamiento energético mediante una turbina.
- Carbón: Debido a las cualidades que poseen se convierten en combustibles de alto poder calorífico y se podrán introducir, al igual que las anteriores, en la caldera de combustión de los carbones, son depuradas mediante un sencillo tratamiento que permite su empleo en la fabricación de hormigones y otros materiales de construcción homologados.
- Metales: Al no sufrir alteración química alguna durante el proceso de termalización, pueden ser destinados a la venta directa tras su extracción del proceso mediante un desferrador tipo Over Band.

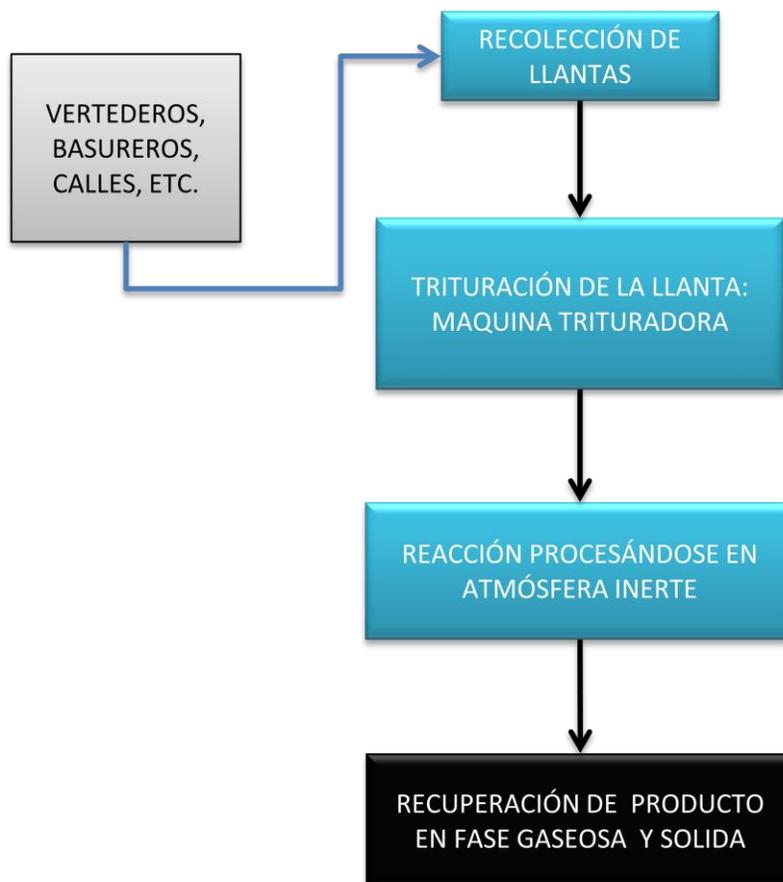


Ilustración 38 Diagrama de Flujo del Proceso de reciclado por Termólisis.

3.1.4 TRITURACIÓN CRIOGENICA.

El lugar de origen de la trituración criogénica es en Valladolid, España, en este tipo de sistema se utilizan las llantas usadas enteras.

El procedimiento es congelar con nitrógeno líquido a las llantas, y enviarlas a un molino para ser trituradas para liberar la estructura metálica o textil del caucho, recogándose este último en forma de polvo libre de impurezas y el nitrógeno en forma de gas.

Se aplica una pequeña parte del caucho regenerado (dependiendo la finura del polvo de goma) para la fabricación de cubiertas de menores requerimiento técnicos, como para maquinaria agrícola, carretillas, etc. también en el ámbito de la construcción y obras públicas, pistas de atletismo, asfaltado de carreteras y otras vías públicas.

Dentro de este tipo de instalación existen algunas desventajas, como la baja calidad de los productos, así obtenidos, que salen como mezcla de los diferentes materiales que conforman a la llanta antes de ser procesada. Requiere de instalaciones complejas y de un alto costo, tienen una gran dificultad de mantenimiento a la maquinaria y de su proceso, se tiene una gran dificultad material y económica para purificar y separar el caucho del metal y de los materiales textiles que también están presentes.

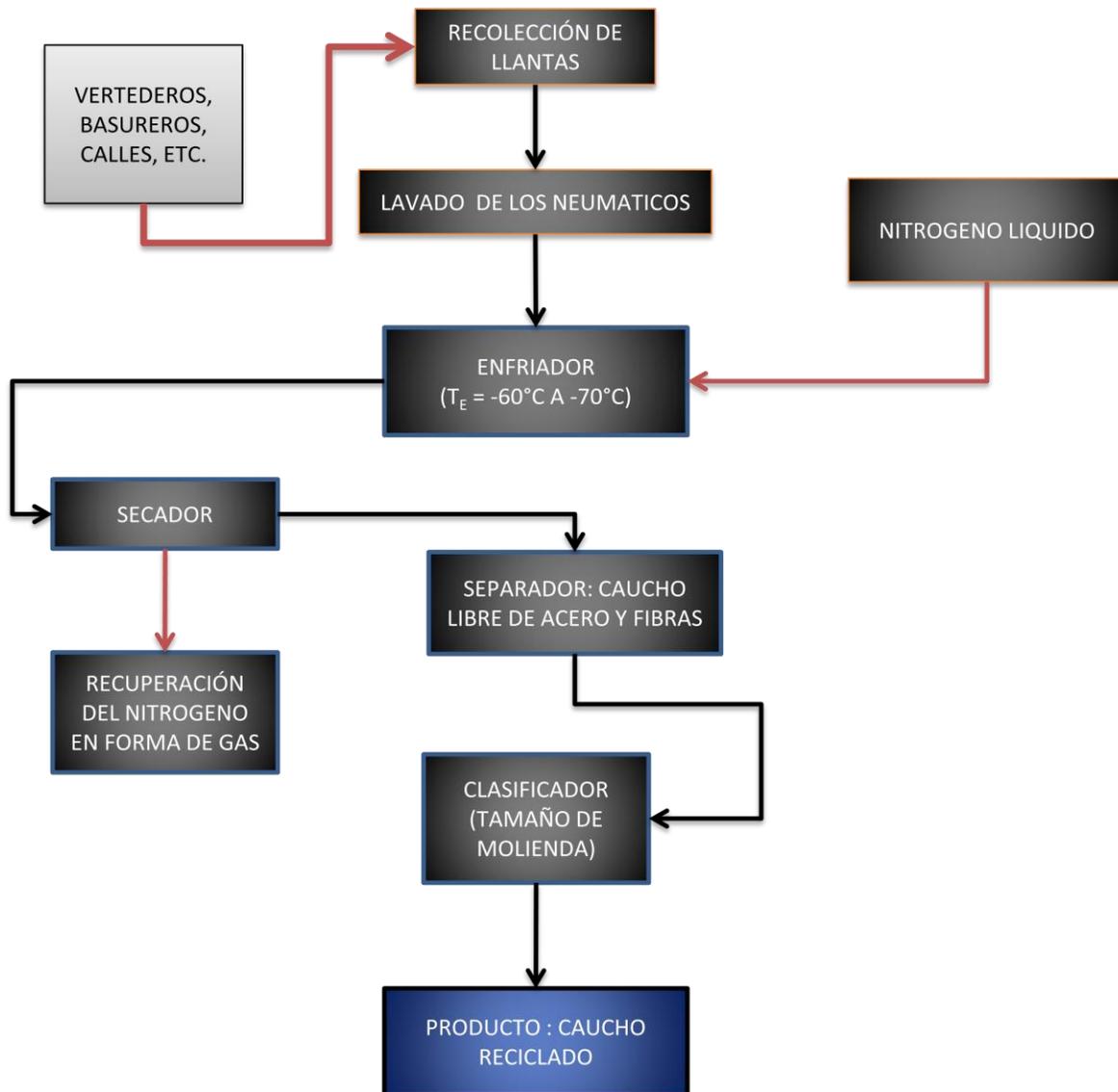


Ilustración 39 Diagrama del proceso de Trituración Criogénica.

3.1.5 TRITURACIÓN O MOLIENDA MECÁNICA.

Consiste en romper la llanta mecánicamente, en partículas pequeñas. El acero es retirado por medio de un separador magnético (cribas vibratorias y separadores convencionales como la centrifuga, etc.).

Los componentes de fibra o textil son separados por clasificadores neumáticos, u otro equipo de separación; estos sistemas tienen un alto desempeño y pueden producir caucho a un costo relativamente bajo; este sistema es fácil mantenerlo y

exige poca mano de obra para operar y repara el sistema. En el caso de las partes del equipo son generalmente fáciles de obtener e instalar.

La maquinaria que se utiliza en este proceso es la siguiente:

- Destalonadora: Elimina el aro de refuerzo de las llantas para su trituración principalmente su funcionamiento es neumático utilizando un gancho para esta acción.
- Cintas o bandas transportadoras.
- Trituradora o Cortadora lineal.
- Molinos primario y secundario.
- Separador magnético.
- Elevador helicoidal.
- Soplador.
- Clasificador o ciclón, o separador.
- Descargador de caucho.

Las ventajas que ofrece son productos de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas; lo que facilita la utilización de este tipo de materiales en nuevos procesos y aplicaciones. Este método puede ser una etapa previa a la mayoría de las demás soluciones para el aprovechamiento rentable y eficaz de estos residuos y sobre todo favorece a la ausencia de compuestos contaminantes en el medio ambiente.

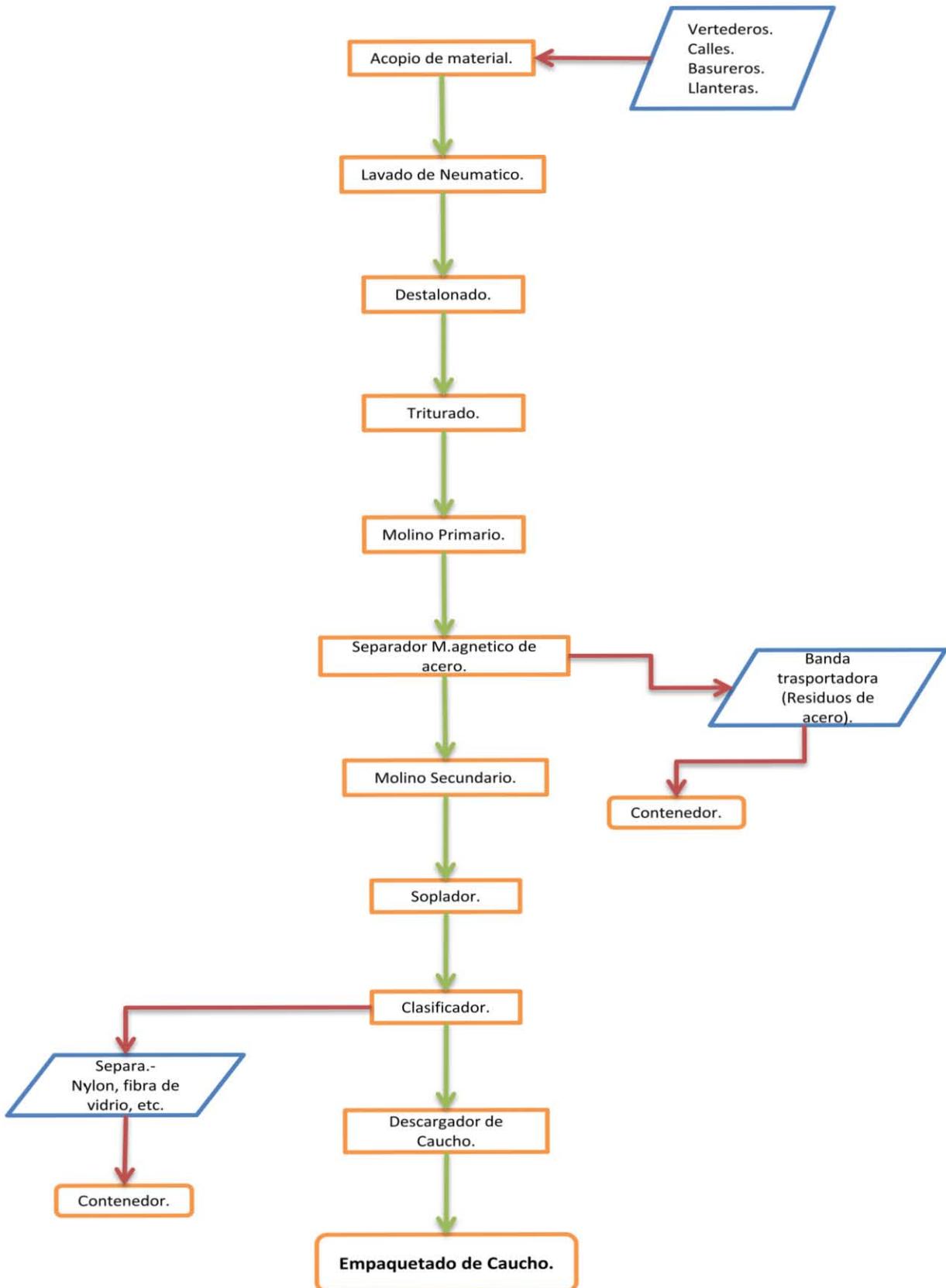


Ilustración 40 Diagrama de flujo del Proceso de Trituración Mecánica.

El proceso para la trituración, consiste inicialmente en la clasificación de los desperdicios, después se desmenuza en molinos de trituración y se clasifican por su tamaño mediante una operación de tamizado.

Una de las alternativas para variar la capacidad de la trituradora y como consecuencia, el tamaño del producto resultante consiste en el cambio de la configuración de la cuchilla. Generalmente el material triturado tiene un ancho igual al de la cuchilla. Sin embargo la longitud del producto no puede ser definida de la misma forma, siendo inferiormente menor a la longitud de la cuerda entre los dientes consecutivos en la misma cuchilla y cuanto mayor sean el número de diente, los productos obtenidos tendrían menor dimensión.

No obstante, es necesario tener en cuenta la potencia del corte que limita el número final de elementos. La elección entre menor espesor de la cuchilla y el mayor número de dientes tiende a inclinarse a favor del primero, debido al menor trabajo requerido sobre la superficie de la cuchilla. Dado que si se desea tener una sola línea de trituración es factible agregar dos molinos los cuales reducirán el tiempo del proceso, así mismo se obtendrá un tamaño de molienda más homogéneo.

3.1.5.1 PRODUCCIÓN.

El sistema de trituración mecánica está preparado para obtener varios tipos de producto terminado basado en la demanda del mercado y cada uno de los numerosos campos en los cuales puede ser usado tanto en forma de grano como de polvo.



Ilustración 41 Hule molido por el proceso de Trituración o Molienda Mecánica. Fuente: www.foroswebgratis.com, 2010.

El rango va desde un polvo de 0.07 mm hasta granos de 16 mm. Simplemente cambiar las redes del tamizado vibratorio.

Los productos más utilizados son:

- Polvo de hasta 0.7 mm (tamaño máximo).
- Grano de 2 mm (material entre 0.8 y 2 mm).
- Grano de 3.5 mm (material entre 2 y 3.5 mm).
- Grano de 5 mm (material entre 3.5 y 5 mm).
- Grano de 10 mm.
- Grano de 16 mm.



Ilustración 42 Tipos de granos producidos. Fuente: www.foroswebgratis.com, 2010.

Los productos son empacados dependiendo del tamaño del polvo, en bolsas de papel de 25 Kg. cada una y los granos en una bolsas con 800 Kg. aproximadamente. También se produce hule triturado que va de 16 mm hasta 80 mm dependiendo el uso y las necesidades del consumidor.

3.1.6 REGENERACION DEL CAUCHO.

Este método se realiza con cubiertas de estructura textil, en Italia se recupera con gran calidad la goma de cubiertas de estructura de alma de acero de las llantas.

La regeneración se puede realizar por medio de dos fases:

1. La llanta se tritura o se muele con un cilindro estriado o con otro sistema que realice una reducción de 1 a 2 mm. Se mezcla con aceites minerales, des-vulcanizadores, etc. posteriormente se introduce a una autoclave para des-vulcanizarla, y como producto final se obtiene el caucho reciclado, que tiene como características ser un material blando y pegajoso equivalente al caucho virgen.
2. En el proceso de regeneración del caucho, el reciclado se mezcla con una porción de caucho virgen (5 al 10%), azufre y otros productos en calderas de vapor de agua. Aquí es donde se produce la vulcanización, en esta fase de la regeneración el material que se obtiene es en forma de placas que se transforman en diferentes productos como pueden ser tapetes, suelas, accesorios para automóviles, etc.

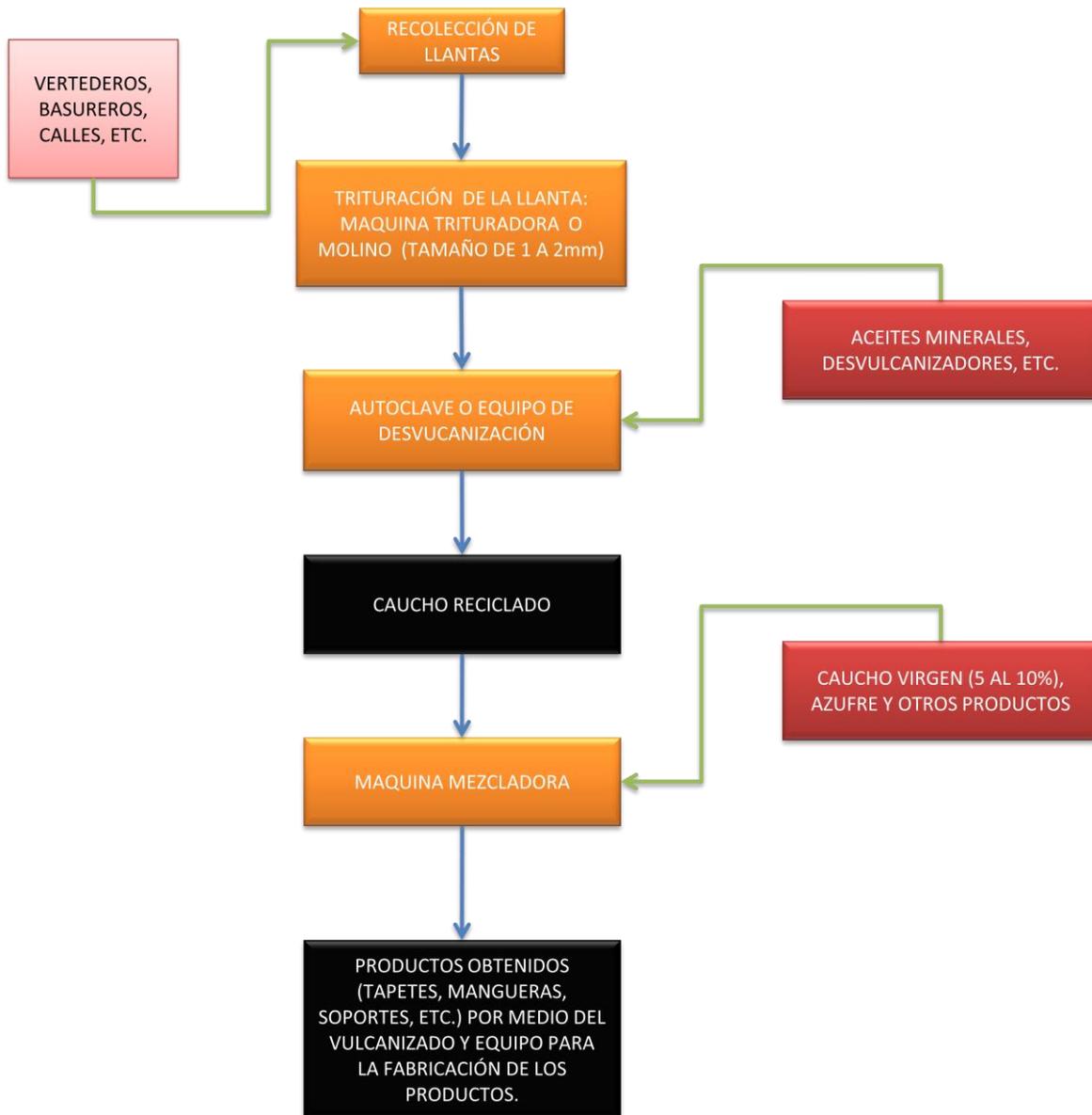


Ilustración 43 Diagrama de flujo del Proceso de Regeneración.

