

Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos

LAURA CARDONA GÓMEZ

LUZ MARÍA SANCHEZ MONTOYA

ASESORES:

CLARA INES BARRETO

Ingeniera Mecánica

Magister en Ingeniería área Nuevos Materiales

GLADIS ESTELA MORALES

Química. M.Sc. Química. Ph.D. Biología

Líder Grupo GEMA

Especialización en PML
Universidad de Medellín

Medellín

2011

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	13
METODOLOGÍA	14
ANTECEDENTES (CASOS EXITOSOS REGISTRADOS EN LA UTILIZACIÓN DEL RESIDUO DE LLANTAS)	15
1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PISOS	21
1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PISOS	21
1.2 PISOS DE CAUCHO	24
1.2.1 Ventajas y desventajas de los pisos de caucho	26
1.2.2 Casos exitosos en la fabricación de pisos con caucho reciclado	29
2. GENERALIDADES DE LAS LLANTAS	38
2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS LLANTAS	38
2.2 FABRICACIÓN DE LAS LLANTAS	40
2.3 PARTES DE LAS LLANTAS	42
2.4 MATERIALES QUE COMPONEN LAS LLANTAS	45
2.5 MERCADO DE LLANTAS EN COLOMBIA	50

2.6	GENERACIÓN DE RESIDUOS DE LLANTAS	52
2.7	ESTADO ACTUAL DE LA DISPOSICION DE LOS RESIDUOS DE LLANTAS	54
2.8	IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL RESIDUO DE LLANTAPRCESO DE RECICLAJE DE LLANTAS	
3.	PROCESO DEREICLAJE DE LLANTAS	58
3.1	TERMOLISIS	58
3.2	PIROLISIS	59
3.3	INCINERACION	59
3.4	TRITURACION	59
3.5	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA UNO DE LOS PROCESOS DE RECICLAJE DE LLANTAS	60
3.6	OBTENCION DE ARENA PLASTICA APARTIR DEL PROCESO DE TRITURACION MECÁNICA Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA	63
3.6.1	Maquinaria y tecnología utilizada para la obtención de arena plástica	64
3.6.2	Aplicaciones de la arena plástica en la industria	71
4	UTILIZACION DE LA ARENA PLASTICA PARA LA FABRICACION DE PISOS DECORATIVOS	73
4.1	REQUISITOS DEL PRODUCTO VS PROPIEDADES DEL MATERIAL	73
4.2	PROCESO PARA LA OBTENCION DE PISOS DECORATIVOS	74

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Características por tipos de pisos	21
Tabla 2 Principales propiedades de los pisos de caucho	26
Tabla 3 Características de los pisos de caucho según fabricantes	27
Tabla 4 Características de los pisos Play-time	30
Tabla 5 Composición de las Llantas	45
Tabla 6 Clasificación de los cauchos	49
Tabla 7 Propiedades del Caucho de llantas	49
Tabla 8 Volumen de generación de residuos en Colombia	52
Tabla 9 Ventajas y desventajas de los procesos de reciclaje de llantas	60
Tabla 10 Apariencia del material obtenido del reciclaje por trituración mecánica	69
Tabla 11 Comparación de las propiedades de la arena plástica en relación con la cerámica y la madera	73

LISTADO DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Apariencia de los pisos decorativos fabricados por Play-Time	32
Figura 2	Apariencia de los pisos decorativos fabricados por Mat-Pro	33
Figura 3	Apariencia de pisos ECOsurface Marca ECORE	34
Figura 4	Pisos de caucho elaborados por Alforex	35
Figura 5	Apariencia de tapetes y camas para ganado	36
Figura 6	Tipos de llantas: a) llanta convencional, b) llanta radial	39
Figura 7	Diagrama de flujo del proceso de fabricación de llantas	41
Figura 8	Partes de las llantas	44
Figura 9	Propiedad de deformación de los elastómeros	47
Figura 10	Mercado total de llantas importadas en Colombia	51
Figura 11	Composición de los residuos generados en Colombia	53
Figura 12	Ciclo de infección por vectores transmisores de enfermedades.	56
Figura 13	Trituración mecánica para la obtención de Arena Plástica	69
Figura 14	Obtención de pisos decorativos a partir de Arena Plástica	76

GLOSARIO

- **Aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas.** Es la recuperación y el procesamiento de las llantas usadas, con el objeto de destinarlas a los mismos fines a los que se destinaban originalmente mediante el reencauche o a otros procesos como el reciclaje.
- **Llanta usada.** Toda llanta que ha finalizado su vida útil y se ha convertido en residuo sólido.
- **Reciclaje de llantas.** Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman las llantas usadas prima para la fabricación de nuevos productos.
- **RDLL:** Residuo De Llantas
- **Arena Plástica:** Material obtenido del reciclaje mecánico de las llantas. Posee diferentes aplicaciones dependiendo de su diámetro.

RESUMEN

La presente monografía consiste en una recopilación de información alrededor del tema de pisos y el de reciclaje de llantas para su utilización como materia prima para la elaboración de pisos decorativos de caucho.

Inicialmente en el capítulo 1, se presentan los tipos de pisos y sus características de acuerdo al material que los compone, haciendo especial énfasis en los pisos fabricados a base de caucho, para conocer sus principales propiedades y los casos exitosos en su fabricación.

En el capítulo 2 se habla de las generalidades de las llantas, de sus partes y componentes, de las características de los materiales que las componen. También se habla de cómo se comporta el mercado de llantas en Colombia el cual está directamente relacionado con la generación de este residuo.

El capítulo 3 gira en torno de todo lo relacionado con los procesos utilizados para el reciclaje de llantas, seleccionando como el más apto para la fabricación de pisos decorativos el Reciclaje Mecánico del cual se obtiene la llamada “Arena Plástica”.

Finalmente en el capítulo 4 se realiza una prepueta de un proceso industrial para la obtención de pisos decorativos a partir de llantas usadas, las cuales son convertidas en arena plástica mediante reciclaje mecánico.

INTRODUCCIÓN

Podemos decir, en términos generales, que el reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter un material ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto e introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida.

Existen en el mercado miles de productos que se pueden reciclar, entre los cuales se encuentran las llantas. En Colombia gran parte de las llantas luego de su uso, son almacenadas en depósitos clandestinos, techos o patios de vivienda y en espacios públicos (lagos, ríos, calles y parques) con graves consecuencias en términos ambientales, económicos y sanitarios. Las llantas usadas se convierten en el hábitat ideal para vectores como las ratas y mosquitos, que transmiten diferentes enfermedades. Cuando las llantas usadas se disponen en botaderos a cielo abierto, contaminan en suelo, los recursos naturales renovables y afectan el paisaje. Adicionalmente, generan dificultades en la operación de los rellenos sanitarios.

Adicionales a los impactos causados por la disposición de llantas existen un impacto alto en la fabricación de estas, ya que para su producción requieren diversas materias primas como agua, energía, hidrocarburos, textiles, acero, azufre, pigmentos entre otros, lo cual implica necesariamente un impacto sobre el medio ambiente.¹

Para el reciclaje de llantas existen diversos procesos ya desarrollados, uno de ellos es el reciclaje por trituración mecánica, de este proceso se obtiene el producto denominado “Arena Plástica” el cual tiene diversas aplicaciones

¹ Guía para el manejo de Llantas Usadas. Un sector transporte con operación más limpia. Primera edición. Cámara de Comercio de Bogotá. 2006.

y sobre el cual se propone en esta monografía usarlo como materia prima para la fabricación de pisos decorativos.

En nuestro país, existen normas que reglamentan el tratamiento adecuado de algunos residuos que causan un gran impacto en su disposición final regulados por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial mediante los planes posconsumo de residuos peligrosos. Formular e implementar un proyecto enfocado al reciclaje de las llantas, es una gran oportunidad para permitir una adecuada disposición a este tipo de residuos que por ley las empresas importadoras y productoras de llantas deben recolectar.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tratamiento, reutilización y reciclaje de residuos sólidos se ha convertido en una oportunidad para lograr que diferentes materiales sean reincorporados a procesos productivos, alargando de esta manera la vida útil y disminuyendo los impactos ambientales negativos generados por los diferentes productos y materiales.

Uno de los residuos del sector automotriz que mayor impacta el medio ambiente son las llantas, ya que ocasionan serios problemas de contaminación de las aguas, los suelos, el aire cuando se queman a cielo abierto y adicional son sitios potenciales de reproducción del moscos transmisores de la enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis equina.

Colombia cuenta con un gran mercado de llantas, y por ende un alto volumen de generación de este residuo, el Ministerio de Medio Ambiente estimó que en Colombia en el 2008 hubo un consumo de 4.493.092 llantas de camiones, busetas, automóviles y camionetas, esto es el equivalente a 61.000 toneladas de residuos de llantas al año.²

En Julio del 2010 el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial expidió la Resolución 1457 de 2010, “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones”. Esta resolución establece que los productores e importadores de llantas deben disponer puntos autorizados para la recolección, acopio, transporte y disposición final de las llantas usadas.

Este escenario representa una gran oportunidad de mercado, para proponer nuevos tratamientos y aplicaciones de residuo de llantas, dando solución al problema de disposición de llantas y creando procesos innovadores de reciclaje y aprovechamiento de residuos.

² Resolución 1457 de 2010 del MAVDT

JUSTIFICACIÓN

Las llantas son un material de gran potencial para el reciclaje y el aprovechamiento, están compuestas por elementos como el caucho, el hierro y la fibra textil, los cuales son susceptibles a ser transformados y reincorporados a nuevos procesos productivos por medio del reciclaje.

En este sentido, para dar solución al problema de disposición generado por el mal manejo de este residuo, se pretende proponer nuevas aplicaciones para los residuos de llantas usándolos como pisos decorativos para espacios interiores como jardines escolares, gimnasios, colegios y oficinas.

Para la aplicación en estos usos el caucho reciclado proveniente de las llantas usadas ofrece excelentes características como: impermeabilidad, amortigua golpes en caídas, aumenta la fricción previniendo resbales o caídas.

La alta generación de residuos de llantas, según lo indica el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, y el pobre mercado de reciclaje de este material debido a la poca tecnología existente para tal fin en Colombia, representan una oportunidad de mercado con altos beneficios tanto económicos como de conservación del medio ambiente.

OBJETIVO

Proponer un proceso que contenga las diferentes etapas necesarias para convertir las llantas usadas en pisos decorativos para espacios interiores como jardines escolares, gimnasios, colegios y oficinas.

Objetivos Específicos:

- Investigar y conocer las principales características de los componentes de las llantas usadas
- Investigar las tecnologías existentes para el reciclaje de llantas.
- Recopilar información sobre los diversos usos del producto resultante de llantas recicladas.
- Proponer un sistema que reduzca la contaminación ambiental asociada a la disposición final de las llantas.
- Aplicar el concepto de Producción Más Limpia a las llantas, concretamente, en la etapa de disposición final.