3.1.7 RENOVADO O RECAUCHUTADO.

La renovación es el proceso por el cual una llanta cuya cubierta esta desgastada, es vitalizada mediante la colocación de una nueva banda de rodaje con el diseño igual o diferente al original.

El proceso de renovado comprende, en términos generales, los siguientes pasos; inspección, raspado, cementado, la aplicación de la nueva capa de hule de dimensiones específicas y la vulcanización del mismo; a condiciones controladas

de presión, temperatura y tiempo. En una matriz que posee el dibujo de la línea de rodadura de la llanta. A continuación se describen con más detalle los pasos de este proceso.

- 1. La inspección inicial**, es un examen físico minucioso de las condiciones en las que se encuentra cada una de las partes de la llanta que se va a renovar, consideradas como críticas y en general de toda ella. Esta fase del proceso es de suma importancia ya que de esta forma se asegura el logro de un casco en perfectas condiciones, evitándose fallas futuras en servicios.

La inspección externa consiste en; el casco seco y limpio se coloca en el desplegador y bajo una luz adecuada que permita el examen de la cubierta y costados. La cubierta se examina cuanto al desgaste excesivo, cuerdas expuestas, materiales extraños (clavos, vidrios, etc.), cortaduras profundas o agrietamiento excesivo.

En el área de los costados se determinara la presencia de grietas por la intemperie con profundidad excesiva o agrietamientos radiales.

El arrea de la cejase examina para determinar los daños en las cuerdas, deterioro de la ceja misma o ceja expuesta. Al juicio del inspector, si los defectos mencionados son excesivos no debe permitirse el renovado o recauchutado.

En la inspección interna, se coloca el casco en el desplegador, pero de tal manera, que permita separar las cejas lo suficiente para asegurar la inspección adecuada.



Ilustración 44 Inspección fase en la que se determina si la llanta esta apta para el renovado.
Fuente Empresa Grupo Guerrero González S.A,

Aquí se determina la existencia y gravedad de lo siguiente: Roturas por flexión, en cruz y por impactos; daños en el armazón que requieran una reparación seccional o de refuerzo; en el caso de las llantas sin cámara, forro interno poroso o con unió defectuosa; separación de capas; ceja dañada, en las cuerdas o en los alambres y cuerdas abiertas en el armazón.

- 2. El raspado**, es la eliminación de la superficie desgastada de la cubierta de la llanta a renovar. Los objetivos principales de esta operación son: remover la superficie desgastada y oxidada y el dibujo remanente en el casco; se le da una textura adecuada para una mejor adherencia y desarrollaren el casco el contorno adecuado para proporcionarle un ajuste exacto en la matriz correspondiente.

La máquina de raspado consiste en una maquina giratoria provista en su superficie de una serie de caradas afiladas. Esta superficie se hace coincidir con la con la superficie de la cubierta a raspar, colocando previamente el casco en u rin giratorio y a la presión de inflado especificada, dando así el contorno y la aspereza adecuada a la superficie del casco.

El piso del casco se rebaja cuidadosamente sin desgarrar, ni rajar la superficie, además con la mínima generación de calor y evitando el raspado muy profundo que pudiese exponer las cuerdas y aun cortarlas. Par lograr

esto, la rueda de raspado puede moverse en diferentes direcciones para lograr el corte deseado, además de que puede varearse la profundidad en el corte según se desee. Para el contorno se usan normalmente plantillas según el tamaño de la llanta.



Ilustración 45 Raspado de la llanta evitando el daño a las cuerdas. Fuente: Empresa Grupo Guerrero González S.A, 2011

3. **El cementado** es la aplicación de una sustancia adherente (cemento), sobre la superficie del casco raspado. Su aplicación es fundamental para lograr una adhesión adecuada a la superficie del casco en la adaptación del nuevo piso en banda y así evitar las fallas de separación del renovado en servicio.
4. **La construcción o armado** con hule del piso de banda, consiste en el casco cementado se coloca en la rueda giratoria de la máquina de construcción y el rollo de hule piso frente a ella. Se desenrolla una cantidad conveniente quitándole simultáneamente la película protectora y se corta el extremo inicial al ángulo deseado para la unión. El piso se aplica colocando la superficie sobre el casco y centrándolo perfectamente. Una vez cubierta toda la llanta se traslapa el extremo final sobre el inicial alrededor de $\frac{1}{4}$ de

pulgada y se corta enseguida ese extremo final a un ángulo tal que las superficies coincidan estrechamente, ligándose perfectamente y presionando la unión con una carretilla. Para el asentado final para el nuevo piso se procede a carretillar del centro hacia las orillas para expulsar el aire atrapado.



Ilustración 46 Aplicación de capas de caucho para la renovación. Fuente Empresa Grupo Guerrero González S.A, 2011.

Otro caso es la construcción con extrusor en donde existen dos tipos disponibles. El primero constituye una tira (Orbitread) relativamente delgada y angosta que envuelve mecánicamente al casco siguiendo un patrón y que controla electrónicamente el espesor y el contorno del renovado a aplicar. El segundo tipo destruye una banda de material con un ancho y espesor especificado, similar en apariencia al hule piso de banda; el tamaño se obtiene por medio de un lado con la forma adecuada.

5. Finalmente, el equipo para efectuar **la vulcanización** del renovado está formado por la matriz, la bolsa de vulcanización y el rin. Este equipo esta codificado en forma cruzada de tal manera que a cada medida de la llanta le corresponde una matriz, un rin y una bolsa específica (cámara de aire). Todo esto es el fin de ajustar la llanta a la matriz en forma precisa lográndose así una correcta vulcanización.



Ilustración 47 Equipo de vulcanización. Fuente Empresa Grupo Guerrero González S.A, 2011.

Dentro de la vulcanización existe una serie de factores estrechamente ligados entre sí que la determinan: temperatura, presión y tiempo.

- Temperatura: el suministro de calor puede provenir mediante vapor para lo que será necesario el uso de calderas generadoras. La rapidez de transferencia de calor entre la fuente de vapor y el hule piso a vulcanizar, variara particularmente entre diferentes fabricantes y tipos de equipos. El equipo puede calentarse eléctricamente manteniendo la temperatura deseada en la matriz

mediante el uso de termostatos.

Es práctica común que todas las matrices se mantengan a una temperatura de 148 ° C (300°F) en la superficie del piso durante el ciclo de vulcanizado, por lo que es necesario que el suministro de calor se efectuó a una temperatura entre 141 y 152 °C (295 y 305°F).

- Presión: Para que el hule se vulcanice hasta el estado sólido necesario y además se una al casco, se requiere que la totalidad del material, el piso y el área del piso, se encuentren completamente confinados y sujetos bajo presión durante todo el ciclo de vulcanización. Esta presión se ejerce por medio de la bolsa de vulcanización, en la parte interior de la llanta y por la matriz, en la externa, la presión se genera por medio de un compresor de aire.

- Tiempo: El tiempo requerido en el renovado depende de:
 - ✓ Sistema de vulcanización del compuesto renovado, tamaño y espesor del casco.
 - ✓ Temperatura de la fuente de calor y temperatura en la superficie de la matriz.
 - ✓ Eficiencia en la transferencia de calor de la matriz.
 - ✓ Diseño de piso o dibujo de la matriz.
 - ✓ Espesor del hule piso o banda de rodadura.
 - ✓ Distribución de la banda de rodadura en el casco.

Ha sido costumbre en las renovadoras o recauchutadoras el establecer el tiempo de vulcanización en base de minutos por 1/32 pulg (0.8 mm) de espesor de la banda de rodadura. Este criterio se ha mantenido en muchas renovadoras como regla empírica conveniente. La determinación exacta de dicho tiempo requiere de un estudio de flujo de calor y su desarrollo en diferentes puntos de la llanta mediante termopares.



Ilustración 48 Producto final listo para su venta. Fuente Empresa Grupo Guerrero González S.A, 2011.

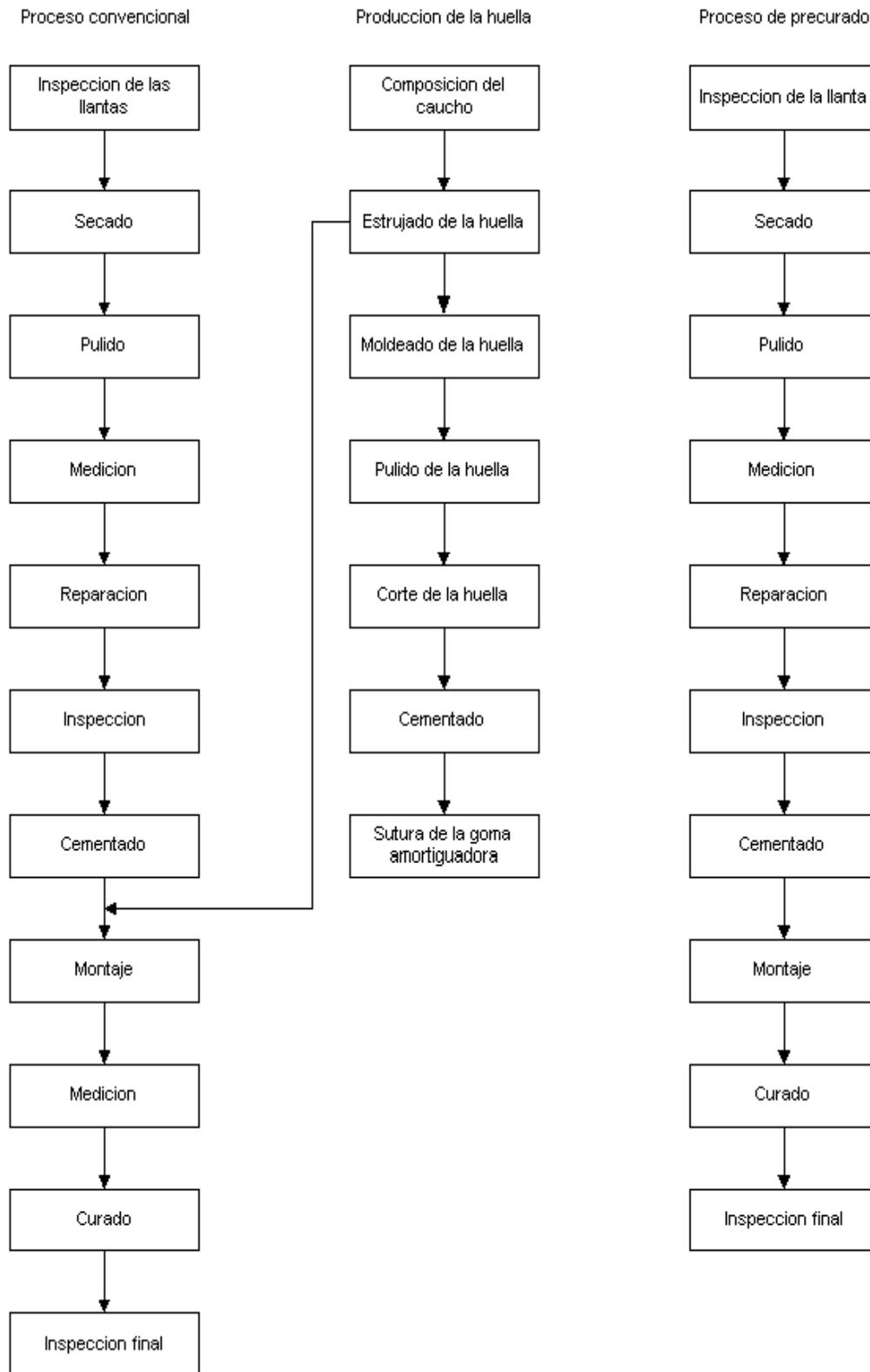


Ilustración 49 Diagrama del proceso de Recauchutado. Fuente: <http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp/recauchutado-de-llanta-o-neumaticos>, 2010

3.2 MANEJO DE DESECHOS.

Los materiales que se obtienen tras el tratamiento de los residuos de las llantas, una vez separados los restos aprovechables en la industria, pueden tener varios usos.

Una aplicación realmente interesante para caucho granulado es la aplicación como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras.



Ilustración 50 Asfalto modificado con caucho reciclado- Fuente: www.ichasfalto.cl 2010

El caucho procedente de las llantas usadas puede utilizarse como parte del material ligante o capa selladora del asfalto (caucho asfáltico) o como árido (hormigón de asfalto modificado con caucho). Dependiendo del sistema adoptado se pueden emplear entre 1000 y 7000 llantas por kilómetro de carretera de dos carriles, cifras tan elevadas colocan a la reutilización en pavimento asfáltico como una de las grandes soluciones para emplear las llantas fuera de uso.

Entre otros usos podemos mencionar:

- Drenaje en campos de deporte y pistas deportivas.
- Planchas para revestimientos y baldosas.
- Productos moldeados y bandejas.
- Guardabarros de vehículos.
- Aislantes para cables.
- Cintas transportadoras y componentes reparadores.
- Juntas de expansión.
- Tuberías porosas de irrigación.
- Superficies no deslizantes, y cubiertas de barcos.
- Cintas de carga y descarga.
- Revestimientos para suelos de hospitales y pisos industriales.
- Llantas solidas como en el caso de los montacargas.

También existen avances en el desarrollo de productos plásticos a partir de triturado de caucho, con adición de ligantes de tipo termoplástico o de ligantes tipo poliuretano pueden fabricarse diferentes materiales y objetos como suelas de zapatos, carcasas, láminas aislantes, respaldos, cascos de motorista, etc.



Ilustración 51 Casco manufacturado a base de ligantes tipo termoplástico y caucho regenerado. Fuente: www.motosadiscos.com, 2009

Con ligantes adecuados y con procesos de curado, se fabrican productos moldeados por compresión. Se fabrican productos de gran volumen y de bajas prestaciones. Se pueden colorear, aunque las propiedades de tracción y abrasión son inferiores a los de los productos naturales, pero económicamente es ventajoso.

Puede usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma. Se han usado para materiales de fabricación de tejados, pasos a nivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración.

Otros usos son los deportivos, en campos de juego (césped artificial), suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún.



Ilustración 52 Diferentes productos a base de caucho reciclado, las aplicaciones son muy variadas. Fuente www.desgauces.net , www.seton.es , www.rubbermayingmats.com y www.texturadedcoracion.com, 2011

Otra posible utilización de estos materiales es en componentes para aislamiento acústico. El interés en la utilización de un material como el caucho procedente de las llantas de desecho para material absorbente acústico se centra en que requiere, en principio, sólo tratamientos mecánicos de mecanizado y molienda. Estos tratamientos conducen a un producto de granulometría y dosificación acorde con las características de absorción acústica de gran efectividad.

La goma granulada es la goma triturada en pequeñas partículas (menos de 3/8 de pulg (9.5 mm)) libre de acero y las fibras que se obtiene de la llanta. Esta goma granulada puede ser utilizada para hacer nuevos productos tales como correas y mangueras para automóviles, cañerías de irrigación, barreras de sonido para autopistas y varios productos moldeados. Dependiendo de la aplicación, la goma de las llantas de desecho puede también ser usada como un aditivo en goma virgen, plásticos etc. cuando la resistencia estructural no sea necesaria.

Pistas de carrera, caminos para footing y plazas de juegos infantiles pueden ser mejoradas con una capa de miga de caucho. Los espesores varían entre $\frac{1}{8}$ y $\frac{1}{4}$

de pulg (3.1 a 6.3 mm) para el primer caso y de entre ¼ a ½ pulg (6.3 a 12.7 mm) para el segundo y tercer caso respectivamente. El pequeño tamaño del mercado hace improbable su uso masivo en el corto plazo.

Otros productos que han sido fabricados son colchonetas y pisos antifatiga. Las colchonetas de miga de caucho pueden tener varios usos y aplicaciones especiales, tales como pisos antideslizantes. Los pisos antifatiga son utilizados por trabajadores que se mantienen de pie durante muchas horas.

3.2.1 USO EN ASFALTOS MODIFICADOS.

Uno de los mayores usos que actualmente se les está dando a las llantas usadas trituradas provenientes de procesos mecánicos o criogénicos es su adición al pavimento asfáltico tradicional. La incorporación del grano de caucho reciclado (GCR) en las mezclas asfálticas ha sido de buena aceptabilidad desde hace algunas décadas en muchos países por los buenos resultados en el desempeño de los pavimentos asfálticos y otras obras civiles.

Existen tres maneras básicas de emplear las llantas trituradas libres de acero y textiles en asfaltos modificados.

3.2.1.1 ASFALTO MODIFICADO CONVENCIONAL.

La fabricación de este tipo de asfalto consiste en mezclar el caucho con el tamaño de partícula apropiado junto con los demás agregados antes de adicionar el asfalto, y se conoce tradicionalmente como asfalto modificado por vía seca; en este proceso se puede incluir entre un 2 a 15% de caucho con respecto a los agregados.