METODOLOGÍA

Para recopilar la información sobre los diversos usos del residuo de llantas se consultaron diferentes herramientas como: bases de datos (Science Direct, EBSCOhost, entre otras), Internet (se empleó como base para la búsqueda), enciclopedias, libros, entre otros. Esto con el fin de tener una historia del arte y saber que aplicaciones se han desarrollado para darle un uso al residuo de llantas usadas.

Una vez conocidos los usos y aplicaciones de las llantas usadas, se realizó una búsqueda de tecnología para definir los métodos y procesos necesarios para lograr convertir el residuo de llantas en el producto final que se plantea “pisos decorativos”.

Para conocer el proceso y la tecnología se desarrolló una salida de campo “Mundo Limpio” empresa única a nivel nacional que cuenta con la tecnología para el reciclaje de llantas, y de esta manera se conocieron los procesos para obtener la arena plástica que es el insumo para los pisos decorativos.

ANTECEDENTES

El residuo de llantas ha sido utilizado en diferentes aplicaciones y en la fabricación de elementos como:

- Zapatos (huarache).
- Láminas de suela para calzado rudo.
- Bolsos con cámaras de llanta.
- Tapetes personalizados para el mouse de la computadora.
- Elaboración de tapetes tejidos con tiras de llantas.
- Elaboración de Macetas.
- Mangueras.
- Juegos infantiles.
- Camas en los establos.
- Se utilizan para anclar lonas que sirven para proteger el alimento de los animales. - El caucho de las llantas puede convertirse en loseta para pisos con una apariencia muy agradable y gran durabilidad.
- Bloques que se pueden superponer para formar muros de contención en proyectos de construcción.
- Construcción de muros sólidos, uniéndolos con varilla.
- Puede ser aprovechado para la pavimentación de avenidas y carreteras, ya que la arena plástica obtenida de la trituración de la llanta mezclada con pavimentos, da como resultado concreto de alta resistencia.

- Para formar bordes en las carreteras.

- Funciona como aislamiento acústico anti-vibratorio y antisísmico.

ALGUNOS CASOS EXITOSOS REGISTRADOS EN LA UTILIZACIÓN DEL RESIDUO DE LLANTAS

A nivel mundial han sido muchos los casos exitosos en el reciclaje de llantas usadas, dentro de los que se destacan los siguientes casos:

- **Reciclaje de llantas en Mundolimpio, Colombia:**

C.I. PARQUE AMBIENTAL MUNDO LIMPIO S.A. es una empresa dedicada al reciclaje de llantas ubicada en el Km 6. Vía Rionegro – El Carmen de Viboral, Antioquia.

Esta empresa recicla llantas usadas para mediante la trituración mecánica para la elaboración de la materia prima (arena plástica) para diferentes usos como el calzado, sector automotriz, mezclas asfálticas, etc.

- **Reciclaje de llantas en Canadá:**

La empresa NRI cuenta con una planta recicladora en Toronto, en la cual se reciclan 200 toneladas de caucho al año.

El producto principal de NRI, es una mezcla de caucho y fibra y consta de 95% de material reciclado. El caucho reciclado es apto para ser reutilizado como llantas, aunque solo en pequeñas cantidades. El criterio actual es que las nuevas llantas puedan fabricarse hasta con un 10% de contenido (es decir, llantas viejas) sin sacrificar la durabilidad o desempeño en el manejo de la llanta. Symar es utilizado también en vez de sellos de hule para el interior de automóviles y camiones. Otras aplicaciones incluyen hojas moldeadas para suajados, guardafangos para camiones, protectores de diques, así como para paredes y pisos de casas móviles.

- **Caucho reciclado para su utilización en instalaciones deportivas de césped artificial**

Un estudio realizado para Poligras por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) y la consultora medioambiental Applus acredita las cualidades que ofrece el caucho reciclado SBR para su utilización en instalaciones deportivas de césped artificial.

El denominado granulado de caucho ecológico SBR, obtenido del reciclaje por trituración de neumáticos usados, es una solución saludable e inocua que ofrece enormes posibilidades como relleno de instalaciones de césped artificial como un campo de fútbol.

Estas cualidades han sido acreditadas, una vez más, por un reciente estudio elaborado para la firma POLIGRAS IBÉRICA (especializada en la fabricación e instalación de césped sintético) por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) y la consultora Applus Medio Ambiente.

La investigación viene a corroborar que se trata de un material totalmente inerte y por ello no contaminante y respetuoso con la naturaleza y la salud humana. Para llegar a estas conclusiones, los autores del estudio han realizado diferentes prácticas de laboratorio y ensayos científicos empleando como banco de pruebas un campo de fútbol de hierba artificial ubicado en la provincia de Alicante³

Como resultado del estudio se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 1.

³ http://www.poligras.es/notigras/docs/20_07_2007_19_35_27Notigras2baja.pdf (El caucho reciclado, más ecológico que nunca)

Tabla 1. Caracterización del caucho de llantas SBR.

Resultados analíticos		
Analito	Resultado	Interpretación
Agentes oxidantes/Reactividad en contacto con agua	Negativo	H1 y H2. NEGATIVO No explosivo / No comburente
Punto de inflamación	> 75° C	H3. NEGATIVO No inflamable
pH	6,77 U pH	H4. NEGATIVO No irritante
Irritabilidad	Negativo	H4. NEGATIVO No irritante
Toxicidad dérmica y oral en ratas	No Nocivo/ No tóxico	H5 Y H6. NEGATIVO No Nocivo / No tóxico
Carcinogénesis: búsqueda en bases de datos de I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer)	<1% en peso para cancerígenos de grupo 3 y < 0,1 % en peso para cancerígenos de grupo 1 ó 2	H7. NEGATIVO No carcinogénico
Test de Ames	No tóxico / No mutagénico	H10 y H11. NEGATIVO No tóxico para la reproducción / No mutagénico
Sulfuros / cianuros reactivos	<100 mg/Kg / < 50 mg/Kg	H12. NEGATIVO Ausencia de sustancias que emitan gases tóxicos o muy tóxicos
Estudio de lixiviación	H13. Estudiado en la Fase III	
Ensayo de ecotoxicidad	5488 mg/L	H14. NEGATIVO No peligroso para el medio ambiente

- **Reciclado de Neumáticos de Andalucía:**

Reciclado de Neumáticos de Andalucía, S.L. RENEAN, es la segunda planta en España de reciclado de neumáticos del Grupo CGC. Su objetivo es la obtención de granulado de caucho a partir del reciclado de neumáticos usados; basándose en las premisas de recuperación de productos y la protección del medio ambiente.

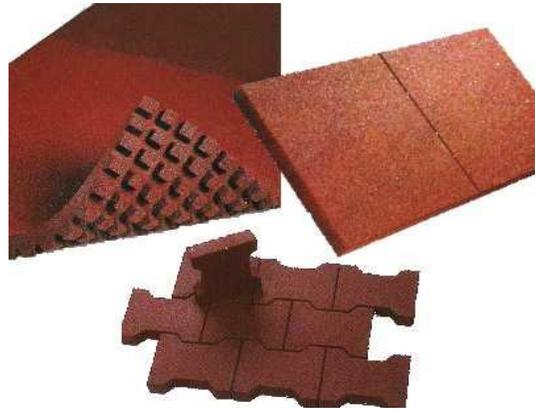
La planta de RENEAN en Espeluy (Jaén - España), se asienta sobre una superficie de 21.400 m² entre almacenes e instalaciones y en su accionariado participa la Conserjería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.

El reciclado de los neumáticos consiste básicamente en la separación de sus componentes básicos, obteniéndose caucho vulcanizado en forma de partículas de distintos tamaños, acero y fibras textiles, para su utilización de nuevo en distintas aplicaciones industriales como:

Polvo de goma para pavimentos de carreteras



Suelos de seguridad para zonas de recreo



Pistas de atletismo



Campos de fútbol de césped artificial



Másticos bituminosos para el sellado
de juntas y grietas



1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PISOS

Todo lo que el hombre desecha tiene posibilidades de ser recuperado y agregarle un nuevo valor. Conscientes de que la problemática actual es la alta generación de residuos sin ningún valor por lo que se convierten en “basura”, se propone encontrar un proceso de recuperación para las llantas al fin de su ciclo de vida para convertirlo en un nuevo producto, en este caso, los pisos decorativos, con la presunción de que las propiedades del residuo de las llantas cumplan los requerimientos de estos.

En este capítulo se hará una recopilación de información sobre los tipos de pisos, haciendo especial énfasis en las características de los elaborados en caucho.

1.1 Clasificación de los pisos

La revista COSNTRUIR ⁴ define los pisos como la superficie inmediata de los suelos de las habitaciones, pasillos, calles, etc. Los fabricantes ofrecen una gran variedad de tipos, cuya elección depende del uso, función, necesidades particulares y específicas, color, diseño y carácter que se haya de proporcionar a un proyecto en particular. La clasificación de los pisos puede hacerse de acuerdo al uso, material y función. En la tabla 1 se muestran las principales características de acuerdo al tipo de piso.

Tabla 1. Características por tipos de pisos

Pisos sintéticos	Dieléctricos	Los pisos dieléctricos proporcionan protección a usuarios en áreas de tableros de altos voltajes y descargas eléctricas. Se venden por rollos, en color negro o similar. Poseen una máxima resistencia a
-------------------------	--------------	--

⁴ <http://www.revistaconstruir.com/infraestructura/pisos/55-tipos-de-pisos>

		los agentes del medioambiente, hongos, desgaste y rayos ultravioleta.
	Corcho	Los pisos de corcho proporcionan un aislamiento térmico y acústico significativo. Son antiderrapantes, no generan suciedad y no atraen insectos. Los colores disponibles son cafés y sus similares. Son fáciles de instalar y poseen una vida útil de unos cinco años, dependiendo del espacio donde sean instalados. Se colocan en residencias y comercios de tráfico mediano.
	Caucho	Los pisos de caucho poseen diferentes usos, tales como habitacionales, institucionales, en clínicas, hospitales, oficinas, centros de cómputo y áreas de cableados y electricidad, pues son conductivos, antiestáticos, antifatiga, antiderrapantes y antibacterianos. Se utilizan también en infraestructuras de servicios, como hoteles, centros de convenciones y salas de recepciones; y por último, en fábricas y plataformas marinas.
	PVC	Los pisos de PVC, que poseen una alta resistencia al desgaste, son higiénicos, resistentes al agua y antiderrapantes. Ayudan a controlar la temperatura interior y a reducir los ruidos del exterior. Están elaborados con una combinación de PVC, fibras de vidrio, tejidos y fieltros. Son fáciles de instalar y de limpiar. Su uso más generalizado es en clínicas, hospitales, etc
Pisos vinílicos		Son impermeables, durables, prácticos y fáciles de limpiar. Con acabados lisos o texturizados, se presentan en baldosas o rollos. Los acabados van desde imitaciones de madera, superficies sólidas de un solo color, combinaciones y diseños de figuras y colores diferentes, etc. Tienen propiedades conductivas y disipantes, por lo tanto, pueden ser instalados en quirófanos, áreas de cómputo y plantas de manufactura de equipo