Proceso para la obtención de pavimento modificado convencional



Ilustración 53 Muestra del diagrama de flujo.
Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, Sep. /2006.

Las principales ventajas de este proceso son:

1. No requiere de maquinaria especializada ya que el caucho se mezcla de manera simple con los demás agregados.
2. Se aumenta la impermeabilidad del asfalto final.
3. Mejora las características geológicas del asfalto a diferentes temperaturas.

La principal desventaja de esta mezcla radica en la tendencia que tienen los agregados a separarse del asfalto durante el almacenamiento; en el asfalto tradicional la separación es de un 2 a 4%, pero con la adición de caucho esta

puede llegar hasta un 25%, lo cual repercute en la calidad y homogeneidad del producto y reduce su tiempo de vida en almacenamiento.

3.2.1.2 ASFALTO QUÍMICAMENTE MODIFICADO.

El asfalto químicamente modificado consiste en mezclar el caucho directamente con el pavimento (ligante), con lo cual se consigue una mayor homogeneidad.

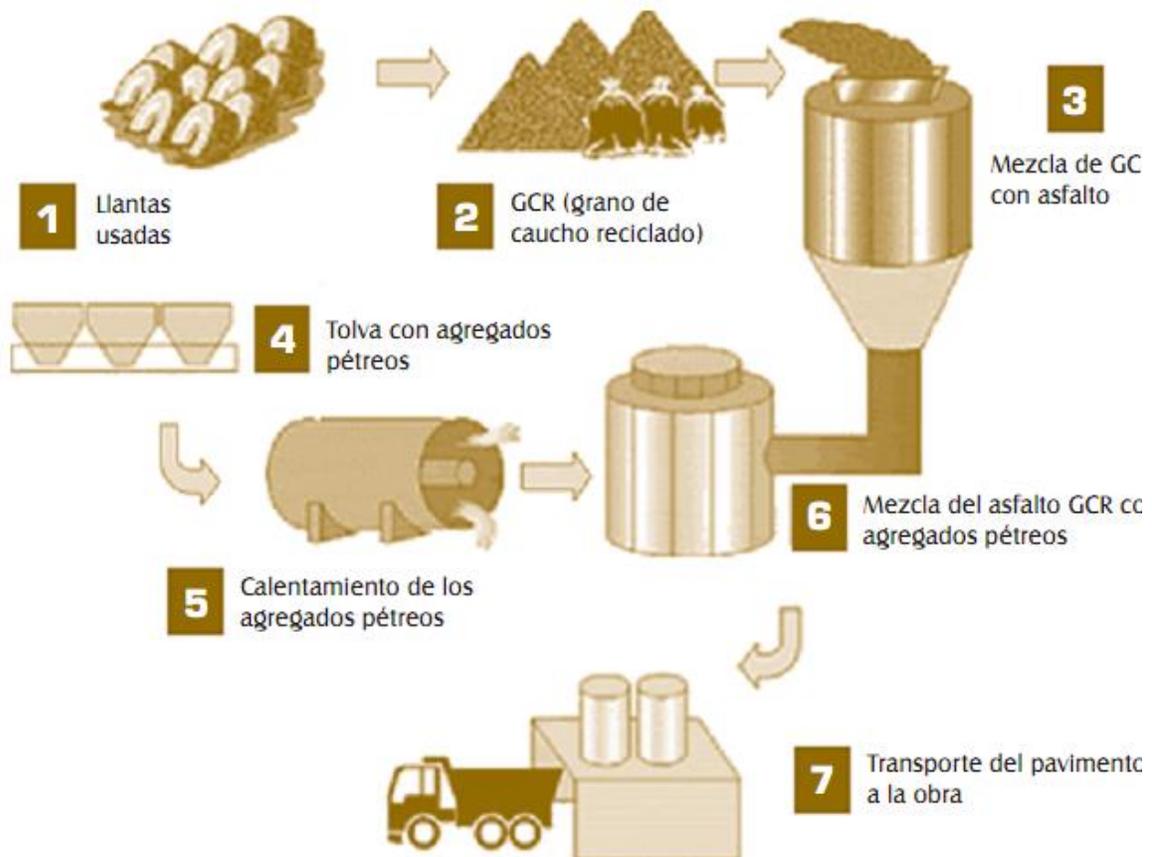


Ilustración 54 Muestra del proceso de obtención de este producto.
Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, Sep. /2006

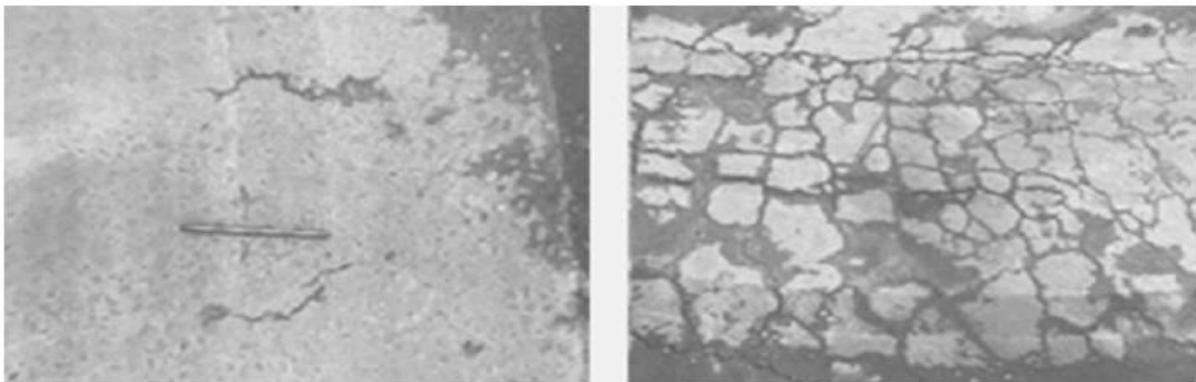
Las mejoras en las propiedades mecánicas y el incremento de la vida útil del mismo (Entre 58 y 230%), hace que la relación costo-beneficio sea mayor comparada con la de un pavimento con una mezcla asfáltica convencional. Adicionalmente se reducen los problemas de separación de agregados, la cual llega a valores entre el 2 y 4%.

La utilización del GCR, además de ayudar a solucionar la problemática ambiental generada por las llantas usadas, proporciona en sus compuestos caucho natural y cauchos sintéticos que le brindan al pavimento elasticidad y mayor resistencia a la fatiga.

Por otro lado, el negro de humo que estas contienen actúa como antioxidante en el ligante, atenuando su envejecimiento y por ende prolongando la capacidad cohesiva del mismo en el tiempo.

Se ha demostrado en estudios del departamento nacional de vías de Estados Unidos que adicional al aumento de vida útil, se produce una disminución en los niveles de ruido generados por la fricción al agregar caucho de llanta triturada a las mezclas asfálticas, sea de manera convencional o modificado químicamente.

Efecto de la adición de caucho al pavimento



Capa asfáltica con mezcla de caucho reciclado

Capa asfáltica sin mezcla de caucho reciclado

Ilustración 55 Muestra el comportamiento de las capas asfálticas con y sin caucho después de someterla a un uso intensivo mediante un carrusel de fatiga. Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas, Sep. /2006

3.2.1.3 USO COMO RELLENO EN LA CAPA ASFALTICA.

El uso de las llantas trituradas como relleno en la capa asfáltica junto con el “recebo”, es una aplicación ampliamente extendida ya que mejora las propiedades de flexibilidad de la capa al impedir agrietamiento prematuro por sobrepeso en las

vías; de la misma manera, actúa como capa impermeable que impide la afectación de la humedad a la base por acción del agua.

Como ventaja tiene, que los trozos de caucho pueden emplearse con las capas de acero y el relleno textil, por lo cual se requiere un mínimo procesamiento de la llanta usada. Suelen emplearse trozos de 5-8 cm (1.97-3.15 pulgadas) en capas de 8-30 cm (3.15-11.8 pulgadas) cubiertas por grava en capas de 30- 50 cm (11.8-19.7 pulgadas)

Uso como insonorizante en autopistas.

Otra aplicación importante y que se utiliza en los Estados Unidos de Norteamérica es el uso de llantas como sistemas insonorizantes en carreteras o autopistas que limitan con viviendas o complejos residenciales. Se ha demostrado que las llantas proveen un excelente aislamiento contra ruidos generados en carretera, y para su uso, se trituran y se empacan en láminas ya sea de polímeros reciclados o nuevos o láminas metálicas para instalar las barreras según la geometría y distribución requeridas.

Como ventaja principal, además de reducir las molestias a los residentes aledaños a las autopistas, está el que no se requiere un procesamiento mínimo ya que pueden emplearse llantas trituradas sin retirar el acero o la capa textil, lo cual supone una economía al momento de poner en práctica la opción.

3.2.2 FABRICACIÓN DE LLANTAS.

El caucho bruto se amasa en molinos de masticación, que consiste en dos rodillos girando a diferentes velocidades (ver capítulo 1). El caucho se ablanda, probablemente a causa de la rotura de sus largas moléculas en otras más cortas.

Después de ser amasado se agregan:

1. Negro de carbón.
2. Óxido de zinc.
3. Azufre.
4. Caucho regenerado y ablandadores.
5. Caucho Natural y Caucho sintético.

Cada uno de estos ingredientes cumple una finalidad determinada. El negro de carbón, sirve para aumentar la resistencia a la abrasión. El óxido de zinc es un acelerador de vulcanización, y el caucho regenerado se utiliza para disminuir el costo de la llanta acabada. Los productos químicos que actúan como aceleradores se incorporan para acortar el tiempo de vulcanización y para proteger el caucho acabado del envejecimiento por la acción de la luz y del aire.



Ilustración 56 Llanta manufacturada con un % de caucho virgen y caucho regenerado. Fuente: www.goodyear.com, 2011

Los ablandadores o plastificantes son aceites minerales o plastificantes, son aceites minerales o vegetales, ceras y alquitranes. De las máquinas de masticación el caucho pasa a través de calandrias, que consisten en tres rodillos huecos colocados uno encima del otro. Quedando obligado el caucho a laminarse en hojas finas, y entre los rodillos se introducen también tejidos de algodón, con el objeto de que el producto sea una lámina fina adherida al tejido.

El tejido cauchado se corta en tiras. De esta manera las cuerdas estarán formando un ángulo y tendrán mayor resistencia. Se da forma a las tiras sobre un núcleo de hierro para obtener el armazón de la llanta. Alrededor del armazón se da forma a la superficie de rodadura, que es una tira de caucho masticado y compuesto finalmente se aplica al borde (ver capítulo 1).

El borde es una tira de caucho muy duro que lleva hilos de alambre y forma el borde del neumático que ha de estar en contacto con la pestaña de la rueda. El neumático montado se coloca en un molde en el que se ha tallado el patrón de la rodadura (ver capítulo 1). El calor se ha suministrado por vapor y la presión hace que el azufre vulcanice el caucho, la llanta se inspecciona y se envuelve para su venta.

3.2.3 MANUFACTURA DE CAMARAS.



Ilustración 57 Cámara manufacturada a base de caucho reciclado.

Fuente: www.elgrantalpalero.com, 2010

La fabricación de cámaras o tubos internos, es algo parecido. El caucho se mastica, agregando los ingredientes de la fórmula, pero en vez de laminarse en tiras, se le obliga a pasar a través de una máquina de extrusión. Esta es una máquina parecida a la de hacer salchichas, y consiste en un rodillo que gira en el hueco de un cilindro, obligando al caucho a pasar por un troquel produciendo un tubo de caucho, este tubo se corta en la longitud apropiada, se empalman los extremos formando un anillo, se infla, y se vulcaniza con vapor de caldera.

Aunque la fabricación y producción de llantas y cámaras de automóviles son realmente representativas de la manufactura del caucho, cada artículo fabricado de caucho requiere fórmulas de composición especial así como de ingredientes y

manipulaciones bastante peculiares. La formulación de las mezclas de caucho es comprimida y varía considerablemente de acuerdo a cada producto a fabricar.

3.2.4 FABRICACIÓN DE TEJIDOS IMPERMEABILIZANTES.

Para la fabricación de tejidos se emplean dos procedimientos:

1. El más económico consiste en adoptar una película de la materia impermeabilizante al tejido que se quiera impermeabilizar, extendida uniformemente con ayuda de una calandra o laminadora.
2. El segundo procedimiento es más lento, complicado, y costoso, este consiste en la evaporación del disolvente de una capa fina aplicada en forma de barniz sobre la tela por medio de máquinas de engomar llamadas SPREADING.

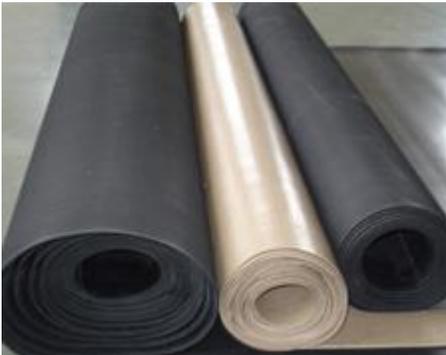


Ilustración 58 Tejido Impermeabilizante utilizado principalmente como recubrimiento de techos. Fuente: www.rubber-steel-industrial-products.com 2011

El primer procedimiento tiene numerosas aplicaciones en tejidos destinados a los artículos de precio reducido, mientras que las telas impermeables de alta calidad y resistencia son usadas para aviación, aeronáutica, llantas, impermeables finos, se elaboran por el segundo método.

CAPÍTULO IV

M
E
R
C
A
D
O

Y

C
O
M
P
E
T
E
N
C
I
A

4.1 INTRODUCCIÓN.

El estudio de mercado nos ayudara a identificar y conocer los potenciales clientes. De manera que al saber cuál es la demanda del mercado y sus preferencias, así como su ubicación, su nivel en el mercado, entre otros aspectos, se podrá ofrecer el producto que ellos demanden a un precio adecuado.

La investigación de mercado nos ayuda a recopilar información, para poder interpretarla y hacer uso de ella posteriormente.

Para que uno pueda superar la competencia, es necesario conocer a los competidores y qué están haciendo. Para esto es necesario identificar el área geográfica que ocupan y la principal ventaja que les ha permitido ganar una posición en el mercado. Con esta información podrán determinarse con mayor facilidad las estrategias que se deben de seguir para que nuestra empresa ingrese al mercado y se desarrolle.

Para poder analizar la competencia debemos formularnos las siguientes preguntas:

- *¿Qué tantos competidores existen y quiénes son?*
- *¿Cuál es tamaño de la empresa competidora y su fortaleza financiera?*
- *¿Cuál es el importe de las ventas de los competidores?*
- *¿Cuál es la calidad de su producto, mercancía o servicios ofrecidos actuales y potenciales?*

4.2 MERCADO DE RECICLADO DE LLANTAS.

Tal vez muchos de nosotros no imaginamos la magnitud y la seriedad del impacto al ambiente por la falta de control en el desecho de las llantas, mientras países europeos como Francia, Alemania. Austria, reciclan hasta el 60% de sus llantas, en México prácticamente no existe tal reciclado debido a la escasa conciencia ambiental. Casi todas las empresas que se dedican al reciclado de este residuo

son de capital extranjero. Estas obtienen materia prima para sus productos dejándoles buenas ganancias.

¿Por qué no crear no una empresa puramente mexicana, sino varias que aprovechen los recursos existentes en nuestro país, para generar empleos y manufactura de productos netamente mexicanos, alcanzando una posición en el mercado internacional?

Hoy en día existen empresas que se dedican a la venta de maquinaria especializada para este fin, como bien ya se han visto los diferentes sistemas existentes del aprovechamiento de las llantas, algunos tienen desventajas, costos elevados, entre otras características las cuales se hará énfasis en el capítulo posterior. En este capítulo se hará referencia a empresas que se dedican al reciclado de llantas como proveedores de esta materia prima o fabricantes de productos en base a este material reciclado, o ambos casos con el objetivo de conocer cuál es el nivel de demanda de este producto.

Un artículo consultado en la página de “CNN EXPANSION” donde el título hace referencia al rezago de México en el manejo de este residuo, hace notar que en el país se desechan 40 millones de llantas usadas al año según fuentes de la Empresa de Recubrimientos Ecológicos y Reciclados. En esta empresa netamente mexicana, se menciona según sus estudios que solo el 12% de este residuo se recicla, esto indica alrededor de 5 millones de llantas recicladas, esta empresa fabrica impermeabilizante a base del hule molido, esta empresa cuenta con las patentes y las marcas registradas ***a3p Recycling Used Tire's & Rubber Products®***, ***Sin Llantas®***, ***a3p Imperllanta®***, ***a3p®***, ***Utilcel®*** y ***Mi México Tecnológico®***.

Esta empresa cuenta con una planta en el D.F. donde semestralmente se reciclan 500 mil unidades. Indican que con una llanta reciclada se obtiene una cubeta de este producto. Cabe mencionar que esta empresa exporta su producto a

Centroamérica y Sudamérica, además de contar con una planta en Estados Unidos que recicla unas 100 mil unidades.

Estas cantidades de unidades recicladas son bastante pequeñas en proporción a los índices de unidades desechadas. Esto nos da entender que no se aprovecha eficiente este desecho, por tanto hay grandes posibilidades de mercado y desarrollo a largo plazo, que impacten en la reducción de este foco de contaminación el cual se debe tomar acción inmediatamente.

En este mercado se ofrecen varias oportunidades las cuales creemos que son potenciales en base a lo investigado en este trabajo, las cuales enlistaremos:

1. En términos de competencia se sabe con lo investigado hay varias empresas pero es insuficiente para erradicar o por al menos tener un control de las llantas de desecho, así mismo el mercado de los productos derivados de este material reciclado está ganando un gran terreno abriendo grandes posibilidades de desarrollo.
2. Hay subsidios del Gobierno para implementar estos proyectos y generen empleos directos como indirectos, así mismo hay programas de asesorías para el desarrollo de nuestra empresa. Principalmente se manejan los fondos PyMES, este fondo es un apoyo para la Micro, Pequeña y Mediana empresa, es un instrumento que busca apoyar a las empresas en particular a las de menor tamaño y a los emprendedores con el propósito de promover el desarrollo económico nacional, esto a través del otorgamiento de apoyos de carácter temporal a programas y proyectos que fomenten la creación, desarrollo, consolidación, viabilidad, productividad, competitividad y sustentabilidad de las micro, pequeñas y mediana empresas. ^[15] Para conocer más sobre este fondo, los procedimientos y otorgamiento de este subsidio se debe entrar en su portal. “www.fondopyme.gob.mx”

^[15] Fuente: www.fondopyme.gob.mx, 2012

3. Hay desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de las llantas usadas los cuales son las siguientes:

a) Reciclado por medio de Microondas.- La propuesta se basa en la obtención de combustibles líquidos y gaseosos de alto poder calorífico mediante la aplicación de microondas. La empresa estadounidense Global Resource Corporation ha patentado un método que permite convertir las llantas usadas en gasóleo utilizando un horno microondas gigantesco. El método es sencillo: las llantas ya trituradas se introducen en un horno microondas especial. Después de un tiempo se obtiene combustible para motores diésel, un ligero gas de uso en hornos y pequeñas cantidades de acero y grafito. Mientras que el acero se depositará como chatarra, el grafito “que da color negro a las llantas” podrá reutilizarse en la producción de llantas, siendo materia prima de alta calidad.

La idea ha sido basada en el funcionamiento de un horno microondas común en el cual solemos calentar comida. Lo diferente es que mientras en un horno microondas casero se emiten ondas de radio de una sola frecuencia, el dispositivo de la GRC utiliza 1200 frecuencias de ondas de radio detalladamente seleccionadas.

Un horno microondas común emite ondas de radio capaces de poner en movimiento las moléculas de agua, lo cual calienta toda la comida. A través de la emisión de las ondas de radio, el dispositivo de la GRC pone en vibración a largas cadenas de hidrocarburos. Las frecuencias han sido seleccionadas de tal forma para que vibren solamente cadenas de una longitud específica. Después de un tiempo los enlaces en la cadena de hidrocarburos se rompen. El compuesto químico se desintegra en partículas más pequeñas que se convierten en gas o en líquido. Otra ventaja ecológica es el balance energético positivo: el combustible utilizado para el proceso de reciclaje aporta mayor cantidad de energía que la que ha sido

utilizada por el horno microondas para su producción. La empresa indica que de cada 9 kg de llantas usadas se pueden obtenerse 4,5 litros de combustible diésel, alrededor de 1,4 m³ de gas y 3,4 kg de grafito. La idea de producir gasóleo de residuos de caucho no es nueva. En la actualidad el método más popular es el proceso de pirólisis (ver cap. 3).

Sin embargo una de las dificultades que representa este avance literalmente ya que este se ha venido desarrollando desde el año 2005, son los equipos requeridos los cuales son muy costosos.

Proceso de Reciclaje

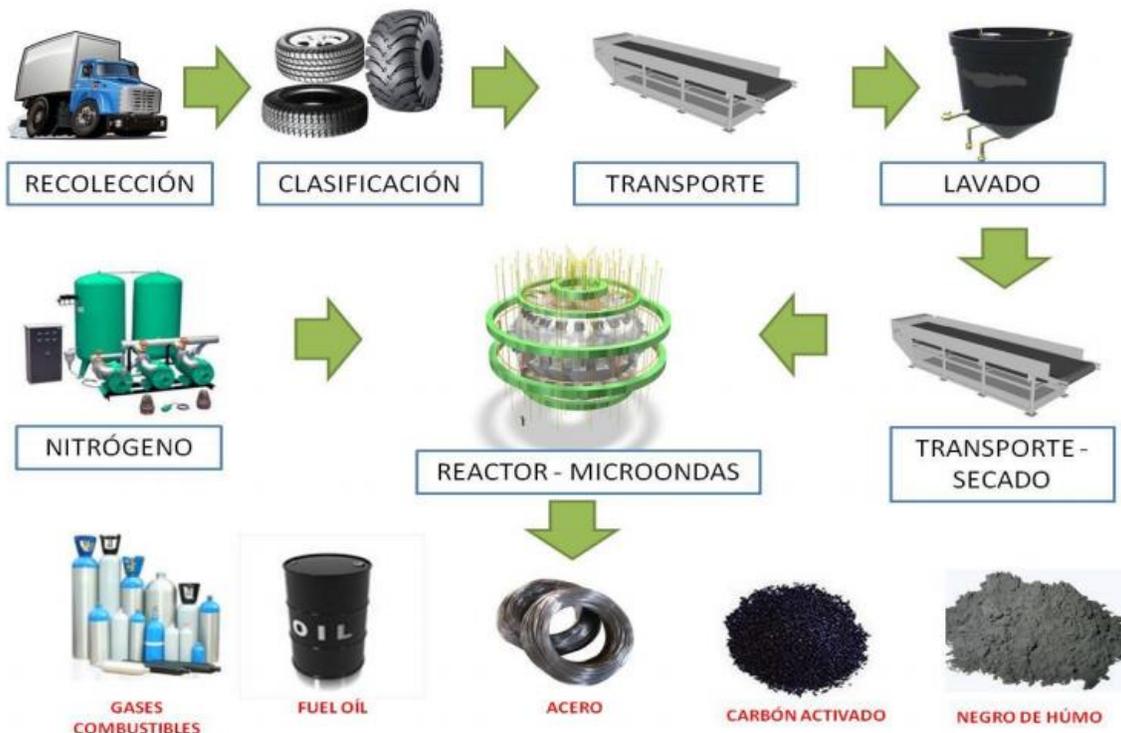


Ilustración 59 Proceso de reciclado por microondas, se están realizando investigaciones para reducir los costos de los equipos, esto con el fin de que sea una alternativa viable. Fuente; GVEP International, gtz, BID, Gobierno de Corea y Colaboración Internacional. 2009

b) **Reciclado por Ultrasonido.**- También conocido como des vulcanizado o regeneración de caucho por ultrasonido. Este proceso continuo permite reciclar el caucho en ausencia de agentes químicos. En ciertas condiciones de presión y temperatura, las ondas ultrasónicas pueden romper el enlace químico entrecruzado del azufre en el caucho produciendo la des vulcanización, con alguna degradación de la cadena principal. La consecuencia más deseable del proceso es que el caucho tratado por ultrasonidos se pueda reprocesar y revulcanizar de manera similar a los elastómeros no vulcanizados.

Este método consiste en presentar rompimiento de enlaces mediante la aplicación de energía en u proceso a 50 kHz en un tiempo de 20 minutos, puede ser muy eficiente y económico en su proceso. ^[16]

Es evidente que la necesidad por encontrar una solución al aprovechamiento de las llantas desechadas, está empezando a dar resultados y llegara el momento en el que se encontrara un método que cumpla con las características de los procesos de reciclado mencionados en este trabajo y su aplicación se hará de forma eficiente para dar fin al problema de las llantas en desuso.

4. Se pueden formar proyectos con empresas y en conjunto se puede ampliar el mercado. Esto que quiere decir, que se pueden formar alianzas, para abarcar mayor terreno en el mercado como una forma de desarrollo a corto y largo plazo, que sería un gran avance en la exportación de este producto.
5. Insumos sumamente económicos, se podría empezar por recolectar las llantas tiradas en calles, terrenos baldíos, ríos, en vulcanizadoras, llanteras, etc. además se podría hablar con los pepenadores en los basureros para

^[16] Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica “Valorización energética y material de neumáticos fuera de uso”. 2011

que recolecten las llantas y de esta forma generar empleos indirectos y se les pague un precio justo por cada llanta.

6. Bien se sabe que hay iniciativas tanto gubernamentales como privadas dirigidas hacia el reciclado de este tipo de desechos, pero aun así es insuficiente la capacidad instalada para manejar todas las llantas de desperdicio que son generadas. En esta situación se debe considerar la posibilidad de entrar a este mercado de oportunidades, también se tiene que reconocer que esta es una profesión sin riesgo, dado que el costo de los insumos son muy bajos por tanto una variación del mercado del caucho natural o SBR no afectaría esto en la cuestión económica, la cuestión ambiental no está muy difundida en el país por ende la posibilidades de desarrollarse en el mercado son muy fructuosas.

4.2.1 PRINCIPALES MERCADOS PARA EL HULE MOLIDO EN MÉXICO.

Existen varias aplicaciones para el hule molido y potenciales consumidores dispuestos a adquirir este material, las aplicaciones para el hule molido normalmente se agrupan en los siguientes segmentos de mercado:

- **Superficies deportivas/recreativas.-** Carpeta artificial para campos deportivos, pasto artificial y como recubrimiento amortiguador en áreas de juegos para protección.



Ilustración 60 Superficie manufacturada a base de caucho reciclado. Fuente: www.saviaproyectos.com, 2009.



Ilustración 61 Asfalto modificado base de caucho reciclado. Fuente: Manual de neumáticos fuera de uso 2007.

- **Asfalto modificado con hule.-** Se agrega hule molido al aglutinante asfáltico para mejorar las características de desempeño de las vialidades incluyendo su duración (Ver cap. 3).

- **Llantas/uso automotriz.-** El hule molido proveniente de llantas de desecho se usa para fabricar llantas nuevas, en los compuestos de hule para rencauchutar llantas usadas y en partes automotrices moldeadas (Ver cap. 3).

- **Productos moldeados y extruidos.-** Diversos productos de los cuales podemos mencionar, tapetes, defensas para auto, mangueras y otros productos (Ver cap. 3)



Ilustración 62 Productos moldeados y extruidos a base de caucho reciclado. Fuente: www.rubberextrusion.com.es, 2010.



Ilustración 63 Se muestran algunos productos que se pueden obtener a base del caucho reciclado.
Fuente: www.terceridumbre.com y www.madeinasia.com, 2010.

- **Combustible alternativo.-** Bien se sabe que el hule molido utilizado como fuente de combustible representa un gran mercado en el cual el impacto es mayor, principalmente utilizado en las cementeras, reduciendo en gran medida el costo de combustible.

- **Impermeabilizante.-** El hule molido se mezcla con una serie de productos químicos para la fabricación de impermeabilizante utilizado en los hogares, edificios, escuelas, etc.



Ilustración 64 Impermeabilizante a base de caucho reciclado, este tipo de productos ha alcanzado terreno en el mercado en los últimos años. Fuente: www.plaforamaconstruye.com, 2011.

- **Otras aplicaciones (principalmente hule en grano grueso y fino).**- El hule molido se usa principalmente como cubierta protectora de color en la arquitectura de paisajes o jardinería ornamental, algunos productos de uso cotidiano fabricados con caucho, tapetes, adoquín, etc. (ver cap. 3)



Ilustración 65 Diferentes productos hechos a base de este producto la variedad de ellos y las aplicaciones son muy variadas. Fuente: www.tuverde.com y www.genbruger.sitiosprodigy.com.mx, 2010.

4.2.1.1 SITUACION ACTUAL DEL MERCADO.

El uso de pasto sintético deportivo en México se ha extendido muy poco, estas instalaciones van desde enormes estadios hasta pequeñas canchas de juegos municipales. La empresa FielTurf Tarkett es una de las primeras empresas que fabrico pasto sintético. Otras empresas ya establecidas en el ramo de los campos sintéticos son General Sports, IC Improvements, Sportex, Sprin Tiurf, entre otras. Muchas de estas empresas cuentan con sitios en internet en los que se identifican sus oficinas regionales, sus representantes, e instaladores autorizados, estas son empresas Norteamericanas que han ganado mercado a nivel internacional, pero así mismo existen empresas mexicanas que van adquiriendo terreno las cuales se presentaran más adelante en un listado de empresas dedicadas al reciclado y fabricación de productos a partir de este material.

En cambio los productos moldeados y extruidos, es un mercado muy versátil que puede generar una gran variedad de productos que van desde juguetes para mascotas, defensas para auto, empaques, soportes, mangueras hasta complejos componentes para equipo médico y eléctrico.

Los productos moldeados y extruidos es una aplicación muy importante del hule molido proveniente de llantas de desecho, según datos del mercado copilados por la Asociación de Fabricantes de Caucho ^[17]. Constituye un mercado que sigue creciendo. Este es un mercado diverso en cuanto a los productos y la tecnología en la fabricación, los artículos largos como mangueras, burletes, tubos, molduras, y bandas comúnmente se fabrican con el proceso de extrusión. Este proceso es sensible a muchos parámetros y requiere de hule molido fino.

El hule molido combinado con materiales se ha usado para fabricar cientos de productos, tanto para mercados pequeños como grandes. Algunos productos y procesos son sencillos, mientras que otros necesariamente se han hecho más sofisticados para acatar algunas especificaciones o para lograr la eficiencia requerida que compita en el mercado. Es fundamental entender bien los productos actuales, los requisitos de desempeño, la tecnología del proceso, y las condiciones económicas para desarrollar estas aplicaciones satisfactoriamente. ***“El éxito generalmente requiere de un esfuerzo constante.”***

La economía es un factor en la selección. El costo del hule molido generalmente se incrementa cuanto menor sea el tamaño de los trozos. En consecuencia, los productos que se fabrican con hule más fino y más aglutinante normalmente son más caros. En última instancia, el producto debe ser lo suficientemente rentable como para poder competir en el mercado.

^[17] Rubber Manufacturers Association. 2009. Scrap Tire Markets in the United States. 9th Biennial Report. Mayo.

Con respecto al uso del caucho reciclado utilizado como combustible se sabe que es un mercado donde hay más ganancias. Desde el año 1991, CEMEX, ofreció una solución que consistió en incinerar las llantas de desuso por medio de hornos especializados para la fabricación del cemento como se ha visto anteriormente en el capítulo 3, proceso utilizado anteriormente en Europa y Estados Unidos e impulsado por CEMEX en México.

La ventaja para CEMEX es el costo de cero adquisición, así como recibir las llantas en los centros de acopio ubicados en la C. de México y en Huichipan, Hidalgo. CEMEX, para el desarrollo de este proyecto, se recibió el apoyo de llanteras principales y apoyo de sectores como:

- Cámara nacional de la Industria Hulera (CNIH).
- Secretaría de desarrollo social (SEDESOL).
- Asociación de la llanta (ANDELLAC).
- Cámara nacional del comercio (CANACO).
- Cámara nacional del autotransporte de carga (CANACAR).

Este es un mercado que hasta hoy en día sigue dando fructuosas ganancias y reducción de costos, por tanto hay empresas dedicadas a la fabricación de cemento o productos similares que han adquirido este mismo sistema como es el caso de Cementos APASCO y Grupo CALIDRA.



Ilustración 66 Distribución de las Plantas Cementeras en México. Fuente; www.colpamex.org, 2009. Ver capítulo 2.

En el mercado del recauchutado o renovado de llantas es un segmento el cual ha ido creciendo rápidamente, este es un mercado que principalmente favorece a empresas dedicadas al transporte debido a las grandes flotas que manejan. El costo en la adquisición de una llanta renovada va de un 50% menor al costo de una llanta nueva o hasta en algunos casos es un poco más bajo. Por ejemplo una llanta Goodyear Tires Integrity 215/70R15 que cuesta en el mercado MX\$1,663.77, en el mercado de recauchutado viene costando alrededor de MX\$500.00 a \$800.00.

Se sabe que TROLEBUSES de México, utiliza esta opción de reciclado, al reutilizar sus llantas y ampliar su durabilidad, esta empresa cuenta con todo el equipo necesario para este proceso (Ver cap. 3), así reduciendo los costos en adquisición de llantas nuevas para las unidades. Esto demuestra que el mercado del reciclado de llantas está abierto a grandes posibilidades de crecimiento.

Para terminar se ha mencionado otros puntos o segmentos como lo hemos llamado para su entendimiento que han venido ganando terreno en el mercado. Como el caso del uso del caucho como impermeabilizante que reduce el costo significativamente y como para la fabricación de asfalto modificado con caucho reciclado. En este último el costo puede subir comparado con el asfalto normal, pero se sabe que su durabilidad es mucho mayor por lo que la inversión se ve recompensada.

En conclusión el mercado está abierto a grandes posibilidades, a diferentes sectores, y variedades de productos que aumentan en gran medida el mercado.

4.3 ANALISIS DE MERCADO.

Cuando se inicia una compañía de reciclado de llantas de desecho se deben tomar en cuenta factores y decisiones que nos ayuden a impulsar nuestra empresa, estos factores a los que nos referimos deben estar basadas en una serie de elementos, los cuales deben ser explorados antes de tomar cada decisión

Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Se considera que nuestra empresa se debe de hacer cargo de todos los aspectos del negocio los cuales involucran la recolección, transportación y procesamiento de las llantas.
- Se debe tener conocimiento de la ubicación de los vertederos, focos de almacenamiento, basureros, centros de acopio y finalmente las zonas donde el manejo es incontrolado (Consultar Capítulo 2).
- Como ya se ha hecho mención se debe conocer la competencia.
- Se deben conocer costos de los abastecedores, el precio por unidad y de igual forma se deben concretar acuerdos con pepenadores para la recolección de llantas usadas las cuales se les pagara a un cierto precio por unidad generando así empleos indirectos.

- Manejo de precios por tonelada del producto final (molienda), se deben ajustar precios para competir en el mercado el cual deje ganancias y nos permita alcanzar más terreno.
- Se debe consultar las regulaciones locales respecto al manejo de materiales sólidos, así como permisos expedidos por las autoridades locales.
- Se debe tener en cuenta la seguridad para evitar incendios, zonas bien establecidas que eviten el porcentaje de riesgo que es el aspecto al cual se debe tomar mayor importancia.