	<p>electrónico, donde el control de la electricidad estática juega un papel muy importante.</p> <p>El espesor de las piezas varía de 1.4 a 3.2 mm, dependiendo del tráfico y la carga que han de soportar. Las dimensiones promedio de cada pieza son 30.5 x 30.5 cm.</p>
Pisos epóxicos	<p>Son fabricados con arenas epóxicas y resinas de uretano. Sus propiedades incluyen una buena resistencia química y mecánica, buena adherencia al sustrato, fácil instalación, mantenimiento y limpieza; y tienen propiedades conductivas y disipativas con resistencia a tierra de diferentes ohmios. Poseen texturas lisas o rugosas y sus espesores varían entre 1 y 6 mm. Se instalan en espacios donde el aspecto estético se une a la necesidad de resistencia mecánica, el tráfico constante y agentes químicos, como la industria cosmética, la farmacéutica o de alimentos; laboratorios, hospitales, clínicas, hoteles, cines, bares, restaurantes, centros comerciales, etc. Son fáciles de limpiar.</p>
Pisos cerámicos	<p>Las piezas de cerámica se elaboran con base en una mezcla de arcilla y agua, que se somete a una cocción que depende del acabado que se desee. Algunas son revestidas con esmalte para lograr una superficie lisa, que puede ser mate, semibrillante o brillante. Este esmalte, que sirve de protección contra manchas, golpes o rayones; impermeabiliza la pieza y la hace inmune a sustancias grasas o aceitosas. Del tiempo de cocción y del esmaltado depende la resistencia de la pieza a los agentes ambientales y al tráfico que deba soportar.</p>
Pisos industriales	<p>En su elección se deben tener presente los requerimientos operacionales del usuario y las condiciones del sitio. En este rubro encontramos los pisos epóxicos, los vinílicos en toda su gama, los de cemento, concreto hidráulico, terrazo y acrílico.</p> <p>En los pisos de cemento, para evitar que se quiebre o resquebraje, se debe curar el sustrato con suficiente agua. Se prepara la mezcla y se vierte sobre el suelo previamente preparado, el que debe estar limpio, compactado y con mallas o retículas de hierro para asegurar una larga vida útil. A la mezcla se le puede aplicar color, agregar</p>

	<p>incrustaciones de piedras para obtener un acabado diferente al gris natural del cemento y crear diseños.</p> <p>En los pisos de concreto pulido, la capa superficial varía su espesor de acuerdo con el tráfico esperado. Su pulido debe ser mínimo, para evitar accidentes por deslizamientos.</p>
<p>Pisos laminados</p>	<p>En general, son pisos que imitan la madera y sus variedades. También se les llama pisos flotantes, por el método que se utiliza para instalarlos. Se colocan sin pegar, clavar, atornillar o fijar al suelo. Se apoyan sobre una capa de poliestireno que a su vez lo hace sobre el suelo primario, el que debe estar liso, limpio, firme y seco. Esta capa tiene la función de amortiguar el paso, aislar el ruido y evitar los posibles desniveles del sustrato.</p> <p>Están conformados por varias partes: overlay, lámina decorativa, sustrato y lámina estabilizadora. Estas piezas encajan entre sí, creando una superficie lisa, apta para el tránsito de personas. La unión se realiza a través de adhesivos a altas presiones y temperaturas extremas, lo que genera una superficie durable, con acabados de primera calidad. Pueden ser de melanina o pedazos de madera, ambos imitando la madera natural.</p>

Fuente: Tipos de pisos. Revista Construir. Disponible en internet.

<http://www.revistaconstruir.com/infraestructura/pisos/55-tipos-de-pisos>

En la clasificación de los pisos sintéticos, se encuentran los pisos de caucho en los cuales se concentrará este proyecto y se describen ampliamente en el ítem siguiente.

1.2 Pisos de caucho

Como vimos en el ítem anterior los tipos de pisos poseen diferentes aplicaciones y características, los pisos de caucho son utilizados en

diferentes aplicaciones y tienen características y propiedades que los identifican, como se describe a continuación⁵.

Durabilidad:

Los pisos fueron concebidos para durar. Su elevada resistencia a la abrasión permite soportar severas condiciones de uso.

Absorción de sonido:

Las propiedades acústicas del caucho posibilitan la atenuación de todo tipo de ruidos molestos, creando un ambiente confortable.

Aislante eléctrico:

Su característica especial de actuar como aislante eléctrico, posibilita el cumplimiento de normas de seguridad indispensables.

Aislante térmico:

Los pisos de caucho son también excelentes aislantes térmicos, lo cual permite crear climas adecuados durante todas las épocas del año.

Antideslizante:

Su bajo coeficiente de deslizamiento los hace particularmente seguros en lugares como escalera, rampas y pasillos.

Resistencia a las quemaduras de cigarrillo:

Los pisos de caucho no son afectados por las colillas de cigarrillos encendidas, a lo sumo pueden producir un ligero manchado fácilmente removible por los sistemas convencionales de limpieza.

Mantenimiento:

Son ideales para los lugares de alto tránsito sin requerir cuidados especiales. Su acabado, libre de poros, permite un mantenimiento sencillo y a su vez económico.

Confortable:

Los pisos de goma son elásticos y flexibles: presentan cualidades de

⁵ Pisos de Goma INVELVAL. Disponible en internet.
<http://www.evrosoluciones.com.ar/pisos%20de%20goma.htm>

amortiguación que los hacen mucho más confortables para trabajar, estar de pie o caminar.

Según la ficha técnica de los pisos de Caucho fabricados por ALFA⁶ los rangos de las principales propiedades de estos pisos son las que se muestran en la tabla 2 .

Tabla 2. Principales propiedades de los pisos de caucho

PROPIEDADES	NEGRO	OTROS COLORES	PRUEBA ICONTEC
Dureza	80+- 5	80+-5	467
Densidad g/cm ³	1.57+-0.1g/cc	1.57+-0.1g/cc	456
Carga de ruptura psi	1200 mínimo	800 mínimo	444
Rasgado psi	200 mínimo	200 mínimo	445
Resistencia al desgaste 5%	60 mínimo	40 mínimo	502
Deformación por compresión %	40 mínimo	50 mínimo	724
Resistencia al marcado	Excelente	Excelente	
Resistencia electrica ohm cm	10 (13)	10(13)	Din51961
Aislamiento acustico db	25 mínimo	25 mínimo	Din 52210
Asilamiento termico m ² kb	0.016	0.016	Din 52612

Fuente: Ficha técnica. Pisos de Caucho. FABRICANTE Alfagres S.A. Disponible en internet.

<http://www.alfa.com.co/descarga/pdf/fichas/alfombramadera/caucho.pdf>

Según las propiedades de los pisos de caucho, se puede ver que el caucho proporciona a los pisos características de dureza, densidad, resistencia al desgaste, resistencia al marcado, resistencia eléctrica, aislamiento acústico y térmico que hacen que los pisos tengan diferentes aplicaciones de acuerdo a las necesidades.

1.2.1 Ventajas y desventajas de los pisos de caucho

⁶ Ficha técnica. Pisos de Caucho. FABRICANTE Alfagres S.A

Existen muchos fabricantes dedicados a la elaboración de pisos a base de caucho, cada uno de ellos describe las características de su producto, en la tabla 3 se muestra las características de estos, según cada uno de los fabricantes.

Tabla 3. Características de los pisos de caucho según fabricantes

Fabricante	Características
Alfagres S.A (ALFA)	<p>Brindan seguridad y protección, en zonas de alto tráfico como almacenes, centros comerciales, hoteles, oficinas e industrias en general.</p> <p>El material con el tráfico no presenta alteración en su apariencia y propiedades físicas, no propaga las llamas y al no ser conductor de la corriente es ideal para zonas de cómputo.</p>
RUBBERTEC & CIA LTDA	<p>Fácil instalación por cuanto es un piso modular que no se pega a la superficie, solo se ensambla como un rompecabezas.</p> <p>Absorbe el impacto de pesas, mancuernas, bultos, pisadas de caballos, vacas,, etc.</p> <p>Se fabrica en espesores de 2 y de 1 cms.</p>

	<p>Los colores en que se fabrica son: negro, gris, verde, azul, rojo, naranja.</p> <p>Usos más frecuentes: en gimnasios, establos, caballerizas, bodegas, barcos, etc.</p>
ALFOREX LTDA	<p>Son antideslizantes y resistentes a la tensión. Se ofrece en varios colores (negro, gris, azul, verde y rojo). Se instala frecuentemente en gimnasios, salas de belleza, ascensores, almacenes, bodegas, talleres, cocinas, baños, áreas de trabajo pesado, discotecas, zonas recreativas para niños y niñas, almacenes y ludotecas.</p> <p>Contamos con tres tipos de acuerdo a la presentación: espina de pescado, círculos y cuadros.</p>

Fuente: Elaboración propia

Según la información de los proveedores, las principales características de los pisos son seguridad y confort, además de otras como son:

- Amortiguación de impactos
- Antideslizantes
- Resistentes al agua
- Resistencia a la temperatura
- Atenuación de ruido y vibraciones

- Facilidad instalación, mantenimiento y almacenamiento.
- Sirven de aislante térmico entre la superficie y la placa de concreto.
- Antideslizantes.
- Resistente a los golpes e impactos de objetos que caen sobre el piso.

Estas características se toman como referencia sobre los requerimientos del producto para verificar, en el transcurso del proyecto, si es posible que el material obtenido de la recuperación de las llantas pueda ser usado en este tipo de producto.

En el siguiente ítem, se presentan casos exitosos de la aplicación de la recuperación de llantas al final de su ciclo, en la elaboración de pisos decorativos.

1.2.2. Casos exitosos en la fabricación de pisos con caucho reciclado

En países como Argentina, existe una política muy fuerte en cuanto al manejo de llantas usadas, representada por la Comisión Permanente de Trabajo para el Reciclado de Neumáticos Usados, la cual tiene como objetivo "la evaluación y desarrollo de las diversas propuestas logísticas y tecnológicas de reutilización de neumáticos al fin de su vida útil, y la promoción de la Legislación Ambiental específica."⁷ Esto ha llevado a consolidar empresas dedicadas al reciclaje de llantas como: Playtime y Mat-Pro, estas dos empresas argentinas utilizan como materia prima las llantas usadas para fabricar baldosas de caucho.

⁷ REUTILIZACION, RECICLADO Y DISPOSICION FINAL DE NEUMATICOS. Departamento de ingeniería mecánica F.I.U.B.A. GUILLERMO CASTRO. DICIEMBRE 2007. Disponible en internet en: <http://materias.fi.uba.ar/6717/Sobre%20Neumaticos%20Fuera%20de%20Uso.pdf>

Play-time⁸ comercializa pisos denominados “Pisos anti golpes de Flotación”, sus principales características comparados con la arena se presentan en la tabla 4. En la figura 1 se puede observar la apariencia de estos pisos.

Tabla 4. Características de los pisos Play-time

Tipo de protección anti golpes	Arena	Piso de flotación espacial playtime
Nivel de protección de seguridad ante caídas	<p>Para que la arena sea efectiva, tiene que existir siempre un nivel parejo para absorber los posibles impactos</p> <p>La realidad es que debajo de las zonas de protección se van formando huecos que no se rellenan, quedando así, una superficie muy delgada, que no protege contra impactos fuertes.</p>	<p>Los pisos de seguridad de Playtime siempre ofrecen el mismo nivel de seguridad al ser una superficie continua y pareja. Por lo tanto se garantiza una superficie muy suave que protege efectivamente las cabezas y cuerpos de los niños.</p> <p>Disponibles para protección ante 2 alturas :</p> <p>Espesor 5 cm: caídas de hasta 200 cm</p> <p>Espesor 2.5 cm:: caídas de hasta 130 cm</p>
Nivel de higiene	<p>Como es sabido por análisis bacteriológicos, la arena es considerada antihigiénica, ya que absorbe todas las sustancias tóxicas provenientes de desechos animales como los de perro, gatos, palomas, etc. etc.. además, oculta objetos peligrosos como agujas de hipodérmicas, vidrios, metales, etc.</p>	<p>Los pisos de flotación espacial Playtime, son completamente lisos en su superficie exterior, por lo cual impiden que cualquier elemento indeseable, tanto físico como químico, se introduzca en su interior.</p>

⁸ Showroom Central Playtime. Argentina. Disponible en internet en: http://www.playtime.com.ar/pisos_flotacion_espacial.htm

<p>PROTECCION ANTIVANDALISMO</p>	<p>Si bien la arena, es un elemento relativamente barato, se la debe reponer en forma permanente, además de los temas de higiene.</p>	<p>Disponemos de adhesivos antivandalismo, que impiden el robo de las baldosas, cuando estan correctamente instaladas segun nuestras instrucciones.</p>
<p>Confort - Ergonomía - Durabilidad y resistencia a los rayos UV.</p>	<p>La arena, dificulta el caminar y además, es arrastrada por el viento. Suele estar mojada , o sucia la mayoría del tiempo. Tarda en secarse y después de una lluvia, los espacios de juego no se utilizaran por un tiempo. Del punto de vista de confort, no es lo mas adecuado para el piso en el área de juegos</p>	<p>Los pisos se mantienen inalterables debido a que su construccion es muy robusta y <u>la capa superior (de transito) no es pintada, sino de goma altamente compactada</u> , La capa inferior, es de goma mucho mas gruesa y aireada, y absorbe los posibles impactos que pudieran ocurrir . Nuestros pisos poseen colores firmes en su superficie.</p>
<p>Relación Costo - Beneficio</p>	<p>Indudablemente la arena aparenta ser mas económica en el corto plazo, pero desde el punto de vista de seguridad, higiene y mantenimiento, la ecuación se va invirtiendo en contra de la Institución.</p>	<p>Los pisos de flotación espacial, requieren una inversión inicial, que puede ser financiada por la Institución. El máximo de seguridad posible para los niños mas el mínimo de mantenimiento que requieren, hacen que a la larga la elección de estos pisos sea un excelente negocio...!</p>

Fuente: http://www.playtime.com.ar/pisos_flotacion_espacial.htm

Figura 1. Apariencia de los pisos decorativos fabricados por Play-Time



Fuente: Pisos antigolpes Playtime Colegio Misericordia de Flores (Argentina). Disponible en internet:

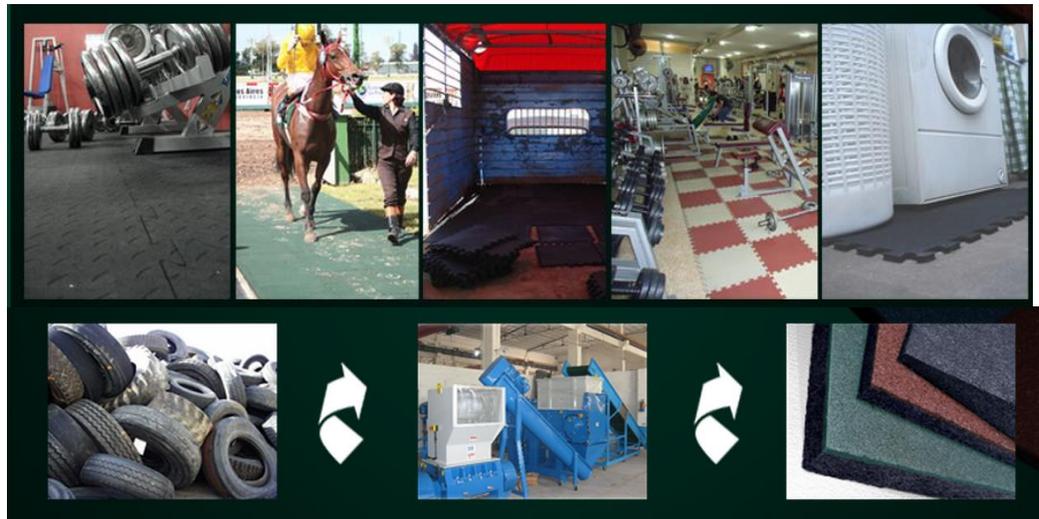
http://www.playtime.com.ar/pisos_antigolpes/Pisos_antigolpes07.html

Los pisos elaborados por MAT-PRO son pisos fabricados agregando poliuretanos de alta calidad, como aglutinante, otorgando características óptimas en distintos usos de la vida cotidiana del hombre: usos estéticos, de confort, de seguridad, de higiene y de calidad. Además de la resistencia mecánica, adherencia al paso, y seguridad.⁹ En la figura 2 puede observarse su apariencia.

Las principales características son: comodidad, amortiguación de golpes, aislación de humedad, aislación térmica y acústica (según compuestos y espesores), variedad de colores, calidez, y soluciones para interior y exterior.

⁹ Mat -Pro - Pisos de Caucho Reciclado con Poliuretano. Argentina. Disponible en internet en : <http://www.mat-pro.com.ar/mat/>

Figura 2. Apariencia de los pisos decorativos fabricados por Mat-Pro



Fuente: Mat -Pro - Pisos de Caucho Reciclado con Poliuretano. Disponible en internet: <http://www.mat-pro.com.ar/mat/>

Otro caso exitoso en la elaboración de pisos a partir de caucho usado es reportado en Estados Unidos, allí la empresa ECORE Intl. Cada año recicla sobre 80 millones de libras de desechos de caucho, ahorrando así más de un millón de barriles de crudo y evitando el descartar al basurero sobre 2,000 cargas de camiones llenos de llantas desechadas.¹⁰

La materia prima usada por ECORE es una combinación de caucho reciclado de llantas (SBR) y Etileno-propileno (EPM-EPDM), estos materiales se encuadernan en una red elastométrica por un proceso de baja energía que requiere un mínimo de agua, evita el calor, y reúsa los desechos de la línea de producción, disminuyendo los residuos. Su apariencia se puede observar en la figura 3.

¹⁰ ECOsurfaces Commercial Flooring. Disponible en internet en: <http://www.ecosurfaces.com/about.php>

Las principales características de los pisos fabricados ECORE, llamados ECOsurface son: Bajos Costos, contenido reciclable, no tóxico, cero Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), resistente a abrasión, extrema durabilidad, insuperable longevidad, fácil Instalación – libre de soldadura de calor, bajo costo inicial, mantenimiento fácil, a bajo costo y acabado de fabrica. ¹¹

Figura. 3 Apariencia de pisos ECOsurface Marca ECORE



Fuente: <http://www.ecosurfaces.com/spanish.php>

En Colombia existen empresas que fabrican pisos de caucho como ALFOREX LTDA y PLATIGOMA.

ALFOREX¹² se dedicada a la producción, distribución y mercadeo de alfombras, tapetes publicitarios y atrapa mugre, pisos de caucho, grama

¹¹ ECOsurfaces Commercial Flooring. Disponible en internet en:
<http://www.ecosurfaces.com/about.php>

¹² ALFOREX LTDA. Disponible en internet en :
<http://www.alforexalfombras.com/?vp=1&ver=1&id=858µ2=alforexa&leng=sp>

sintética, juegos de tapete para vehículo, juegos de baño, piedecamas, cortinas y persianas. Esta empresa utiliza como materia prima caucho no reciclado. En la figura 4 se observa la apariencia del producto elaborado por Alforex.

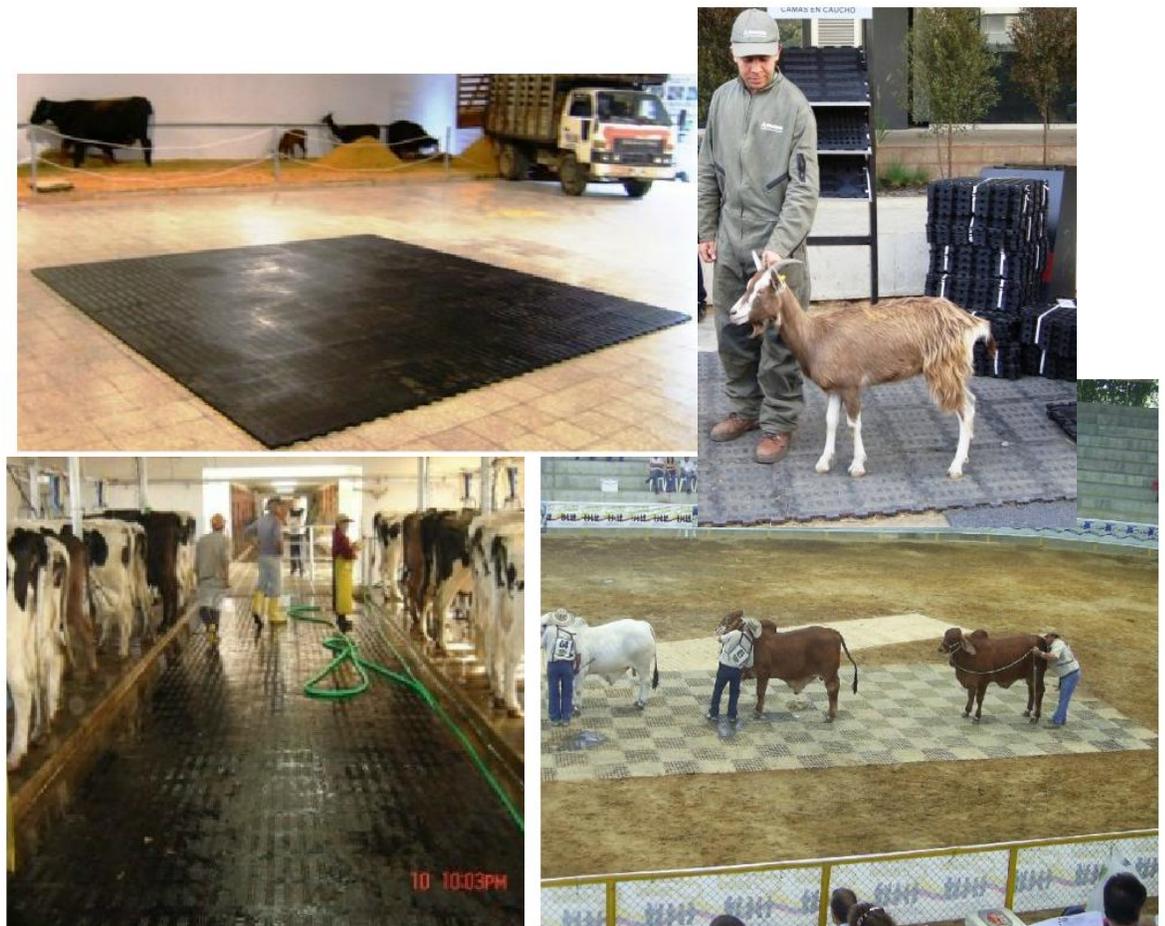
Figura 4. Pisos de caucho elaborados por Alforex