4.4 EMPRESAS DEDICADAS AL RECICLADO “COMPETENCIA”.

“Niveles de trituración, tamaño de grano y polvos, ver Capítulo 3”

COMPETENCIA	ZONA	CAPACIDAD	SERVICIOS	PRODUCTO
Tire-Chip México y Volkswagen.	Puebla Distrito Federal, Edo. Mex. e Hidalgo	Recicla alrededor de 10 Ton/día. (1 millón de llantas anuales)	Recolección, Transporte y Proceso	El material triturado es utilizado para fabricar “asfalto”
SAM.BO Rubber Stock Limited Corporation.	Internacional.	-----	Recolección, Transporte, Proceso y Exportación.	Manufactura de Alfombras de goma, Tapetes y Revestimientos Industriales.
Recubrimientos Ecológicos y Reciclados S.A de C.V.	Edo. Mex., Distrito Federal y E.U.A	6 mil unidades mensuales.	Recolección, Transporte y Proceso	Caucho granulado para la fabricación de “Impermeabilizante”
Grupo Recyhul y Goodyear.	A nivel nacional e Internacional	5,500 unidades/día de automóvil y 1,600 unidades/día de camión	Recolección, Transporte, Proceso y Manufactura de Productos	Pisos ahulados, áreas para juegos infantiles, pistas de atletismo, etc.
Ecologic Mexicana de Residuos.	Zona Centro y Sur de la Republica	-----	Recolección, Transporte, Proceso, Manejo de Residuos Peligrosos y Seguridad Industrial	Transporte de residuos Sólidos, Líquidos, y Otros, Venta de Caucho como Combustible.
DIMYR S.A de C.V.	Edo. Mex. y Distrito Federal	-----	Transporte, Recolección y Proceso	Caucho; granulado y polvo
México Rodando Limpio A.C.	Edo. Mex. y Distrito Federal	-----	Recolección, acopio, otros productos de hule y Proceso	Caucho granulado y Recauchutado
Centro de acopio y Llantas de desecho.	Oriente del Edo. Mex.	-----	Acopio y Proceso	Caucho granulado

4.5 EMPRESAS DEDICADAS A LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS A BASE DE CAUCHO RECICLADO.

EMPRESA	ZONA	CAPACIDAD	SERVICIOS	PRODUCTO
Asociación Mexicana del Asfalto A.C.	República Mexicana	-----	Compra de caucho, Recolección y Proceso de Reciclado	Asfalto modificado para la Infraestructura del Transporte, Operación y Conservación de Vialidades, Producción de Aditivos y Emulsificantes
Comercial Hulera S.A de C.V.	Zona norte y sur de la Republica	-----	Compra de caucho, Recolección y Proceso de Reciclado (Todo tipo de Hule)	Placas, Rollos de Hule para Empaque, Juntas y Apoyos para puentes, O-Rings, Reductores y Topes (GNR) para contención, etc.
Hules y Cauchos de México.	República Mexicana	-----	Compra de caucho Virgen y Reciclado, Proceso de Regeneración	Fabricación y Comercialización de empaques y Sellos en General.
Elastogreen S.A de C.V.	Edo. Mex., Distrito Federal e Interior de la Republica	-----	Compra de caucho reciclado, Venta y Distribución de su Producto	Impermeabilizante hecho a base de caucho reciclado.
Aislamientos y Mas S.A de C.V.	República Mexicana	-----	Compra de caucho, Recolección y Proceso de Reciclado	Impermeabilizante y Aislamiento Ecológico
Grupo Rash S.A de C.V.	Edo. Mex., Distrito Federal y algunos Estados del sur de la Republica	-----	Compra y Venta de caucho, Recolección y Proceso de Reciclado	Pisos de caucho para uso industrial, para tráfico intenso

CAPÍTULO

V

PLANTA

RECICLADORA

5.1 INTRODUCCION.

Para establecer una planta recicladora se requiere una considerable inversión de capital, selección de equipo adecuado, suelo, transporte y recolección de la materia prima, así mismo del transporte del producto, reglamentación y permisos.

Se deben considerar así mismo aspectos como mano de obra, mantenimiento, combustible y servicios públicos. El propósito de este capítulo es exponer de manera genérica los aspectos económicos para realizarse una inversión adecuada.

5.2 SELECCIÓN DEL PROCESO DE RECICLADO.

De acuerdo a lo visto en los capítulos anteriores, sobre el impacto de las llantas de desecho, los procesos de reciclado existentes, así mismo sobre el mercado de reciclado, se ha llegado a la selección del proceso más adecuado. Para esto se analizaran los pros y los contras de cada uno de ellos, utilizando los siguientes criterios enumerados a continuación esto en concordancia con el objetivo de este trabajo.

1. Costo del proceso.
2. Obtener por separado de una forma fácil hule, acero y nylon.
3. Emisiones mínimas a la atmosfera.
4. Aprovechar al máximo la llanta.

Planteados los criterios con los que se evaluara cada uno de los procesos para seleccionar el más adecuado para su implementación, realizaremos una descripción de las características de los procesos las cuales involucran nuestro criterio de selección.

- 1. Incineración.-** Este proceso queda descartado ya que no se obtiene por separado el hule, acero y nylon, así mismo evitamos las emisiones perjudiciales a la atmosfera.

- 2. Pirolisis.-** Para este proceso se debe contar con mano de obra calificada, así mismo se debe contar con equipo especializado dado que se deben manejar los residuos bajo una atmosfera controlada por tanto la inversión en el equipo es alta, así mismo la tecnología asociada al proceso tiene ciertos riesgos ambientales.
- 3. Termólisis.-** De igual manera que el proceso anterior se debe tener un atmosfera controlada por sus emisiones contaminantes, en este proceso se aprovecha al 100% de los componentes originales del caucho, pero de igual manera la inversión es fuerte. Además se debe contar con equipo extra para la separación de los componentes.
- 4. Trituración Criogénica.-** En este proceso hay baja calidad de los productos, que salen como mezcla de los diferentes materiales que conforman la llanta, manejo de temperaturas bajo cero, requiere instalaciones complejas por tanto la inversión es alta y mano de obra especializada.
- 5. Trituración Mecánica.-** En este proceso se recuperan al 100% los materiales (hule, acero y nylon) que conforman la llanta, no hay emisiones contaminantes, el costo es bajo en comparación con los procesos anteriores y también la mano de obra, así mismo es una etapa previa a los procesos de pirolisis, termólisis e incineración como también al proceso de regeneración.
- 6. Regeneración del Caucho.-** Como se hizo mención anteriormente se debe someter la llanta al proceso de trituración mecánica para obtener el caucho libre de impurezas, el costo del equipo necesario para este proceso es elevado se necesita una fuerte inversión, se debe tener mano de obra

7. especializada, la ventaja de este proceso como su nombre lo indica se regenera el caucho reciclado y mezclado con caucho virgen o natural se obtiene nuevos productos reduciendo así su costo en materia prima.
8. **Renovado o Recauchutado.-** En este proceso debe haber una preselección de las llanta a reutilizar deben ser inspeccionadas minuciosamente para su reusó, por tanto, no todas las llantas se utilizan. Al término de su vida de uso vuelven al depósito, el costo del equipo es elevado y depende del tamaño y medida de las llantas; se debe contar con personal capacitado.

<i>PROCESO DE RECICLADO</i>	<i>CRITERIOS DE EVALUACION</i>				<i>RESULTADO</i>
	<i>COSTO</i>	<i>FACIL SEPARADO</i>	<i>EMISION MINIMA</i>	<i>APROVECHAR LLANTA</i>	
PIROLISIS	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	DESCARTADO
TERMOLISIS	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	DESCARTADO
REGENERACION	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	DESCARTADO
INCINERACION	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>	DESCARTADO
T. CRIOGENICA	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	DESCARTADO
T. MECÁNICA	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	VIABLE
RECAUCHUTADO	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	DESCARTADO

Tabla 6 Comparación de los procesos de reciclado conforme a los criterios de evaluación.

En base a lo anterior el método de trituración mecánica, es el que representa una mayor ventaja, debido a que no se deben tener condiciones especiales de operación como en los procesos anteriores. Podría representar un costo elevado en la inversión inicial pero este dependerá en gran medida en los volúmenes a manejar. No emite contaminación al medio ambiente y cumple perfectamente con el criterio No. 3, ya que se pueden recuperar los tres componentes de la llanta con una calidad de primera. No representa un alto riesgo de operación para la gente y su eficiencia puede ser muy alta, ya que al obtener por separado el hule del acero y nylon, ofrece tener las mejores alternativas de aprovechamiento de la llanta. Así mismo se aprovecha el acero al venderlo a empresas fundidoras, así mismo el nylon a empresas recicladoras. Además permite mejorar la eficiencia de los métodos que emplean hornos.

Por todo lo anterior, se concluye con la elección del método de trituración mecánica como la mejor alternativa para reusar la llanta.

5.3 ALCANCES DEL PROYECTO.

1. Detallar las características técnicas de los equipos y maquinas especializadas para llevar a cabo el proceso de reciclado.
2. Establecer técnicamente las áreas físicas para acceso, recepción, almacenamiento temporal, proceso de reciclado, almacenamiento del producto y área de embalaje.
3. Describir en forma sistemática, así como técnica el proceso de reciclado de este residuo.
4. Describir en forma general los permisos y reglamentaciones que deben seguirse para la implementación del proyecto, de la misma forma la aplicación de medidas y dispositivos de seguridad que deben ser instalados, para contrarrestar cualquier evento desafortunado.

5.4 ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PLANTA DE RECICLADO.

Para implementar un proyecto de estas características como es debido se requiere tomar buenas decisiones al realizar la inversión de capital, para evitar que la eficacia de estas decisiones no dependa únicamente de la buena suerte, sino más bien, sea el resultado de un análisis de las posibles consecuencias, cada decisión debe ser respaldada, por lo que se debe realizar un trabajo de análisis sobre los aspectos económicos.

5.4.1 PREDIO Y PERMISOS.

Se sabe que al iniciar una empresa de este tipo, un factor muy importante, y de que por ninguna forma debe de pasarse por alto la cuestión de los permisos y reglamentación de “La Secretaria del Medio Ambiente” y otras dependencias. Dependiendo del mercado, puede incluir una serie de reglamentos estatales y/o federales.

La modalidad operativa proyectada es de una planta con capacidad para recibir y procesar llantas de desecho de automóvil, camioneta y camión, como ya se ha hecho referencia y la producción que se manejara será de **200 Ton/Mensuales**, por consiguiente se maneja un volumen **2,400 Ton/Anuales**.

PARAMETROS DE LA PLANTA.

Tamaño del predio:

Se necesita un predio para la línea de reciclado de 14x35x8 mts. Por tanto el área es de 490 m² con una altura de 8 mts. El lugar debe estar ubicado en un lugar estratégico para reducir costos de transportación con acceso a carretera, suelo estable y se debe considerar la zona en cuestión de seguridad y bienestar de los vecinos al área.

Se ha considerado que se también manejara área de almacenamiento, oficinas, área de descarga de materia prima, así como un área de lavado y carga de producto terminado, por lo cual el predio debe contemplar un área total de 1,000 m².

PREDIO		
<i>Renta Nave Industrial.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Anual</i>
	\$ 60,000	\$ 720,000.00

Tabla 7 Costos del predio.

El predio debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El terreno debe estar techado y por tanto debe contar con portón para controlar el acceso y evitar robos, vandalismo e incendios intencionales.
- Servicio de energía eléctrica para el equipo de procesamiento y/o contar con la instalación requerida para el mismo.
- Iluminación en zona de operaciones.
- Servicio de agua y/o un tanque de almacenamiento para combatir incendios.
- Área de taller.
- Área de Oficinas.
- Área de almacenamiento de materia prima y del producto terminado.

También se deben considerar los pagos únicos de los permisos necesarios para poner la nave industrial como dicha empresa, para lo cual son requisito cumplir con los siguientes puntos descritos en la siguiente tabla.

TRAMITES	
<i>Tipo de tramite</i>	<i>Costo</i>
Plan de Manejo.	Gratuito.
Programa de prevención y respuesta a contingencias.	Gratuito.
Inscripción al Registro Federal de Contribuyentes.	Gratuito.
Dictamen de viabilidad de protección civil (uso de suelo).	\$ 2,208.00
Sistema de apertura rápida de empresas (SARE).	\$ 194.00
Acta de Integración a la Comisión de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo.	Gratuito.
Alta en el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM).	\$ 670.00
Total	\$ 3,072.00

Tabla 8 Costo de los Tramites para la apertura de la empresa. Fuente: Sistema Empresarial Mexicano y Secretaría del trabajo. Junio/2012

5.4.2 MAQUINARIA Y EQUIPO.

5.4.2.1 Línea de reciclado.

La maquinaria especializada para el reciclado de llantas de desecho nos debe separar cada uno de los componentes de la llanta (caucho, acero y nylon), para esto tomaremos en cuenta que se debe reciclar llantas para automóvil, camioneta y camión. Los datos obtenidos en el capítulo 2 nos indican que la mayor concentración de llantas de desecho es proveniente principalmente del parque vehicular antes mencionado.

La maquinaria que se ha seleccionado separa los tres componentes en una sola línea y obteniendo de igual forma los niveles de trituración, granulado y polvos, los cuales vienen descritos en el capítulo 3 de este trabajo, esto por medio de equipo de granuladores, pulverizadores y tamizado. Al seleccionar la maquinaria se tomaron los siguientes puntos los cuales consideramos son los más importantes.

- Bajo Costos de adquisición en el cual debe de incluir el transporte o un costo mínimo, instalación, capacitación, bajo costo de mantenimiento.
- Bajo consumo eléctrico.
- Área requerida.
- Producto.

MAQUINARIA PARA PROCESO DE RECICLAJE COTIZADOS.

Gracias a la capacidad de producción establecida se pudo realizar la cotización de la maquinaria de procesamiento encontrando las siguientes líneas de reciclado.

Food Proces & Control México S.A de C.V.	
Modelo	Línea de reciclado de llantas LSM Serie Profesional Modelo 1000.
Producción Nominal	Procesa 1000 a 1300 kg/h de llantas y Produce 800-1000 kg/h de granulometría y polvo hasta 26 mesh.
Trabajadores Necesarios	5 a 6 por turno (3 a cargo de desmontaje, trituración y molienda gruesa, 1 a cargo de molienda fina y pulverización, y 1 para trabajos auxiliares de envasado y otros).

Item No.	Nombre	Cantidad	Potencia (KW/hr)	
			Potencia Unitaria	Subtotal
1	GQF-1000 Desensamblador de neumático	1	15	15
2	GQF-650 Desensamblador	1	7.5	7.5
3	GSB-280 DESTALONADORA	1	15	15
4	CP-400C CONJUNTO TRITURADOR	1	47.2	47.2
5	LXF-600 CONJUNTO MOLINO ESPIRAL	1	77.5	77.5
6	SX-YG40 CAJA SEPARADORA MAGNETICA	1	0.55	0.55
7	XKP-450 CONJUNTO PULVERIZADOR	2	59	118
8	JFS-500 CRIBA DEL POLVO	1	1.5	1.5
9	FS-1600 SEPARADOR DE NYLON	1	9	9
TOTAL:				291.25

El equipo trabaja a 440V/60Hz, el costo total de la línea de reciclado es de **USD \$276,350.00 (\$3, 592,550.00 M/N) más 30% por envió. El costo total es de \$4, 670,315.0 M/N.**

FLOPLATICS (QUALITY MACHINES PRODUCTS AND SERVICES, CORP)

Modelo	Línea de reciclado de llantas ECO D.
Producción Nominal	Producción 1,000 kg/h de granulometría hasta 3mm y polvo hasta 30 mesh.
Trabajadores Necesarios	1 jefe de turno y 5 operarios.

Modelo	Producción	Descarga	Área	Kw
ECO-D	1,000 KG/HR	3MM @ 30 MESH	40X20X10	850

*El equipo trabaja a 440V/60Hz, el costo total de la línea de reciclado es de **USD \$325,000.00 (\$4, 225,000.00 M/N) más 30% por envió. El costo total es de \$5, 492,500.00 M/N.***

P&S TOOLS S.A DE C.V.

Modelo	Línea de reciclado de llantas.
Producción Nominal	Producción de 1, 000 a 1,200 kg/h de caucho libre de acero desde 5mm hasta 20 mesh.
Trabajadores Necesarios	1 jefe de turno y 3 operarios.

Item No.	Nombre	Cantidad
1	Destalonadora	1
2	Trituradora	1
3	Molino Primario	1
4	Molino Secundario	1
5	Separador Magnético	1
6	Pulverizador (Conjunto)	1
7	Clasificador	1
8	Descargador de Caucho	1
9	Bandas transportadoras	3

El equipo trabaja a 440V/60Hz, el costo total de la línea de reciclado es de **USD \$220,000.00 (\$2, 860,000.00 M/N)** La empresa se encuentra en territorio nacional por lo que no se cobra envío. **El costo total es de \$2, 860,000.00 M/N.**

La línea que hemos seleccionado y cumple con los puntos de selección corresponde a la marca “**PS&TOOLS**”, se maneja una producción de 8000 kg/día trabajando 8 horas diarias y 24 días hábiles mensuales.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.					
Capacidad	KW/Hr	Área (m)	Personal	Tipo de instalación	Producción
1000 a 1,200 kg/hr	200	14x35x8	1 Jefe de turno y 3 operarios	Trifásica (440 V/ 60 hz)	<ul style="list-style-type: none"> • Chip de 5" con acero. • Chip de 1" con acero. • Granulado de 5mm – 6mm. • Granulado de 3.35mm – 4mm. • Granulado de 2mm. • Granulado de 1mm. • Polvo, 20Mesh, 40Mesh ...

Tabla 9 Descripción de la línea de reciclado. Fuente; Fuente P&S TOOLS, 2012.

MAQUINARIA DE PROCESO			
Nombre	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
Hidrolavadora.	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
Tanque 10,000 Lts.	1	\$ 13,594.91	\$ 13,594.91
Bomba de agua 2HP.	1	\$ 2,799.00	\$ 2,799.00
Destalonadora.*	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
Trituradora.*	1	\$ 620,000.00	\$ 620,000.00
Molino primario.*	1	\$ 360,000.00	\$ 360,000.00
Unidad de Desmetalizado.*	1	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00
Molino secundario.*	1	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00
Clasificador.*	1	\$ 260,000.00	\$ 260,000.00
Pulverizador.*	1	\$ 420,000.00	\$ 420,000.00
Descargador de caucho.*	1	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00
Bandas transportadoras.*	3	\$ 70,000.00	\$ 210,000.00
Montacargas 2 Ton. (Usado en condiciones).	1	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00
Total			\$ 3,034,393.91

* Maquinaria que compone la línea de reciclado.

Tabla 10 Maquinaria necesaria para la transformación de la materia prima. Fuente P&S TOOLS, 2012

5.4.2.2 Equipo complementario.

Se considera en este apartado el equipo necesario para realizar operaciones dentro de la planta.

EQUIPO			
<i>Nombre</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo total</i>
Escritorio.	3	\$ 2,400.00	\$ 7,200.00
Computadora escritorio.	3	\$ 7,000.00	\$ 21,000.00
Computadora portátil.	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Impresora.	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Archiveros.	3	\$ 2,100.00	\$ 6,300.00
Sillas.	9	\$ 1,133.33	\$ 10,200.00
Módulo de recepción.	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Router	1	\$ 350.00	\$ 350.00
Total			\$ 62,550.00

Tabla 11 Costos de Equipo de oficina.

MATERIALES			
<i>Nombre</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo total</i>
Grasa para baleros	2	\$ 500.00	\$ 1,000.00
Costales ½ Tonelada	1000	\$ 20.00	\$ 20,000.00
Costales 1 tonelada	1000	\$ 30.00	\$ 30,000.00
Costales 50 Kg.	500	\$ 2.00	\$ 1,000.00
Folder Carta (Paq. C/100)	2	\$ 82.00	\$ 164.00
Hojas tamaño carta (Paq. C/500)	2	\$ 65.00	\$ 130.00
Total			\$ 52,294.00

Tabla 12 Materiales necesarios para la operación dentro de la empresa.