Fuente: ALFOREX LTDA. Disponible en internet en :
<http://www.alforexalfombras.com/?vp=1&ver=1&id=858µ2=alforexa&le ng=sp>

PLASTIGOMA es una empresa ubicada en Manizales dedicada a la elaboración de tapetes de caucho. Esta empresa se ha especializado en la fabricación de tapetes y camas para ganado como se observa en la figura 5. Los tapetes fabricados por PLASTIGOMA son a base de caucho natural y caucho reciclado o regenerado como ellos le llaman por medio de procesos de trituración mecánica.

Figura 5. Apariencia de tapetes y camas para ganado



Fuente: PALSTIGOMA. Disponible en internet en:

<http://www.plastigoma.com/galeria-de-imagenes/27.html>

Como se puede ver en este capítulo, el caucho es un material ampliamente usado para la fabricación de pisos. El uso de material reciclado de llantas para la fabricación de pisos decorativos se ha desarrollado en países como Argentina y Estados Unidos. En Colombia existen algunas empresas que utilizan caucho sin reciclar como Alforex y caucho reciclado para tapetes y camas para ganado como Plastigoma, pero no existe un mercado dedicado

a la fabricación de pisos decorativos, por tanto teniendo en cuenta que a nivel internacional se ha empleado y que en Colombia podría convertirse en una buena alternativa para el reciclaje de llantas, en este proyecto se recopilara información del proceso adecuado para el reciclaje y finalmente el proceso para obtener como resultado final pisos decorativos a partir de llantas usadas.

El en próximo capítulo se hablara de las generalidades de las llantas, de sus partes y componentes, adicional se expondrá el tema de las importaciones de llantas en Colombia y el aumento en la generación de este residuo.

2. GENERALIDADES DE LAS LLANTAS

Para la elaboración de pisos de caucho a partir de residuos de llantas es importante conocer la materia prima y sus principales características, es por eso que en este capítulo se presenta todo lo relacionado con las llantas en su ciclo de vida, desde los materiales hasta la disposición final y sus impactos en el ambiente, con el fin de tener un contexto general alrededor de las llantas usadas que serán utilizadas como insumo principal en la elaboración de pisos decorativos.

2.1. Descripción de las llantas

Las llantas son piezas constitutivas de todos vehículos, conformadas por **caucho, fibras textiles y acero**. Según la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONAE) ¹³ de Argentina, las llantas tienen dentro de sus principales funciones:

- Proveer tracción
- Asegurar el frenado seguro del vehículo.
- Cargar el peso total del vehículo
- Absorben los impactos del camino (sobresaltos, huecos, etc)
- Representan el paso final en la conversión de la energía del combustible en movimiento del vehículo.

En el mercado encontramos llantas convencionales y radiales, cada una con sus

¹³ LLANTAS, USO Y MANTENIMIENTO, Dirección de Transporte CONAE. Disponible en internet en:
http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4084/1/llantas_uso_y_mantenimiento.pdf

Características y ventajas respecto al desempeño y facilidad de disposición. Las llanta convencional se caracteriza por tener una construcción diagonal que consiste en que las fibras de la primera capa del cinturón quedan inclinadas con respecto al centro. Ver figura 6.

En la estructura de las llantas radiales las fibras de la primera capa van dirigidas hacia el centro, formando una especie de óvalos. Sobre éstas, se montan las fibras de la capa estabilizadora que van dirigidas en forma diagonal y se encargan de proporcionar la estabilidad requerida en la llanta. Ver figura 6

Figura 6. Tipos de llantas: a) llanta convencional, b) llanta radial

a)



b)



Fuente: Guía Para el manejo de llantas Usadas. Secretaria de Ambiente de Bogotá. Disponible en internet en:

http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia_llantas.pdf

2.2. Fabricación de las llantas

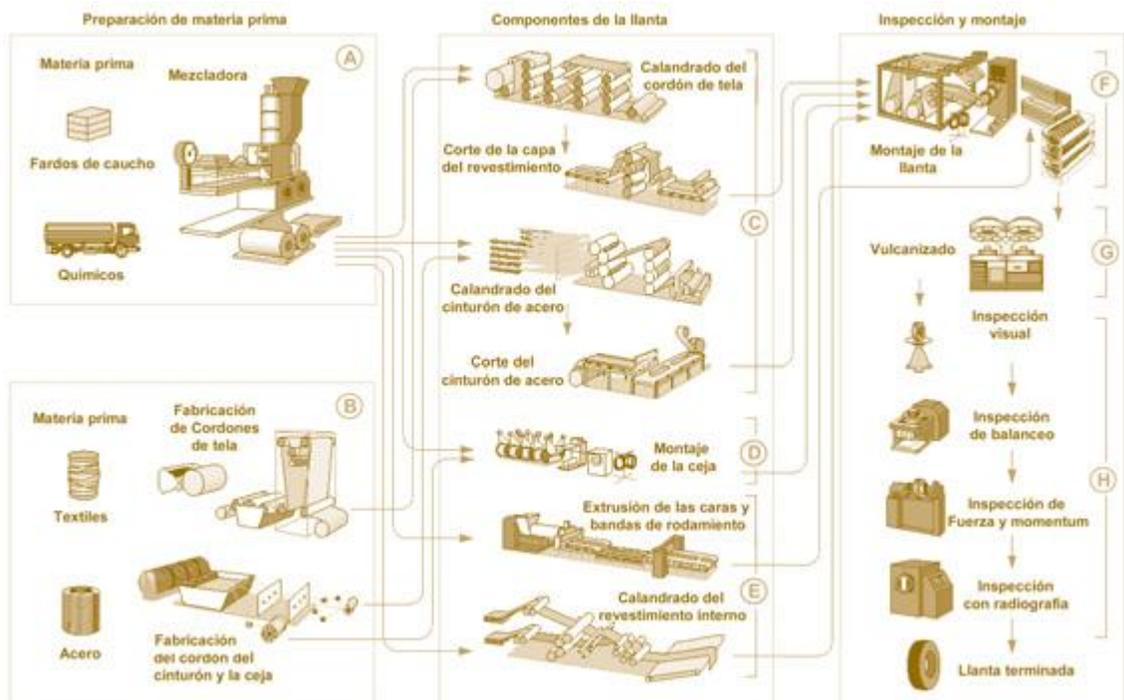
Según la Cámara de Comercio de Bogotá en la Guía Para el manejo de llantas Usadas, la llanta es un producto de alta ingeniería y está hecha de mucho más que caucho; además de éste, fibras, telas y cables de acero son algunos de los componentes que integran el revestimiento interior, las capas del cuerpo, los cinturones, las caras y la banda de rodamiento, razón por la cual la fabricación de este producto requiere de tecnología de punta, equipos pesados, equipos especializados, instrumentos de precisión y por lo tanto mano de obra calificada.

El proceso de fabricación está compuesto por varias etapas. En la figura 7 se muestran las principales etapas de fabricación de llantas como:

- a. Formulación de los compuestos de Caucho: En esta etapa se determina la cantidad de los diversos tipos de caucho y elementos de relleno a utilizar con el fin de obtener la fórmula adecuada para el servicio
- b. Elaboración de los cinturones de textil y acero: Teniendo en cuenta que las llantas deben soportar grandes esfuerzos, algunas vienen con un refuerzo textil y metálico
- c. Operación de calandrado: El calandrado puede entenderse como la formación de láminas de caucho, textil-caucho y acero-caucho.
- d. Fabricación de la ceja: La ceja es un anillo no extensible compuesto que ancla las capas del cuerpo y asegura el neumático a la llanta de modo que no se deslice o dañe el aro, por lo cual está compuesto por el caucho más duro de toda la pieza y acero en su interior.
- e. Operación de extracción: La extrusión es básicamente el proceso de forzar una sustancia con ayuda de presión y temperatura, a través de una geometría determinada para darles forma a las piezas.
- f. Montaje de la llanta: El montaje de una llanta es un proceso por etapas donde se ensambla cada una de las partes fabricadas.

- g. Curado o vulcanización: En la prensa de vulcanización es donde la llanta adquiere su forma y patrón de banda de rodamiento finales. Aquí, los moldes dan forma y vulcanizan la llanta. Los moldes tienen grabados los patrones de banda de rodamiento, las marcas de banda del fabricante y aquellas exigidas por la ley. Las llantas se vulcanizan a más de 300 grados de 12 a 25 minutos y se suceden una serie de reacciones químicas (donde intervienen compuestos azufrados) que le dan características de resistencia, flexibilidad y baja degradabilidad.
- h. Inspección final: Después del proceso de elaboración, las llantas son sometidas a una rigurosa inspección de calidad.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de llantas



Fuente: Guía Para el manejo de llantas Usadas. Secretaria de Ambiente de Bogotá. Disponible en internet en: http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia_llantas.pdf

2.3. Partes de las llantas

Independiente del tipo de llantas, estas son un conjunto de componentes que se fabrican y ensamblan con el fin de garantizar su correcto funcionamiento. Cada uno de los componentes posee una función específica y es constituido por una mezcla particular de materias primas.

Según el fabricante de llantas Bridgestone¹⁴, las llantas están compuestas por diferentes elementos como: Banda de rodamiento, Paredes (costados), Hombro, Talones, Telas de cuerpo (carcasa), Telas estabilizadoras (cinturones estabilizadores), Relleno del talón (Chafer). En la figura 8 se muestran las principales partes que componen una llanta.

A continuación se explica cada uno de sus componentes:

- **Banda de rodamiento**

Es el componente de la llanta más resistente al desgaste por estar en contacto con el camino. La banda de rodamiento tiene que ser diseñada para poseer resistencia al desgaste, tracción, rodado silencioso y baja generación de calor.