HERRAMIENTA			
<i>Nombre</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo total</i>
Autocle Craftsman 309 pzas.	2	\$ 7,000.00	\$ 14,000.00
Engrasadora neumática.	1	\$ 3,400.00	\$ 3,400.00
Compresor de aire.	1	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00
Grúa garaje hidráulica.	1	\$ 5,525.00	\$ 5,525.00
Multímetro.	2	\$ 280.00	\$ 560.00
Lentes de protección.	6	\$ 20.00	\$ 120.00
Casco de protección.	6	\$ 63.00	\$ 378.00
Guantes de protección.	6	\$ 43.00	\$ 258.00
Juego de pinzas.	2	\$ 400.00	\$ 800.00
Botas de plástico.	2	\$ 149.00	\$ 298.00
Overol de plástico.	2	\$ 96.00	\$ 192.00
Total			\$ 28,171.00

Tabla 13 Costos de herramienta necesaria para realizar las operaciones de mantenimiento.

5.4.3 Recolección y Transportación.

La recolección y transportación de las llantas de desecho son componentes fundamentales para el aprovechamiento de las llantas como recurso, por tanto se considera que es un elemento clave para las operaciones dentro de la empresa, la cual involucra el suministro de materia prima y debe estar hecha con una frecuencia programada, es por esto que se considera la adquisición de los siguientes vehículos:

<i>Vehículo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Cap. De carga</i>	<i>Cap. por unidad</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Costo Total</i>
Camioneta	2	3,500 a 4,200 kg	Aprox. 400 llantas de automóvil (250 llantas de camión)	\$ 350,000.00	\$ 700,000.00
Total					\$ 700,000.00

Tabla 14 Costos de parque vehicular necesario para la transportación y recolección de las llantas de desecho. Fuente: www.ford.com.mx y www.chevrolet.com.mx, 2012.

También se considera contratar servicios de transporte para realizar viajes para la recolección de materia prima a grande escala, esto para reducir los costos en la adquisición del vehículo, mantenimiento así como el sueldo del operador.

<i>Vehículo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Cap. De carga</i>	<i>Cap. por unidad</i>	<i>Costo mensual</i>	<i>Costo anual</i>
Tractocamión	1	26,000 kg	Aprox. 2,500 llantas	\$ 4,800.00	\$ 57,600.00
Total					\$ 57,600.00

Tabla 15 Costo de servicios de transportación.

5.4.4 COSTO OPERATIVO.

El personal que se desea contratar es para una operación con 1 turno de 8 hr. Para laborar 6 días, para reducir costos operativos algunos puestos se pueden combinar en las operaciones. En este punto se establece el costo de mano de obra que interfiere directamente que es la que se involucra con los costos de producción y los sueldos administrativos los cuales interfieren de manera indirecta.

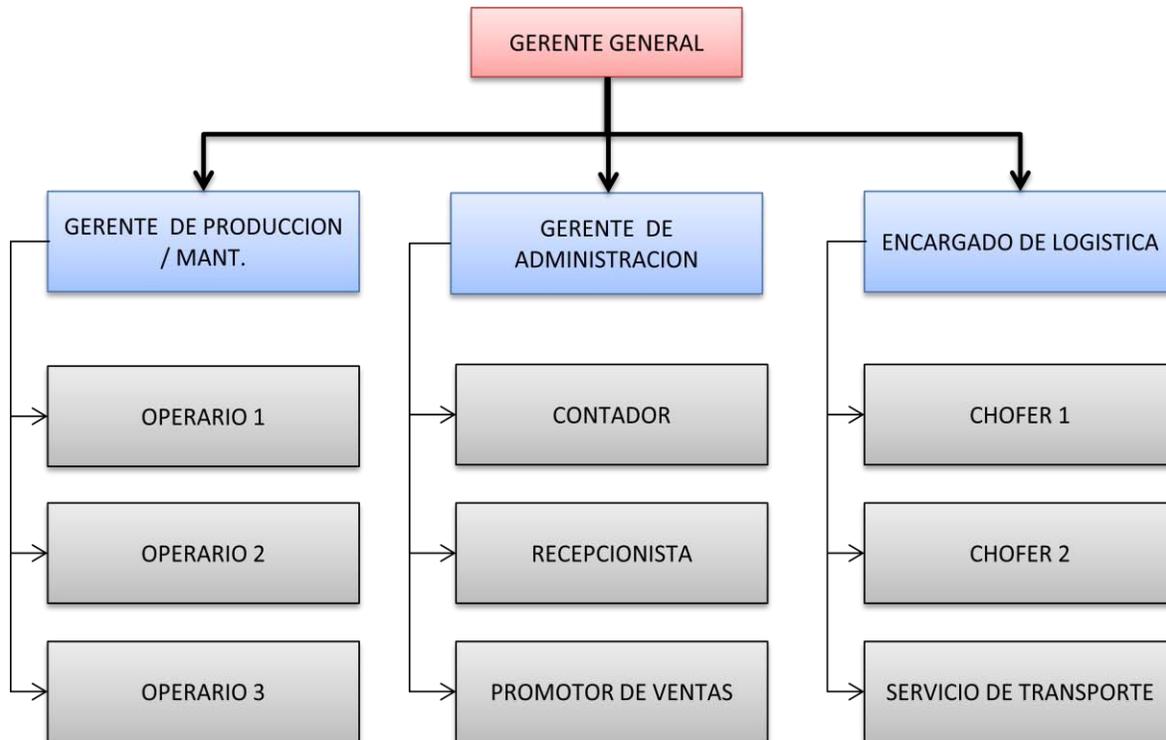


Ilustración 67 Organigrama el cual divide el trabajo y establece la responsabilidad de cada hombre.

PERSONAL DE PLANTA				
<i>Puesto</i>	<i>No. empleados</i>	<i>Sal. Mens. Individual.</i>	<i>Sal. Mens. Total.</i>	<i>Sal. Anual</i>
∞Gerente Gral.	1	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 144,000.00
∞Gerente de Producción/ Mant.	1	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 144,000.00
∞Gerente de Admón.	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 120,000.00
∞Contador.	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 96,000.00
∞Promotor de Ventas.	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 72,000.00
∞Recepcionista.	1	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 48,000.00
∞Encargado de logística.	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 96,000.00
*Operarios de Planta/Mant./Descarga.	3	\$ 4,000.00	\$ 12,000.00	\$ 144,000.00
*Chofer/Descarga.	2	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00	\$ 120,000.00
*Montacarguista.	1	\$ 4,166.00	\$ 4,166.00	\$ 49,992.00
Total		\$ 73,166.00	\$ 86,166.00	\$1,033,992.00

. Tabla 16 Costos Operativos los cuales fueron consultados en la Ley Federal de Trabajo y en diferentes bolsas de trabajo. *; Mano de obra que interfiere directamente con la producción, ∞; Trabajadores administrativos

5.4.5 MATERIA PRIMA.

En cuestión de materia prima dado que este material se encuentra en las calles, veredas, terrenos baldíos, vulcanizadoras, basureros, etc. además de que la empresa hará la operación de recolección, por tanto **“no representa ningún costo”**, se pretende formar convenios con los gobiernos locales, centros de acopio y distribuidoras de llantas para que nuestra empresa se haga cargo del manejo de este residuo.

Al procesar la materia prima se obtienen ganancias extras, esto dado que se sabe que las llantas de desecho están compuestas de acero y nylon, los porcentajes aproximados de estos elementos son los siguientes:

Las llantas de automóvil y camionetas están formadas por:

- *Elastómero 70%*
- *Alambre de acero 15%*
- *Fibras textiles (Nylon) 15%*

Las llantas de Camiones:

- *Elastómero 70%*
- *Alambre de acero 29%*
- *Fibras textiles (Nylon) 1%*

Para obtener un cálculo aproximado se realizaron algunas consultas con empresas que venden la maquinaria necesaria para realizar el proceso de molienda mecánica de la cual se obtuvieron los siguientes datos:

- ✓ *Si se procesan 1,000 – 1,300 kg/h de llantas de desecho aproximadamente, se obtiene una producción de 650 – 800 kg/h de caucho ya sea granulado o en polvo.*

- ✓ Si se procesan de 2,000 kg/h de llantas de desecho aproximadamente, se obtiene una producción de 1,359 – 1,500 kg/h de caucho ya sea granulado o en polvo.

Dado que nosotros establecimos una producción “**200 Ton/Mes**” de caucho ya sea en gránulos o en polvo y para obtener esa producción se realizó el siguiente calculo.-

Se debe obtener el promedio de los datos obtenidos para después realizar una interpolación.-

Producción	Cantidad a Procesar
$X_1 = 725 \text{ kg/h}$	$Y_1 = 1,150 \text{ kg/h}$
$X_0 = 1,000 \text{ kg/h}$	$Y_0 = ?$
$X_2 = 1,429.5 \text{ kg/h}$	$Y_2 = 2000 \text{ kg/h}$

La formula de la interpolacion es la siguiente; $Y_0 = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}(X_0 - X_1) + Y_1$

Sustituyendo en la formula con los datos obtenidos;

$$Y_0 = \frac{2,000 - 1,150}{1,429.5 - 725}(1,000 - 725) + 1,150 = 1,481.7956 \approx 1,482 \text{ kg/h}$$

Se sabe que las llantas de automóvil pesan en promedio 9.5 kg, las llantas de camioneta alrededor de 16 kg y aproximadamente las llantas de camión 45.5 kg.

Por tanto el número de llantas necesarias para procesar **1,482 kg/h** será:

- De automóvil: $N_{llantas} = 1,482/9.5 = 156 \text{ llantas/h}$
- De camioneta: $N_{llantas} = 1,482/16 = 92.625 \approx 93 \text{ llantas/h}$
- De camión: $N_{llantas} = 1,482/45.5 = 32.60 \approx 33 \text{ llantas/h}$

Para calcular la cantidad que se obtendrá de acero y nylon total de llantas a procesar se debe realizar lo siguiente:

- Obtener la cantidad en “kg” de acero y nylon esto es multiplicando el peso de llanta por él % de acero o nylon según sea el caso.
- Para obtener la cantidad en “kg” de acero y nylon total por hora, se debe multiplicar la “Cantidad/llanta” por el número de llantas a procesar según sea el caso.

<i>Tipo de llanta</i>	<i>% de Acero</i>	<i>% de Nylon</i>	<i>Cantidad/llanta</i>		<i>Cant.Total/h</i>	
			<i>Acero (kg)</i>	<i>Nylon (kg)</i>	<i>Acero (kg)</i>	<i>Nylon (kg)</i>
Automóvil	15	15	1.425	1.425	222.3 kg	222.3 kg
Camioneta	15	15	2.4	2.4	223.2 kg	223.2 kg
Camión	29	1	13.195	0.455	435.43 kg	15.01 kg

Por tanto las cantidades por día, mes y año son las siguientes:

<i>Tipo de llanta</i>	<i>Cant. Total/Día</i>		<i>Cant. Total/ Mes</i>		<i>Cant. Total/Anual</i>	
	<i>Acero (kg)</i>	<i>Nylon (kg)</i>	<i>Acero (kg)</i>	<i>Nylon (kg)</i>	<i>Acero (kg)</i>	<i>Nylon (kg)</i>
Automóvil	1,778.4	1,778.4	42,681.6	42,681.6	512,179.2	512,179.2
Camioneta	1,785.6	1,785.6	42,854.4	42,854.4	514,252.8	514,252.8
Camión	3,483.44	120.08	83,602.56	2,881.9	1,003,230.72	34,582.8

Si se procesa llantas de desecho del correspondiente parque vehicular las ganancias aproximadamente serían las siguientes.

<i>Tipo de llanta</i>	<i>\$/kg</i>		<i>\$/Anual</i>	
	<i>Acero</i>	<i>Nylon</i>	<i>Acero</i>	<i>Nylon</i>
Automóvil	3	2	1,536,537.6	1,024,358.4
Camioneta	3	2	1,542,758.4	1,028,505.6
Camión	3	2	3,009,692.16	69,165.6

Tabla 17 Generación de ganancias de acero y nylon.

Estas ganancias repercuten en gran medida con la recuperación del capital o la inversión total por que representa del 15 al 20% de la inversión total, por tanto la recuperación se hará en menor tiempo y las posibilidades de crecimiento serán mayores.

5.4.6 INSUMOS.

En esta sección se contemplara todos los servicios que requiere nuestra empresa para su funcionamiento, como son el consumo de energía eléctrica, agua, teléfono y combustible, para las operaciones dentro y fuera de la empresa.

5.4.6.1 CONSUMO ELÉCTRICO.

Para la obtención del consumo eléctrico se establece un horario de trabajo de 8 h/día, se harán algunas excepciones dado de que algunas máquinas no trabajan con este horario, para la obtención del consumo eléctrico mensual se manejan 24 días hábiles dado que se suspenden actividades un día por semana.

CONSUMO ELECTRICO						
<i>Maquinaria y Equipo</i>	<i>Unidad</i>	<i>h/día</i>	<i>Hp's</i>	<i>Kw – h</i>	<i>Kw – h Totales</i>	<i>Kw – h/Día</i>
Hidrolavadora	1	4	-----	1.6	1.6	6.4
Computadoras	3	8	-----	0.5	1.5	12.0
Bomba de agua	1	1	2	1.5	1.5	1.5
Compresora	1	1	2	1.5	1.5	1.5
Destalonadora	1	8	15	11.2	11.2	89.6
Trituradora	1	8	70	52.2	52.2	417.6
Molino primario	1	8	50	37.3	37.3	298.4
Unidad de Desmetalizado	1	8	-----	2.0	2.0	16.0
Molino secundario	1	8	37	27.6	27.6	220.8
Clasificador	1	8	12	9.0	9.0	72.0
Pulverizador (Conjunto)	1	8	74	55.0	55.0	440.0
Descargador de caucho	1	8	2	1.5	1.5	12.0
Bandas transportadoras	3	8	2	1.5	4.5	36.0
Total					206.4	1,623.8

Tabla 18 Kilowatts de Consumo Eléctrico de la planta.

CONSUMO ELÉCTRICO		
<i>Maquinaria y Equipo</i>	<i>Kw – h/Mes</i>	<i>Kw – h/Anual</i>
Hidrolavadora	153.6	1,843.2
Computadoras	288.0	3,456.0
Bomba de agua	36.0	432.0
Compresora	36.0	432.0
Destalonadora	2,150.4	25,804.8
Trituradora	10,022.4	120,268.8
Molino primario	7,161.6	85,939.2
Unidad de Desmetalizado	384.0	4,608.0
Molino secundario	5,299.2	63,590.4
Clasificador	1,728.0	20,736.0
Pulverizador	10,560.0	126,720.0
Descargador de caucho	288.0	3,456.0
Bandas transportadoras	864.0	10,368.0
Total	38,971.2	467,654.4

Tabla 19 Kilowatts de Consumo Eléctrico Anuales.

Dado los cálculos obtenidos del consumo eléctrico y al realizar la consulta de las tarifas en base a nuestro consumo eléctrico calculado aplicables en la página de CFE (www.cfe.gob.mx), nuestro consumo por día es de **206.4 Kw – h** por tanto se aplica la Tarifa H-M dado que nuestro consumo de energía sobrepasa los 100 Kw – h, el precio es de **\$ 1.393** por Kw – h.

El costo por el consumo eléctrico mensual ($C_{C.E/Mes}$) será:

$$C_{C.E/Mes} = (38.971.2 \text{ Kw} - h)(\$1.393/\text{Kw} - h) = \$ 54,287.00$$

El costo por el consumo eléctrico anual ($C_{C.E/Anual}$) será:

$$C_{C.E/Anual} = (467,654.4 \text{ Kw} - h)(\$1.393/\text{Kw} - h) = \$ 651,442.60$$

5.4.6.2 CONSUMO DE AGUA.

Para realizar el cálculo del consumo de agua se toma en cuenta que se debe lavar las llantas de desecho para posteriormente someterlas al proceso de trituración, tomando los datos técnicos de la Hidrolavadora, proporcionados por el distribuidor nos indica que maneja un caudal de operación de **“420 l/h”**, así mismo se toma en cuenta el consumo de agua de uso sanitario que consume 6 litros por descarga por razones de cálculo se estimara un promedio de 30 descargas diarias.

$$\dot{Q} = 420 \text{ l/h}$$

Se maneja un horario de trabajo de 4 horas diarias.

$$C_D = (420 \text{ l/h}) (4 \text{ h/día}) = 1680 \frac{\text{l}}{\text{día}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right) = 1.68 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

\dot{Q} es el caudal en lts/h.

C_D es el consumo diario lts/día ó $\text{m}^3/\text{día}$

CONSUMO DE AGUA						
Utilización	C_D (l/día)	C_D ($\text{m}^3/\text{día}$)	$\$/\text{m}^3$	C_M (m^3)	Costo Mensual	Costo Anual
Hidrolavadora	1680	1.68	\$ 3.30	40.32	\$ 133.10	\$ 1,597.20
Sanitarios	180	0.18	\$ 3.30	4.32	\$ 14.26	\$ 171.12
Total					\$ 147.36	\$ 1,768.32

Tabla 20 Generación de Costos de consumo de agua.

$\$/\text{m}^3$; Costo por m^3 .

C_M ; Consumo mensual.

5.4.6.3 SERVICIO TELEFONICO.

El uso de telefonía que se ajusta a nuestras actividades es el paquete Mi negocio de la compañía TELMEX la cual tiene un costo **\$ 549.00** mensuales, por tanto el gasto anual será de **\$ 6,588.00**

5.4.6.4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Como ya se ha planteado anteriormente la empresa se hará cargo de la recolección de la materia prima por lo que se establece que se por razones de cálculo se manejara una distancia en promedio de 100 km, al consultar la ficha técnica del vehículo nos indica que tiene un consumo de 8 km/lt. Por tanto se sabe que se hará la adquisición de dos unidades.

$$C_{Gasolina} = (100 \text{ km})/(8 \text{ km/l}) = 12.5 \text{ l Para camioneta.}$$

CONSUMO DE COMBUSTIBLE					
Vehículo	$\$/\text{lt}$	Consumo/día	$\$/\text{día}$	$\$/\text{Mensual}$	$\$/\text{Anual}$
Camioneta 1	13.00	12.5 lt	\$ 162.5	\$ 3,900.00	\$ 46,800.00
Camioneta 2	13.00	12.5 lt	\$ 162.5	\$ 3,900.00	\$ 46,800.00
Montacargas	13.00	5 lt	65.0	\$ 1,560.00	\$ 18,720.00
Total			\$ 390.0	\$ 9,360.00	\$ 112,320.00

Tabla 21 Generación de costos del consumo de combustible.

5.5 EVALUCIÓN DE COSTOS.

5.5.1 COSTOS DIRECTOS.

Son los que incurren en la empresa y guarda dependencia importante con los volúmenes de fabricación dado que están estrechamente ligados a la producción del producto.

COSTOS DIRECTOS			
<i>Detalle</i>	<i>Costo</i>	<i>C. Mensual</i>	<i>C. Anual</i>
Renta del Predio	\$ 60,000.00	\$ 60,000.00	\$ 720,000.00
Maquinaria y Equipo	\$ 3,825,114.91	No aplica	No aplica
Mano de obra	No aplica	\$ 26,166.00	\$ 313,992.00
Materia prima	No aplica	\$ 0.00	\$ 0.00
Insumos	No aplica	\$ 64,343.36	\$ 772,120.32
Servicio de transporte	No aplica	\$ 4,800.00	\$ 57,600.00
Total		\$ 155,309.36	\$ 1,863,712.32

Tabla 22 Calculo de Costos Directos.

5.5.2 COSTO INDIRECTOS.

Estos costos son los que no entran directamente en la producción.

COSTOS INDIRECTOS			
<i>Detalle</i>	<i>Costo</i>	<i>C. Mensual</i>	<i>C. Anual</i>
Mano de obra indirecta*	No aplica	\$ 60,000.00	\$ 720,000.00
Permisos	No aplica	-----	\$ 3,072.00
Total		\$ 60,000.00	\$ 723,072.00

*; Sueldos administrativos. Tabla 23 Calculo de Costos Indirectos.

5.6 INVERSION INICIAL TOTAL.

La inversión inicial total involucra la adquisición de todos los activos fijos y diferidos necesarios para que se activen las operaciones dentro de nuestra empresa.

5.6.1 INVERSION FIJA.

Se entiende por activo fijo o inversión fija, los bienes propiedad de la empresa como lo son terrenos, edificios, maquinaria, equipo, herramientas, vehículos de transporte, etc. Se le denomina fijo por que la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que con ello ocasione problemas a sus actividades productivas.

INVERSION FIJA	
<i>Concepto</i>	<i>Costo</i>
Maquinaria de proceso	\$ 3,034,393.91
Vehículos	\$ 700,000.00
Equipo	\$ 62,550.00
Herramienta	\$ 28,171.00
Total	\$ 3,825,114.91

Tabla 24 Calculo de Inversión Fija.

5.6.2 INVERSION DIFERIDA.

Se entiende por activo diferido o inversión diferida el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarias para su funcionamiento, las que incluyen patentes, diseños industriales, asistencia telefónica, gastos pre/operativos y de instalación, puesta en marcha, contratos de servicio, etc. y no están sujetos a desgaste físico.

Se considera que se cobrara un 10% más del costo total de la Maquinaria de proceso por concepto del flete.

INVERSION DIFERIDA	
<i>Concepto</i>	<i>Costo</i>
Tramites y Permisos	\$ 3,072.00
Flete	\$ 260,000.00
Servicio de transporte	\$ 57,600.00
Total	\$ 320,672.00

Tabla 25 Cálculo de Inversión Diferida.

5.6.3 CAPITAL DE TRABAJO.

Es la inversión que necesita la empresa para poder iniciar sus operaciones, ya que se recomienda tener el triple de capital de trabajo disponible de la empresa así para poder enfrentar cualquier imprevisto, y unos de los conceptos que se necesitan son; sueldos, luz, agua. Materia prima, etc.

CAPITAL DE TRABAJO		
<i>Concepto</i>	<i>Monto mensual</i>	<i>A tres meses</i>
Materia prima	\$ 0.00	\$ 0.00
Mano de obra	\$ 26,166.00	\$ 78,498.00
Insumos	\$ 64,343.36	\$ 193,030.08
Sueldos administrativos	\$ 60,000.00	\$ 180,000.00
Nave Industrial (Renta)	\$ 60,000.00	\$ 180,000.00
Materiales	-----	\$ 52,294.00
Total	\$ 210,509.36	\$ 683,822.08

Tabla 26 Calculo de Capital de Trabajo.

El Capital de Trabajo considera aquellos recursos que requiere el Proyecto para atender las operaciones de producción y comercialización de bienes o servicios, para dar inicio al Ciclo Productivo del Proyecto en su fase de funcionamiento. En otras palabras es el Capital adicional con el que se debe contar para que comience a funcionar el Proyecto, esto es financiar la producción antes de percibir ingresos.

5.6.4 INVERSION TOTAL.

INVERSIÓN TOTAL INICIAL	
<i>Descripción</i>	<i>Monto</i>
Activo Fijo	\$ 3,825,114.91
Activo Diferido	\$ 320,672.00
Capital de trabajo	\$ 683,822.08
Total	\$ 4,829,609.02

Tabla 27 Cálculo de Inversión total Inicial.

5.7 PROCESO DE PRODUCCION.

5.7.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA MAQUINARIA.

En cualquier tipo de industria, la mayoría de la maquinaria es proveniente de Norteamérica o Europa, pero en México hay distribuidoras de estas empresas, así mismo también hay empresas mexicanas que distribuyen y fabrican este tipo de maquinaria para el reciclado de las llantas de desecho.

De las principales empresas que producen líneas de reciclaje son: **FLOPLASTICS, FOOD PROCES & CONTROL, BOOMATIC, ZERMA, MAQUINARIA DE RECICLAJE, TIRESYS**, entre algunas otras. Para nuestra línea de reciclado como ya se ha mencionado anteriormente se utilizara la de la empresa **PS & TOOLS**.

La línea de reciclaje comprende la siguiente Maquinaria de proceso:

1. **Destalonadora.**- La máquina está constituida principalmente por 1 pistón hidráulico que realizar la extracción a partir de la zona de círculo (los dos anillos toroidales). Este último se compone de filamentos de acero armónico con un espesor de 1.5/2.5 mm.

<i>Especificaciones</i>	
Dimensiones	2000x800x600mm
Potencia instalada	11.2Kw 440V 60Hz
Peso de la máquina	1, 200 kg
Capacidad Hidráulica	200 litros

2. **Trituradora.**- Con sistema patentado de doble filo de esta manera tenemos más rendimiento, bajo consumo de energía, reducción de costos de procesamiento y mantenimiento.

<i>Especificaciones</i>	
Altura total	2920 mm
Abertura del mecanismo de corte	2,350x995 mm
Peso de la máquina	3,250 kg
Abertura de la tolva	1,340x1,240 mm
Superficie de montaje total	2,650x1,470 mm
Motor	70 Hp (52.2 kw)

3. **Molino primario.**- La máquina ha sido construida teniendo en cuenta los más mínimos detalles y criterios del proceso. La tarea de tal máquina es reducir la sección de la entrada de triturado a un tamaño de partícula igual o inferior a 16 mm.

<i>Especificaciones</i>	
Altura total	2920 mm
Abertura del mecanismo de corte	2,530x995 mm
Peso de la máquina	3,100 kg
Abertura de la tolva	1,020x1,240 mm
Superficie de montaje total	2,650x1,470 mm
Motor	50 Hp (37.3 kw)

4. **Unidad de Desmetalizado.**- El caucho granulado presenta el componente férrico de las llantas, para realizar la separación de este elemento se utiliza un imán para su remoción.

<i>Especificaciones</i>	
Ancho de la cinta	500 mm
Campo magnético	60 mT
Velocidad de la cinta	4.5 m/s
Conducción de energía	2.0 kw
Peso	950 kg
Dimensiones	A = 1,800 mm B = 900 mm C = 775 mm

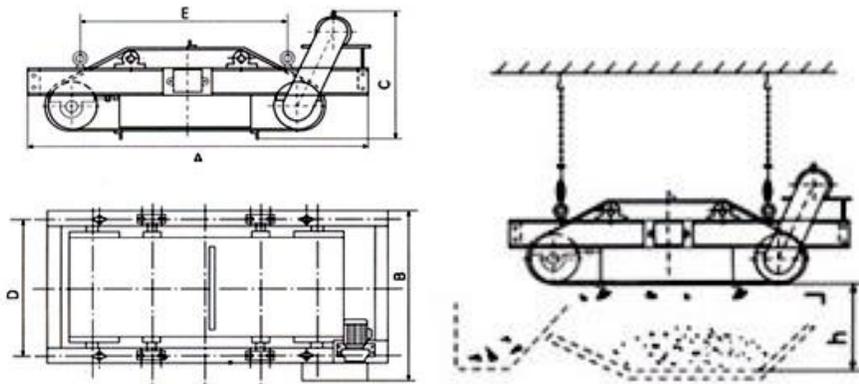


Ilustración 68 Plano de Separador Magnético tipo "Over band". Fuente: PS&TOOLS, Marzo/ 2012.

5. **Molino Secundario.**- Esta máquina ha sido diseñada para refinar a un más el grano ya sin presencia de acero.

<i>Especificaciones</i>	
Altura total	2920 mm
Abertura del mecanismo de corte	2,530x995 mm
Peso de la máquina	3,100 kg
Abertura de la tolva	1,020x1,240 mm
Superficie de montaje total	2,650x1,470 mm
Motor	37 Hp (27.6 kw)

6. **Clasificador.**- Esta máquina está diseñada para separar la fibra textil contenida en el caucho por medio de cernidor, red o tamiz y este es alimentado por un elevador helicoidal o tornillo de Arquímedes, la refinación dependerá del tamaño de orificio de la red y la producción deseada.

<i>Especificaciones</i>	
Potencia	9.0 kw
Dimensiones	8,000x6,000x7,200 mm

7. **Pulverizador.**- La pulverización de la goma es una cuestión en la que debe ser verdadera metodología, este es un paso que hoy en día es el más eficiente y rentable, tanto en términos de producción y punto económico. El principio se basa en un proceso mecánico a un medio controlado, donde los gránulos de caucho están fragmentados para ser convertidos en polvo, la presentación de polvo dependerá de la demanda del producto y en los campos de aplicación del mismo.

<i>Especificaciones</i>	
Potencia	74 Hp (55 kw)
Diámetro de los discos	500 mm
Peso aproximado	1800 kg
Dimensiones	2,110x1,800x1,840 mm

8. **Descargador de caucho.**- Este maquina está diseñada para llenar los sacos con el producto de caucho obtenido para su embalaje.

<i>Especificaciones</i>	
Potencia	1.5 kw
Dimensiones	1,500x1,500x4,000 mm

9. **Montacargas.**- Montacargas con llantas neumáticas de 2.0 toneladas de capacidad, llevan la productividad y la calidad a un nivel superior, mientras le proporcionan todos los beneficios de un Vehículo de Bajo Costo de operación.

<i>Especificaciones</i>	
Modelo	GP20ZNT
Tipo de combustible	Gasolina, GLP
Capacidad básica	2.0 Ton.
Desplazamiento del motor	2.5 Lts.
Levante máximo	3,000 mm

5.7.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION.

El proceso de producción es el procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener un producto en base a la transformación de una serie de insumos mediante una determinada función de producción. ^[18]

^[18] Evaluación de proyectos. Gabriel Baca Urbina. Sexta Edición. México D.F. Pág. 111

- 1. Lavado.-** El primer paso del proceso es el lavado de la llanta, se utiliza una Hidrolavadora la cual retira la suciedad de la llanta por medio de agua a presión la cual alcanza hasta 1250 PSI (8.6 MPa), con un caudal de operación de 420 lts./h



Ilustración 69 Hidrolavadora de gran potencia limpiadora. Fuente www.karcher.com.mx, Jul. /2012

- 2. Destalonamiento.-** En esta parte del proceso se utiliza una Destalonadora para retirar el aro de refuerzo de la llanta (talón) ver Capitulo 1. Cada llanta cuenta con dos anillos, los cuales sin no son extraídos pueden dañar o reducir la vida útil de las cuchillas de la trituradora debido a la dureza de estos aros.



1 **2** **3**
Ilustración 70 Máquina Destalonadora, equipada con un gancho el cual por medio de un sistema neumático retira el talón de llanta, en la parte inferior se muestra el proceso. Fuente: PS&TOOLS, Marzo/ 2012.

- 3. Trituración.-** En este parte del proceso como su nombre lo indica se tritura la llanta para reducirla, para esto se utiliza una máquina trituradora, la línea que hemos seleccionado cuenta con un sistema de cuchilla de doble filo, así mismo la parte principal es el rotor y el ángulo de corte de las cuchillas, lo cual nos indica el fabricante que prolonga la vida por su sistema patentado de doble filo de esta manera tenemos más rendimiento, bajo consumo de energía, reducción de costos de procesamiento y mantenimiento. (Se pueden obtener chips de 5" con acero y 1" con acero).



Ilustración 71 Trituradora la cual cuenta con cuchilla de doble filo y ángulo de corte. Fuente PS&TOOLS, Marzo/ 2012.

4. **Granulador Primario.-** O también llamado molino primario, y como su nombre lo indica se encarga de “granular” el material antes triturado a un tamaño de 16 mm aproximadamente, en esta parte del proceso ya es perceptible el acero.



Ilustración 72 Ejemplo de Maquina granuladora de caucho. Fuente www.directindustry.es, Agosto/2012.

- 5. Desmetalizado.-** En esta etapa se separa el acero del caucho granulado por medio de una banda la cual hace pasar el caucho hacia el magneto el cual separa el acero, y este es enviado a un depósito para su recolección.



Ilustración 73 Unidad de Desmetalizado tipo Over-Band. Fuente: www.directindustry.es, Agosto/2012

- 6. Granulado secundario.-** En esta etapa se refina el grano dependiendo la demanda estos pueden ir de 1 a 7 mm, esta etapa ya es perceptible el material textil (Nylon).
- 7. Separación de Nylon y Separación granulométrica.-** En esta etapa se utiliza un sistema vibratorio (criba) con 3 tamices de diferentes tamaños (1 a 7 mm), el cual separa la fibra textil del caucho granulado el cual es enviado a un contenedor, así mismo separa los granos que van a caer en diferentes tolvas contenedoras para su empaquetado. En esta misma etapa se aspiran los polvos generados, por medio de un Sistema de Aspiración de Polvos para dejar libre de impurezas el material reciclado.



Ilustración 74 Grano libre de fibra textil e impurezas. Fuente: PS&TOOLS, Marzo/2012.

8. Pulverizado.- Esta última parte del proceso se refina aún más el caucho en una presentación en forma de polvo estos van desde 20 Mesh hasta 50 Mesh dependiendo la demanda, los granos de goma, a través de un vertedor son enviados en la máquina de pulverizado, la cual con la acción de embrague entre dos discos rotatorios en sentidos inversos, reduce el grano a las dimensiones deseadas, agregando o quitando discos según se requiera.

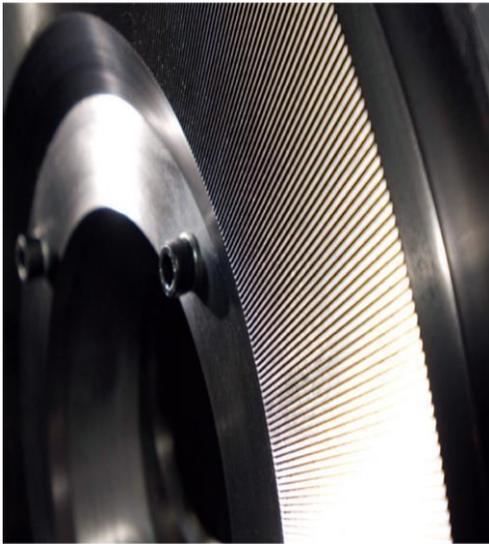
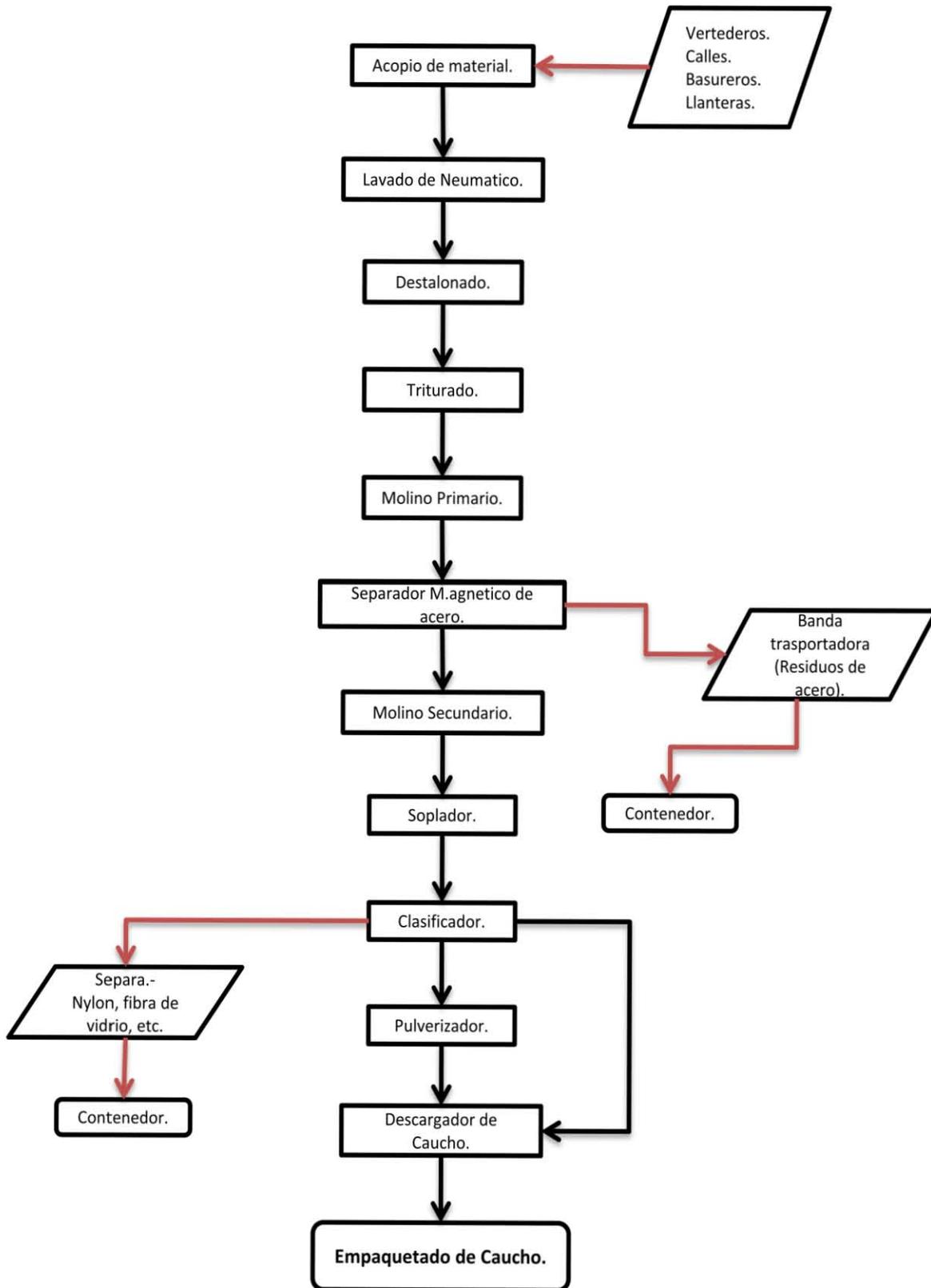