La goma (**caucho**) de la banda de rodamiento está compuesta de una mezcla de SBR extendido en aceite y elastómeros de polibutadieno (en neumáticos de gran tamaño también se usa caucho natural) que tiene que ser formulada con adición de negro de humo, aceites, agentes vulcanizantes, y otros compuestos químicos y pigmentos. La composición de la goma (caucho), la forma de la sección transversal del rodado, el número de ribetes y surcos, y el diseño de los elementos de la banda de rodamiento son importantes en la determinación de la calidad del desgaste, la tracción y la generación de temperatura de la llanta.

¹⁴ <http://www.bridgestone.com.co/html/index.php?act=camta>

- **Paredes (costados)**

Son las porciones del contorno de la llanta entre los talones y la banda de rodadura que tienen las funciones primarias de soporte y control en el manejo. El término pared también es utilizado para referirse al caucho que cubre a la carcasa y protege de daños por los bordes del camino. El caucho de la pared es un compuesto de alta flexibilidad y resistente al clima.

- **Hombro**

Es la porción superior de la pared justo bajo el borde de la banda de rodadura. El diseño de los hombros afecta la generación de calor en la llanta y las características de control direccional.

- **Talones**

Están compuestos por alambres de acero de alta tenacidad conformados en un aro inextensible. Las funciones del talón son anclar las telas de cuerpo (carcasa) y retener el ensamble de la llanta con el aro (rin). La forma o contorno del talón se adapta al borde de la rueda para prevenir que la llanta se deslice y desasiente del aro.

- **Telas de cuerpo (carcasa)**

Son capas de cuerdas que se extienden de talón a talón y son los miembros estructurales y de refuerzo de la llanta. Las telas son volteadas hacia arriba alrededor del talón, por lo que permiten bloquear al taloneo en la carcasa de la llanta.

- **Telas estabilizadoras (cinturones estabilizadores)**

Son capas angostas de cuerdas colocadas directamente debajo de la capa de rodadura de la llanta. Las telas estabilizadoras son de ángulo mayor que el de las telas de la carcasa y actúan restringiendo el movimiento de éstas. Debido a la alta

rigidez, las telas estabilizadoras permiten que la llanta resista deformaciones en el área de contacto de la banda de rodadura con el camino. Las telas estabilizadoras deben ser diferenciadas de las telas bajo rodado (cap – ply) que algunas veces se usan en la corona de la llanta. Las telas bajo rodado (cap – ply) tienen un ángulo algo diferente al de las telas de cuerpo pero no las restringen.

Innerliner.- Es el sellante. Es una capa delgada de caucho en el interior de la llanta cuya función es contener el aire comprimido.

- **Relleno del talón (Chafer)**

Son cintas angostas de material colocadas alrededor del exterior del talón para proteger las telas de cuerpo (carcasa) contra el desgaste o cortes del aro (rim), distribuyen la flexión sobre el aro y previenen la penetración de humedad y contaminación dentro del neumático.

Figura 8. Partes de las llantas



Innerliner

Fuente: Partes de un Neumático, Bridgestone. Disponible en internet en: <http://www.neumaticosmedica.com.ar/partes.html>

Según Carlos Mejía¹⁵, director comercial de RESOL Ltda, las partes de las llantas que contiene caucho para reciclarlo son: la banda de rodamiento, la carpa de rodado, la base de Rodado, la goma de amarre de estabilizadores, la pared y el talón. La carcasa o cuerpo de telas está compuesta por Nylon, para el cual no existe una aplicación conocida. El acero proveniente de los alambres del talón es vendido a empresas fundidoras.

2.4. Materiales que componen las llantas

Como vimos en el ítem anterior las llantas están compuestas de varios elementos, y cada elemento está fabricado de diferentes materiales.

Según Encarnación Cano Serrano¹⁶, en su estudio Valorización Material y energética de Neumáticos Fuera de Uso, las llantas se componen esencialmente de caucho sintético o natural, negro de carbono, óxido de Zinc, azufre, acero, material textil y otros aditivos. La siguiente tabla proporciona un listado de las sustancias contenidas en las llantas:

Tabla 5. Composición de las Llantas

Material	Porcentaje
Caucho/ elastómero	48
Negro de Carbono	22
Acero	15
Textil	5

¹⁵ RESOL Ltda. Disponible en internet en : http://www.resol-ltda.com/proceso_de_produccion.html

¹⁶ Valorización Material y energética de Neumáticos Fuera de Uso. Confederación Empresarial de Madrid – CEOE

Óxido de Zinc	1
Azufre	1
Aditivos	8

Fuente: Valorización Material y energética de Neumáticos Fuera de Uso.
Confederación Empresarial de Madrid – CEOE

El caucho es el principal componente de las llantas, seguido del negro de carbono, entre estos 2 compuestos conforman el 70% de las llantas. A continuación se mostraran las principales características de estos componentes.

- **Negro de Carbono**

El negro de carbono es un material resultante de la combustión incompleta de los productos derivados del petróleo. Es usado como relleno para el caucho en las llantas, a menor tamaño de partícula de negro de carbono, mayor será la resistencia a la tracción. El agregado de este material aumenta la resistencia a la abrasión y a la rasgadura del caucho.

- **Caucho**

El caucho constituye el principal componente de las llantas, éste es un elastómero compuesto por hidrocarburos que surge de como una emulsión lechosa de la savia de algunas plantas, pero también puede ser producido sintéticamente.

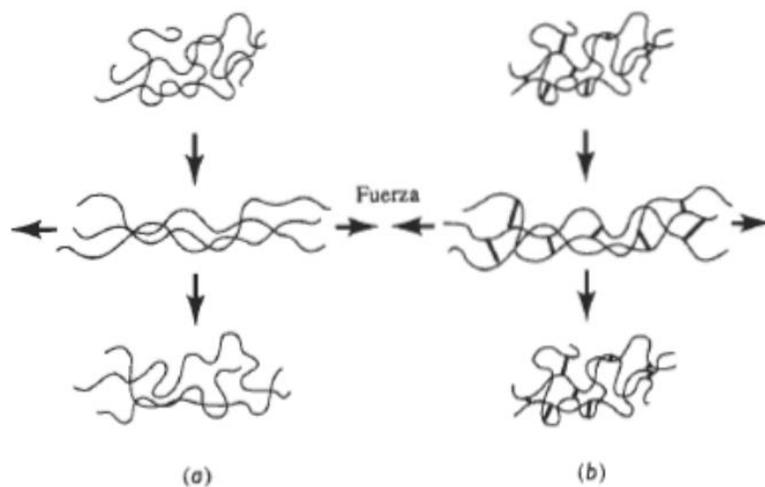
Según Ana Vella Drunker, profesora de ciencia de los materiales de la universidad Nacional de Rosario¹⁷, los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico, son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea (Tg), de ahí esa considerable capacidad de

¹⁷ Elastómeros, Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional de Rosario

deformación. Los elastómeros tienen propiedades que los caracterizan, como la deformación y elasticidad tal como se muestra en la figura 9.

(a) Cuando un elastómero no contiene enlaces cruzados, la aplicación de una fuerza causa a la vez deformación elástica y plástica; una vez removida la carga, el elastómero queda permanentemente deformado. (b) Cuando existen enlaces cruzados, el elastómero quizá puede sufrir una deformación elástica grande; sin embargo, al eliminar la carga, el elastómero vuelve a su forma original.

Figura 9. Propiedad de deformación de los elastómeros



Fuente: Elastómeros, Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional de Rosario

Las principales características de los elastómeros son:

Dureza: La dureza de los cauchos blandos se mide sobre una escala arbitraria, por medio de un indentador de carga de resorte, que emplea un durómetro. Las lecturas de 30 a 50 son típicas del caucho blando, de 60 a 80 del caucho rígido, de 85 a 95 del caucho duro, y más de 98 para el caucho duro inflexible.

Compresión: La propiedad más importante del caucho sujeta a cargas de compresión, es el módulo de elasticidad. Para el caucho blando varía entre 1 y 10

MPa, mientras que para el caucho duro se encuentra alrededor de 1000MPa. El módulo de elasticidad depende de la temperatura del caucho, el tiempo que el caucho haya estado a la temperatura de prueba, el grado de deformación, y la composición y curado del caucho

Resiliencia elástica: La capacidad del elastómero para absorber energía elásticamente se conoce como resiliencia elástica. Energía acumulada hasta el límite elástico. La buena resiliencia de los elastómeros justifica su uso como medio para absorber las cargas de choque. Los elastómeros tienen alrededor de 3 veces la resiliencia de un acero de alta resistencia.

Fluencia: La fluencia se incrementa con el aumento de la temperatura. Las cargas vibratorias producen más fluencia que las estáticas, y cuanto mayores sean las vibraciones, tanto mayor será el efecto.

Histéresis: Se denomina también fricción interna del elastómero, significa la conversión de energía mecánica en térmica, cuando se carga y se descarga el mismo.

Cuanto más blando sea el elastómero, menor será su eficiencia para absorber energía mecánica, mediante su conversión en energía térmica. La conversión de energía mecánica en energía térmica es menos eficiente a temperaturas elevadas.

Fatiga: La carga estática requerida para que se produzca una ruptura en el elastómero, es menor cuanto más prolongado sea el tiempo de su aplicación. La vida dinámica de fatiga se acorta apreciablemente por las temperaturas muy por encima de los 40°C o muy por debajo de -7°C.

Los cauchos pueden ser de fuentes naturales o sintéticas, y existen diversas clases, en la Tabla 6 se muestra la clasificación de los cauchos.

Tabla 6. Clasificación de los cauchos

Elastómeros	Cauchos Naturales	
	Cauchos sintéticos	Estireno butadieno (SBR)
		Polibutadieno (BR)
		Isopreno
		Etileno-propileno(EPM-EPDM)
		Isobutileno-isopreno (IIR)
		Cauchos de nitrilo (NBR)
		Policloropreno (neopreno)
		Cauchos fluorados (CFM-FKM)
		Cauchos de silicona (Q)
		Termoplástico

Fuente: Valorización Material y energética de Neumáticos Fuera de Uso.
Confederación Empresarial de Madrid – CEOE

Según las fichas técnicas de los fabricantes de llantas, donde se reporta su composición, los tipos de caucho más utilizados son: Estireno butadieno (SBR), Polibutadieno y el caucho natural, en la siguiente tabla se pueden observar las principales características de estos elastómeros.

Tabla 7. Propiedades del Caucho de llantas

ELASTÓMERO	PROPIEDADES
Caucho Natural (Poliisopreno)	Excelentes propiedades mecánicas, tracción, flexión y compresión. - Excelente aislante eléctrico, muy buena resistencia a los ácidos diluidos y detergentes.
Polibutadieno	

	- Buena adhesión a tejidos y metales.
Butadieno – Estireno	Muy Buenas propiedades mecánicas. - Resistente al envejecimiento por calor y oxidación. - Buena resistencia a loa ácidos diluidos.

Fuente: Elastómeros, Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional de Rosario

2.5. Mercado de llantas en Colombia

Ya vimos que son las llantas, sus partes, su composición y las características de sus materiales, pero si se quiere utilizar el residuo de llantas como materia prima en la elaboración de pisos, es importante tener una idea de la generación del residuos de llantas en Colombia, para esto se debe conocer como está compuesto del mercado de llantas y las cantidades de que se usan, esto nos da un panorama de la generación de este residuo una vez ha culminado su ciclo de vida.

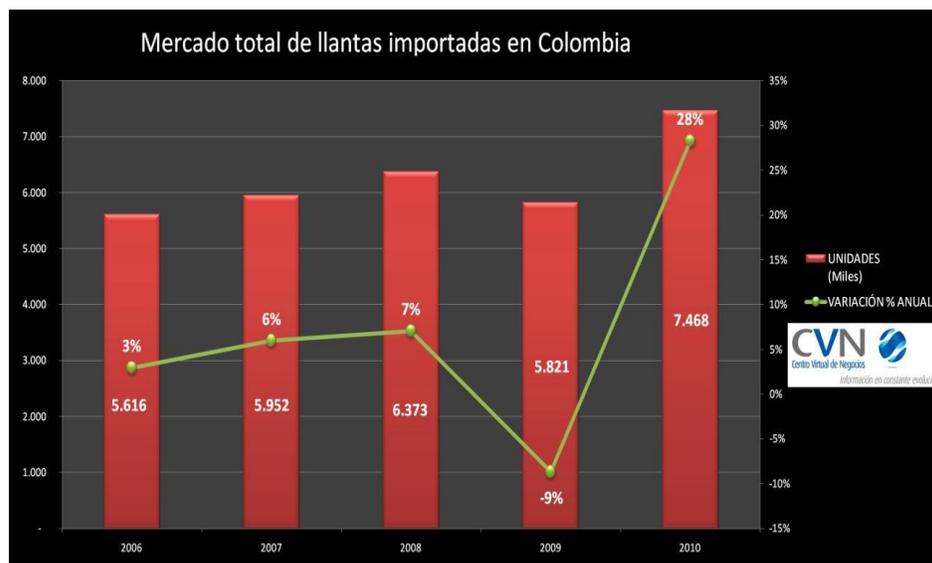
En los últimos años el mercado de llantas ha aumentado, esto debido a que el parque automotor tanto de vehículos como de motocicletas ha tenido un alto crecimiento, en Bogotá por ejemplo el número de automóviles crece más rápidamente que la población. El índice de motorización calculado por JICA¹⁸ en 1995 era de 88 vehículos/1000 habitantes y para 2008 se calculó que en Bogotá el índice de motorización aumentó a 144 vehículos/1000 habitantes. El crecimiento del parque automotor trae como consecuencia el aumento de las importaciones de las partes que son constitutivas de los vehículos como las llantas, por ende las importaciones de llantas han incrementado notablemente como se puede observar el la figura 10.

¹⁸ Japan International Cooperation Agency (JICA)

Según el Centro Virtual de Negocios¹⁹ en Colombia el mayor porcentaje de llantas comercializadas son importadas, provenientes principalmente de China, Perú, Brasil y Ecuador. En el mercado interno de producción de llanta solo existe una empresa fabricante de llantas, Michelin Colombia.

Según la publicación, revelada por la firma Centro Virtual de Negocios (CVN)²⁰, en este primer semestre de 2011 se han importado 1,7 millones de unidades frente a las 1,3 millones de 2010. El estudio realizado por la firma CVN revela que las importaciones de llantas a Colombia crecieron 33 % en los últimos cinco años. En la figura 10 se puede observar el incremento en las importaciones de llantas de los años 2006 al 2010.

Figura 10. Mercado total de llantas importadas en Colombia



Fuente: Centro Virtual de Negocios, El mercado importador de llantas en Colombia al descubierto. Junio de 2011. Disponible en internet en:

¹⁹ Centro Virtual de Negocios, El mercado importador de llantas en Colombia al descubierto. Junio de 2011.

<http://www.centrovirtualdenegocios.com/el-mercado-importador-de-llantas-en-colombia-al-descubierto>

2.6. Generación de residuos de llantas

De acuerdo con información reportada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios para el 2008, en Colombia se generan diariamente 25.079 toneladas de residuos sólidos urbanos. Como se muestra en la tabla 8, en el país la gestión de residuos, en general, se dirige a la disposición final de los mismos en rellenos sanitarios; según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible²¹ tan sólo un 2.4% es destinado al aprovechamiento y valorización.

Tabla 8. Volumen de generación de residuos en Colombia

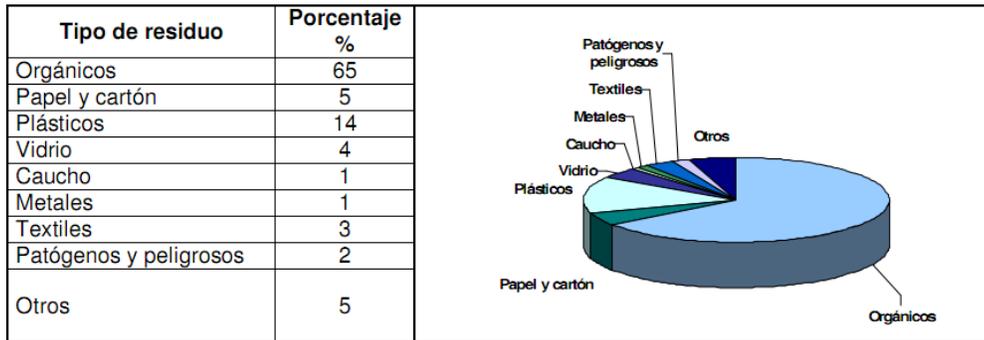
TIPO DE DISPOSICIÓN	TON/DIA	%	MUNICIPIOS
Relleno Sanitario	22.204	88,5	653
Botadero a cielo abierto	2.185	8,7	297
Planta de Aprovechamiento	615	2,4	98
Enterramiento	75	0,3	19
A fuentes de agua		<0,1	10
Quema a cielo abierto		<0,1	11
TOTAL	25.079	100	1.088

Fuente: Superintendencia de servicios Públicos Domuniliarios.2008

La composición de los residuos generados en Colombia se muestra en la Figura 11 donde podemos observar que el caucho representa al 1% de la generación.

²¹ MADS. construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón.

Figura 11. Composición de los residuos generados en Colombia



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Las llantas usadas estarían dentro del porcentaje de caucho generado a nivel nacional, y su generación se ve afectada directamente por el sector automotriz. Ya vimos que las importaciones de llantas han aumentado en los últimos años y por ende la generación de este residuo al terminar su vida útil también.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estimó para el año 2008 un consumo de 4.493.092 llantas discriminadas así:

- 1.067.072 llantas de camiones y busetas
- 3.426.020 llantas de automóviles y camionetas.

Considerando un promedio de recambio de 18 meses y unos pesos promedio para carcasas usadas de 7 Kg por llanta de auto; de 15 Kg para camioneta y de 50 Kg para camión, la generación de residuos de llantas de automóvil, camioneta, camión y buseta se estima en *61.000 toneladas al año.*²²

²² Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 1457 de 2010.

2.7. Estado actual de la disposición final de los residuos de llantas

En Colombia los residuos de llantas tienen diferentes disposiciones, entre las más comunes están:

- Almacenamiento en depósitos clandestinos, techos o patios de casas de vivienda y en espacios públicos.
- Combustible para procesos productivos en forma inadecuada.
- Aprovechamiento por grupos informales que forman parte de la cadena de llantas usadas para ser quemadas a cielo abierto y extraerles el acero.

Teniendo en cuenta la composición del mercado de las llantas en Colombia y el incremento en las importaciones podemos ver que esto se refleja en incremento de la generación de residuos, con el agravante de que no existen buenas prácticas en la disposición final de las llantas usadas y se deben diversificar los usos y aplicaciones del reciclaje de llantas para que el mercado de llantas usadas sea más amplio.

Para hacer una buena gestión de este residuo es importante conocer que alternativas existen para su tratamiento y aprovechamiento, de lo cual se hablará en el capítulo 3.

2.8. Impactos ambientales generados por el residuo de llantas

Según un diagnóstico de la situación actual del manejo de llantas realizado por la secretaria del medio ambiente de México, los residuos de llantas usadas causan diversos impactos sobre el medio ambiente, los más estudiados y reconocidos son los impactos causados por la quema de llantas y la proliferación de vectores nocivos para la salud. A continuación se describen más en detalle los impactos causados a la salud y al medio ambiente.

- **Impacto asociado a la quema de llantas**

Cuando las llantas usadas son quemadas, generan diferentes impactos afectando generalmente la calidad del aire.

Con la quema de llantas hay una alta proliferación de dioxinas, mercurio, hidrocarburos poliaromáticos (HPA) y metales pesados como plomo, zinc, níquel y vanadio. Estos contaminantes impactan la salud humana ya que son agentes cancerígenos, causan malformaciones congénitas, diabetes, altera el sistema hormonal, inmunológico y nervioso, generan problemas en el sistema respiratorio, entre otros efectos a la salud, tal y como lo establece un artículo publicado por la universidad EAFIT²³.

Adicionales a los problemas en la salud, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EU EPA²⁴, establece que la quema de llantas impacta la calidad del ambiente, ya que en la quema o fundición de llantas se generan cantidades significativas de líquidos y sólidos dañinos que pueden ser potenciales contaminantes del suelo, aire, agua superficial y subterránea.

- **Impacto asociado a la proliferación de vectores nocivos**

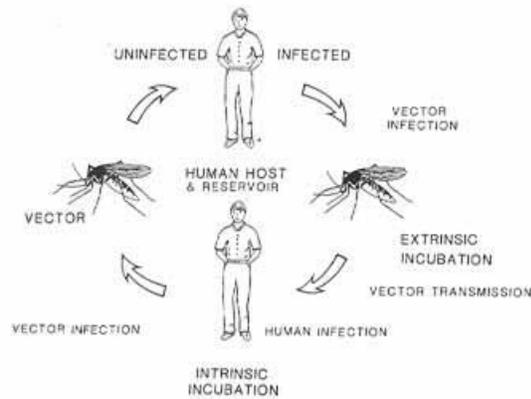
Según Daniel G. Pasante²⁵, del Recinto Universitario de Mayaguez – Puerto Rico- Un vector es un artrópodo responsable de la transmisión de parásitos entre vertebrados. Los vectores transmiten parásitos no enfermedades. Enfermedad es la respuesta del huésped a la invasión o infección con un parásito. Un parásito es un organismo, incluyendo virus, bacteria, protozoos y helmintos que dependen del huésped para poder sobrevivir.