Ilustración 75 Máquina pulverizadora para la obtención de polvo de caucho, la cual utiliza sistema de discos para la pulverización. Fuente: www.electronicaindustrial.com.uy, Agosto/2012

5.7.3 DIAGRAMA DE PROCESO.



5.7.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

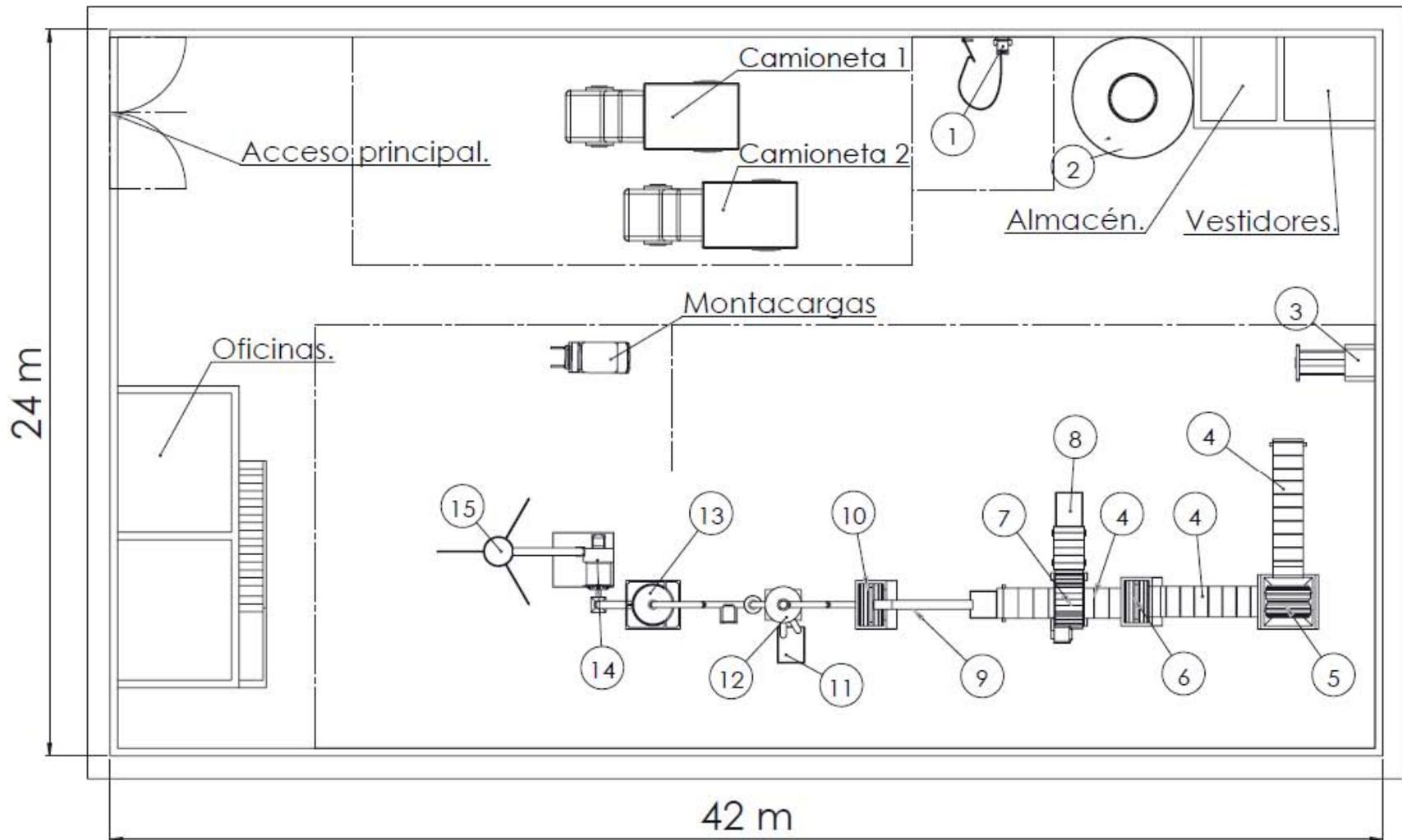


Ilustración 76 Croquis de Distribución de Equipo y Maquinaria

LISTA DE EQUIPO.	
No.	Nombre.
1	Hidrolavadora.
2	Tanque.
3	Destalonadora.
4	Bandas.
5	Trituradora.
6	Molino Primario.
7	Desmetalizador.
8	Contenedor de Acero.
9	Elevador Helicoidal.
10	Molino Secundario.
11	Clasificador.
12	Contenedor de Fibra.
13	Descargador de Caucho granulométrico.
14	Pulverizador.
15	Descargador de Caucho en polvo.

Tabla 28 Equipo de procesado.

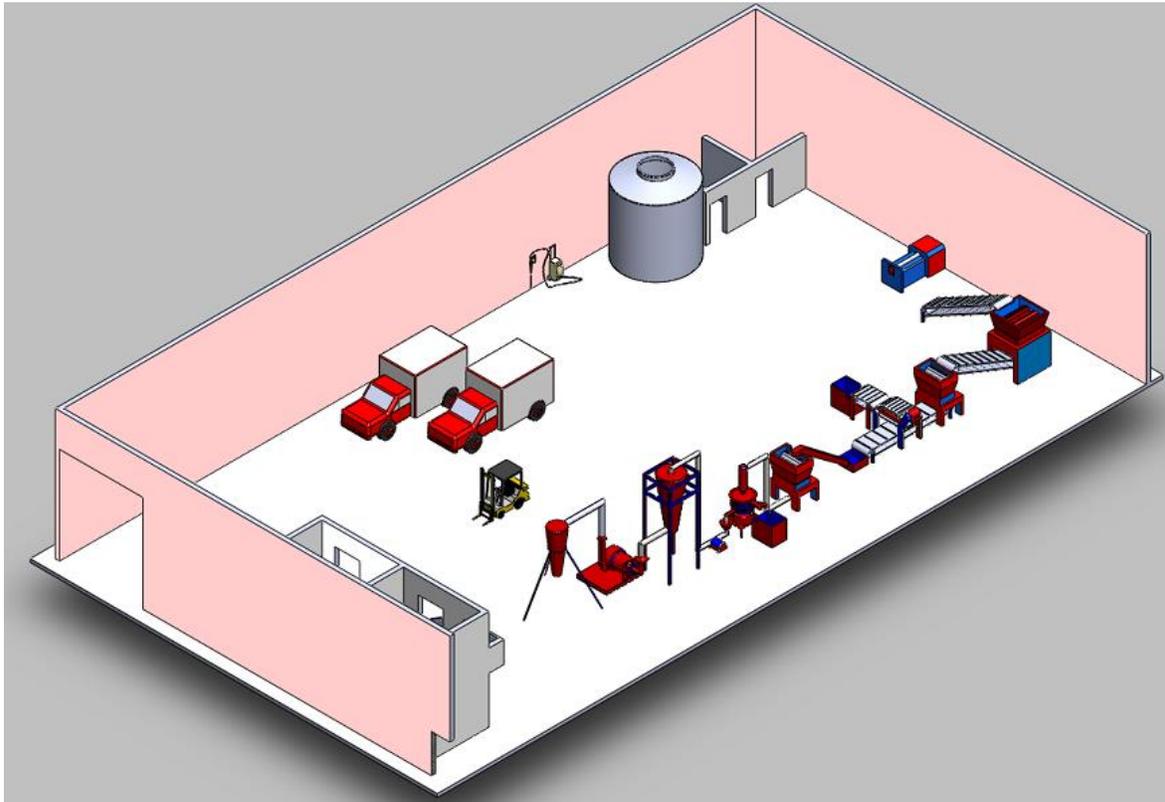


Ilustración 77 Vista Isométrica de la Planta.

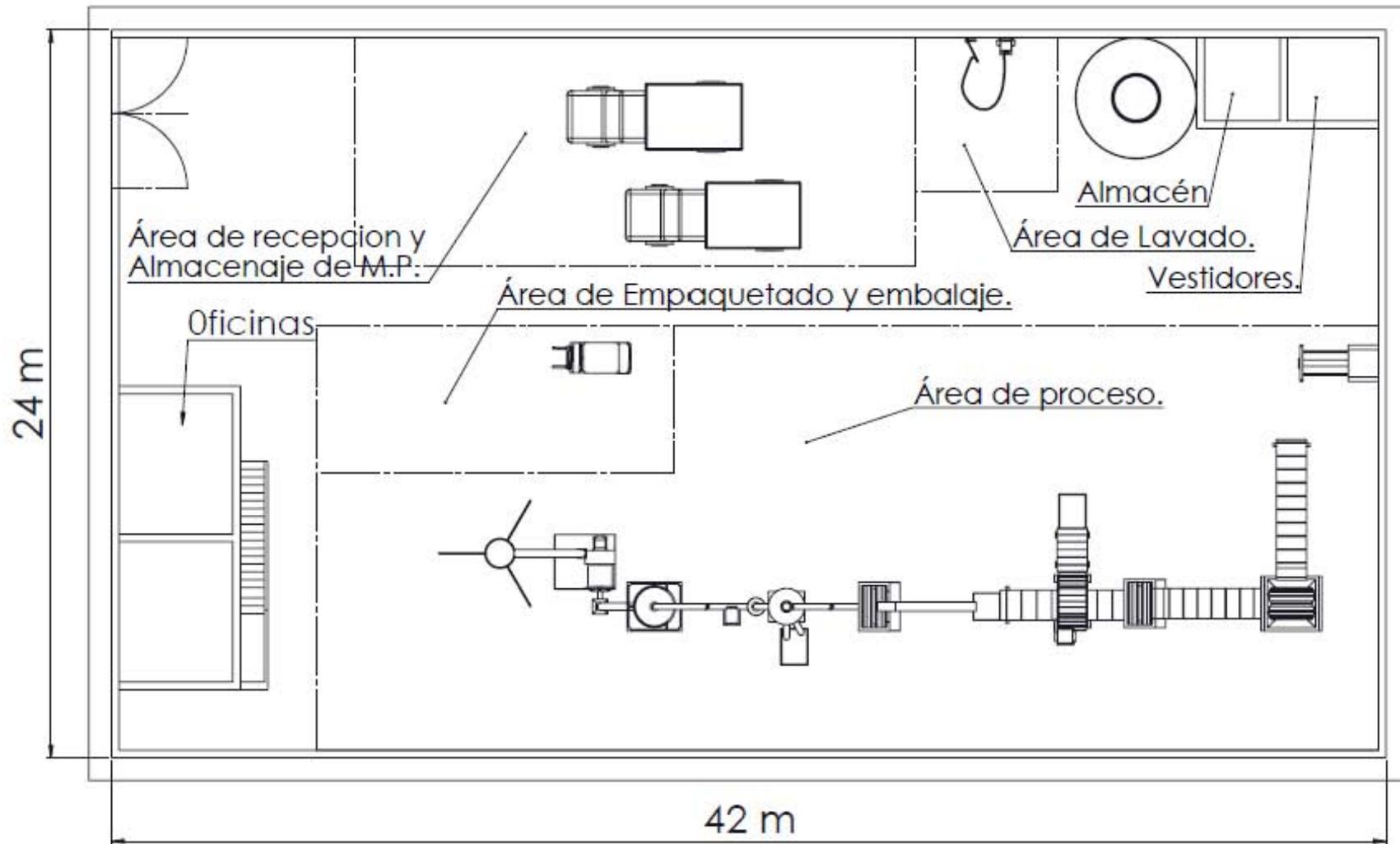


Ilustración 78 Distribución de Áreas.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Al término de los 5 capítulos anteriores de este trabajo se concluye lo siguiente:

En conclusión, lo que se pretende establecer con este trabajo es presentar una solución respecto a este problema de Contaminación Ambiental, ya que queda demostrada la viabilidad y las exitosas aplicaciones de este material reciclado, dado que ofrece ventajas rentables, generación de oportunidades y nuevos negocios, así mismo como generación de empleos, y grandes posibilidades de desarrollo.

Los criterios de evaluación que establecimos para la selección del proceso más adecuado para la implementación de este proyecto, en los cuales analizamos las ventajas y desventajas que involucra cada uno de los procesos, al realizar un análisis detallado se determina en forma concreta la selección del proceso más adecuado y esto conlleva a la determinación de los alcances del proyecto.

Mediante este trabajo podemos observar que la idea de una planta recicladora es una solución limpia a un problema en nuestra actualidad, ya que en México todavía no se tiene una cultura de reciclaje definida y por lo tanto no se tiene un control eficaz de las llantas de desecho. Podemos observar que la planta recicladora inicialmente presenta un alto costo en su inversión, pero al mismo tiempo se observa que la planta es bastante rentable debido a que no genera costo en materia prima, generando así una reducción en gastos producción, obteniendo ganancias extras gracias a la composición de las llantas y además de que se tiene amplio mercado para lo cual se realizó una investigación de los diferentes mercados del reciclado de llantas en el cual se establecieron las oportunidades que brinda este tipo de negocio, así como las aplicaciones del hule molido y los potenciales consumidores dispuestos a adquirir nuestro producto incluyendo de forma general la situación actual del mercado así como los aspectos para implementar un proyecto de estas características.

Para la inversión se debe analizar de manera adecuada todos los elementos que intervienen, como lo es la elección de la maquinaria, definiendo en primera instancia la meta de producción ya que partiendo de este punto se realiza la selección de la maquinaria, de igual forma se toma en cuenta el bajo costo en mantenimiento, así como la fácil operación para evitar generar costos en mano de obra especializada.

Con base a lo anterior se analiza el tamaño de predio, este debe contar con lo necesario para la instalación de la línea de reciclado; además de otros elementos para una buena inversión como lo ya mencionado (personal operativo y administrativo etc.).

La planta recicladora de llantas además de ser rentable se presenta como un bien para la sociedad ya que promueve la generación de empleos y al mismo tiempo contribuye en la solución de problemas ambientales.

BIBLIOGRAFIA

- Lund, H. (1998). "Manual de reciclaje. Vol. 1". Mc Graw Hill.
- Castells, X. E. "*Reciclaje de Residuos Industriales*". Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Ramos del Valle L.F. "*Vulcanización y Formulación de Hules*". Editorial Limusa y Noriega.
- *Deffis A.C. (1989). "La Basura es la Solución". Editorial Concepto.*
- *Del Val, A. (1991). "El libro del Reciclaje", Manual para la Recuperación y Aprovechamiento de Basuras. Editorial Integral.*
- *Kalpakjian S. & Schmid S. R. (2008) "Manufactura, Ingeniería y Tecnología" México Quinta Edición. Pearson Educación.*
- "Manual de Investigación de Mercados", Programa de Capacitación y Modernización del Comercio Detallista. *Secretaría de Economía, Abril del 2000.*
- Programa de Capacitación y Modernización del Comercio Detallista. *Secretaría de Comercio y Fomento Industrial "SECOFI", (2000). "Manual de Estrategias de Operación".*
- Programa de Capacitación y Modernización del Comercio Detallista. *Secretaría de Economía (2000). "Manual de Análisis de la Competencia".*
- "*EPA*" *United States Environmental Protection Agency*, y "*SEMARNAT*" (2010). "Guía sobre aplicaciones de reciclaje y gestión de las llantas de desecho en E.U.A y México".
- *WENLAI F. ISAYEV, A.I. (2006). "Polymer engineering and science".*
- Baca Urbina G. "*Evaluación de proyectos*". Sexta Edición. Mc. Graw Hill.

FACTOR DE CONVERSIÓN PARA UNIDADES SI

PROPIEDAD	PARA CONVERTIR DE	A	MULTIPLICAR POR
Aceleración	pie/s ²	m/s ²	3.048×10^{-1}
Ángulo	grado	rad	1.745×10^{-2}
	minuto	rad	2.909×10^{-4}
	segundo	rad	4.848×10^{-6}
Área	pulg ²	m ²	6.452×10^{-4}
	pie ²	m ²	9.290×10^{-2}
	pulg ²	mm ²	6.452×10^2
	pie ²	mm ²	9.290×10^4
Densidad	lb/pulg ³	kg/m ³	2.768×10^4
Energía	pie · lb	J	1.356
	Btu	J	1.054×10^3
	caloría	J	4.184
	watt · h	J	3.600×10^3
Fuerza	kgf	N	9.807
	lb	N	4.448
Longitud	pulg	m	2.540×10^{-2}
	pie	m	3.048×10^{-1}
Masa	lb	kg	4.536×10^{-1}
	tonelada (métrica)	kg	1.000×10^3
	tonelada (corta)	kg	9.072×10^2
Potencia	hp	W	7.457×10^2
	Btu/min	W	1.757×10
	pie · lb/min	W	2.260×10^{-2}
Presión, esfuerzo	lb/pulg ²	Pa	6.895×10^3
	bar	Pa	1.000×10^5
	atmósfera	Pa	1.013×10^5
Térmica	Btu/h · pie · °F	W/m · K	1.730
	cal/s · cm · °C	W/m · K	4.184×10^2
	Btu/lb · °F	J/kg · K	4.184×10^3
Torque	lb · pulg	N · m	1.130×10^{-1}
	lb · pie	N · m	1.356
Velocidad	pie/min	m/s	5.080×10^{-3}
	rpm	rad/s	1.047×10^{-1}
Volumen	pulg ³	m ³	1.639×10^{-5}
	pie ³	m ³	2.832×10^{-2}
	pulg ³	mm ³	1.639×10^4
	pie ³	mm ³	2.832×10^7
	galón (EUA)	litro	3.785
OTRAS CONVERSIONES	lb/pulg ²	kgf/mm ²	7.030×10^{-4}
	lb/pulg ³	g/cm ³	2.768×10
	kg/mm ²	MPa	9.807
	Btu/h · pie · °F	cal/s · cm · °C	4.134×10^{-3}
	onza	g	2.835×10
	micropulgada	micra	2.540×10^{-2}
	angstrom	m	10^{-10}
	tonelada métrica	kg	10^3
tonelada corta	lb	2.240×10^3	