23Reencauche de llantas: Otro método para conservar el medio ambiente. Universidad EAFIT. Disponible en internet en: <http://espanol.upiu.com/view/post/1243550094282/>

²⁴ EPA (1997) “ Emisiones al aire de la combustión de llantas usadas” Office of research and Development, EPA-600/R-97-115

²⁵ Epidemiología de Enfermedades Originadas por Vectores

Figura 12. Ciclo de infección por vectores transmisores de enfermedades.



Cuando las llantas usadas son almacenadas en lugares abiertos, albergan gran cantidad de agua estancada y absorben luz solar creando un ambiente propicio para la reproducción de vectores transmisores de enfermedades, especialmente mosquitos.

Según un diagnóstico de la situación actual del manejo de llantas realizado por la secretaria del medio ambiente de México Algunas de las especies que se reproducen es llantas usadas son:

Aedes cantator, *Aedes Sollicitans*, *Coquellettidis perturbans*, *Coliseta melanura*, *Culex Pipens*, *Celex restans*, *Anopheles quadrimaculatus*, *Anopheles punctipennis*.

Adicional a la proliferación de vectores de enfermedades, las llantas también son lugares de reproducción de roedores. Las condiciones que crean (agua, calor, ausencia de luz y protección) son ideales para la reproducción de este tipo de organismos.

En este capítulo se pudo ver que las llantas son elementos que están compuestos por diferentes materiales, principalmente por caucho. El tipo de caucho que compone las llantas (Estireno butadieno (SBR), Polibutadieno y el caucho natural) tiene propiedades que pueden utilizarse para la fabricación de

pisos, como se vio en el capitulo 1. Pero en términos de reciclaje no importa solo las propiedades del material a usar sino también la disponibilidad y generación del residuo, por tanto considerando que las importaciones de llantas han aumentado se incrementan también las llantas en desuso, que de nos ser tratadas adecuadamente generan impactos negativos en el ambiente, pero que si se desarrollan técnicas para su recuperación este aumento en la generación de residuos de llantas proporciona una oportunidad y potencial alto para el reciclaje, de lo cual se hablará en el capítulo 3.

3. PROCESO DE RECICLAJE DE LLANTAS

Según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios²⁶, los principales problemas que se reportan hoy en las plantas de tratamiento de residuos, están asociados con la inadecuada planeación relacionada con la falta de estudios de mercado, que entre otros conlleva a la acumulación de materiales con pérdida de valor y afecta su comercialización; deficiencias operativas y la falta de tecnificación en los procesos de adecuación y transformación de materiales y las dificultades en la administración están afectando la sostenibilidad ambiental y financiera de estas iniciativas. Esto hace que para la implantación de una nueva tecnología, en este caso tecnología para el aprovechamiento de llantas, sea necesario estudiar las diferentes alternativas existentes a nivel internacional y así seleccionar cual de ellas se adapta a las necesidades del proceso y del producto.

Para la elaboración de pisos decorativos es importante analizar las diferentes alternativas de reciclaje para determinar cuál se adapta mejor a la obtención de la materia prima para la elaboración de este producto.

Para el reciclaje de llantas usadas existen gran diversidad de métodos y tecnologías de transformación. En éste capítulo se explicaran brevemente cada una de las alternativas existentes.

3.1. Termólisis

Este método consiste en someter al residuo a un calentamiento en un medio carente de oxígeno, provocando la ruptura de los enlaces químicos dando lugar a la aparición de cadenas de hidrocarburos.

²⁶ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Marzo 2008. Diagnóstico sectorial. Plantas de aprovechamiento de residuos sólidos.

3.2. Pirolisis:

Al igual que la termólisis, este método involucra la degradación térmica del material en ausencia de oxígeno en hornos con temperaturas que van desde los 600 a los 800 C°. Algunos productos generados en este proceso son oleofinas (alquenos), cera y hollin.

- **Pirolisis a baja temperatura:**

Este tipo de pirolisis, descompone los residuos de polietileno en aceites de bajo punto de fusión utilizando cera de polietileno a una temperatura de 400 C°.

- **Pirolisis de alta temperatura:**

Las llantas usadas y trituradas son introducidas a un reactor de arena de cuarzo a una temperatura entre los 630 y los 877 C°.

3.3. Incineración

Es un proceso de tratamiento que consiste en la transformación de los materiales combustibles en un producto gaseoso y un residuo sólido inerte y libre de microorganismos, compuesto por escorias y cenizas, basándose en una combustión controlada vía oxidación a altas temperaturas. Este tipo de proceso produce emisiones de gases contaminantes al medio ambiente.

3.4. Trituración

La trituración convierte los residuos de llantas en un material molido o en partículas, lo más homogéneo posible. El proceso de trituración es necesario antes de que se den lugar los siguientes pasos del proceso tanto para obtener nuevos materiales como combustibles secundarios.

- **Trituración mecánica**

Consiste en romper la llanta mecánicamente, en partículas pequeñas. El acero resultante es retirado por medio de un separador magnético y las fibras textiles por clasificadores neumáticos. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos.

- **Trituración criogénica**

En este proceso, se utiliza las llantas usadas enteras y consiste en congelarlas con nitrógeno líquido y golpearlas para que liberen la estructura metálica o textil del caucho.

3.5. Ventajas y desventajas de cada uno de los procesos de reciclaje de llantas

En la tabla 9 se muestran las diferentes ventajas y desventajas de cada una de las alternativas de reciclaje de llantas.

Tabla 9. Ventajas y desventajas de los procesos de reciclaje de llantas

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Termólisis	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de combustión o quema directa del material (Ausencia de emisiones) • Se obtiene nuevamente los compuestos originales de las llantas, por lo que es el método que consigue la recuperación total de los componentes de la 	<ul style="list-style-type: none"> • La llanta debe ser sometida primero a una trituración mecánica • Es necesario infraestructura con gran capacidad.

		<p>misma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de llantas u a otras actividades. 	
Pirolisis	A baja T°	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de compuestos químicos y gases para ser utilizados como combustible en el mismo proceso o en otra actividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión alta • Posibles problemas de emisiones atmosféricas • Complejidad a la hora de realizar la separación de la gran variedad de compuestos generados en cantidades mínimas, de tal forma que su recuperación y transporte hasta los puntos de consumo no es económicamente viables
	A alta T°		
Incineración		<ul style="list-style-type: none"> • Genera calor que puede ser usado como energía, ya que se trata de un proceso exotérmico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de operación • Dificultad con el manejo de las velocidades de combustión de los diferentes componentes • Proceso altamente contaminante por la producción de sustancias como el Monóxido de carbono, bióxido de carbono, oxido de nitrógeno, COVs, dioxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, PCBs; y metales como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio,

			cromo y vanadio.
Trituración	Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Los productos resultantes son de alta calidad y limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. • Alto desempeño del sistema • Amigable con el medio ambiente (no genera compuestos contaminantes) • Exige poca mano de obra para operar y repara el sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento constante de algunas partes de la maquinaria (cuchillas y tornillo)
	Criogénica	<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas de caucho molidas generadas en este proceso presentan una superficie relativamente suave, un amplio rango de tamaño de partícula así como una mínima oxidación superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja calidad del producto debido a dificultad material y económica para separar al caucho del metal y de la fibra textil. • Requiere de instalaciones complejas y de alto costo • Dificultad de mantenimiento de la maquinaria y de su proceso.

Fuente: Elaboración propia.

En general cualquier tipo de reciclaje para las llantas usadas tiene ventajas como:

- El material no tiene ningún costo.
- Existe una gran cantidad de material de trabajo.
- Es un negocio autofinanciable.
- En el proceso de reciclaje se genera empleo

- El producto del reciclaje es un material que puede servir para diversas aplicaciones, dentro de las que se destacan los usos en jardinería, construcción, canchas deportivas etc.
- El alambre de acero, generado del proceso (subproducto), se puede vender a empresas fundidoras.
- Se puede sacar provecho también de las cuerdas de nylon que están en la llanta.
- Disminución de la contaminación al medio ambiente generada por este tipo de residuos.

Después de analizar cada una de las alternativas de reciclaje de llantas podemos concluir que el reciclaje por trituración mecánica es la opción que más se ajusta al proceso al que queremos llegar que es la obtención de pisos decorativos, ya que este tipo de proceso permite obtener trozos o porciones más pequeñas y manejables del residuo, llamado también “arena plástica”, de alta calidad y amigable con el medio ambiente al no generar ningún tipo de subproducto perjudicial o contaminante (emisiones, vertimientos, etc).

3.6. Obtención de arena plástica a partir del proceso de trituración mecánica de llantas usadas y sus aplicaciones en la industria

En el proceso de transformación por trituración mecánica las llantas se someten a diferentes etapas de transformación, constituidos principalmente por trituradoras y molinos. El producto final de este proceso de reciclaje es la llamada “Arena Plástica”²⁷ la cual constituye la materia prima principal para la elaboración de los pisos decorativos.

• ²⁷ **Arena Plástica:** Material obtenido del reciclaje mecánico de las llantas. Posee diferentes aplicaciones dependiendo de su diámetro.

3.6.1. Maquinaria y tecnología usada para la obtención de “arena plástica”

A continuación se hace una descripción de cada una de las máquinas empeladas para lograr la transformación de las llantas en “Arena Plástica”.

- **Destalonadora:** Esta máquina se utiliza para extraer el anillo de alambres de acero que se encuentra en el interior (en el talón) de la llanta de camión. Cada llanta cuenta con dos anillos, los cuales si no son extraídos, pueden comprometer seriamente la eficiencia de las fases sucesivas de la línea, debido a la dureza de los alambres de acero.



Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

- **Cortadora:** Esta máquina se encarga de la primera trituración de la llanta, Por lo genera este tipo de máquinas cuentan con transmisión hidráulica y con mínimo dos ejes (rotores) en los cuales se encuentran las cuchillas de corte.

El resultado dicha operación son grandes trozos de llantas de tamaño no uniforme. El objetivo de este proceso es simplemente el de trozear el neumático entero y así prepararlo para la fase sucesiva.



Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

- **Trituradora:** La trituración secundaria la realiza otra máquina trituradora la cual reduce los trozos de llantas provenientes de la primera fase, en pedazos aún más pequeños, motivo por el cual este tipo de máquina debe contar con una parrilla o red metálica para la calibración del tamaño del material en la salida.



Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

- **Granulador:** El granulador o molino granulador es la máquina que se encarga de “granular” los pedazos de llantas provenientes del triturador secundario, la dimensión de los granos que se logra obtener con el granulador es de 16mm.



Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

- **Separación del acero (desmetalizado):** Separador magnético para *remover las partículas* ferromagnéticas. Esta operación separa el 99% del acero “armónico” presente en las llantas, el acero es removido por medio de un separador magnético el cual cuenta con una banda transportadora que se ocupa de conducir el metal hacia un punto de recolección (cajón/contenedor).



Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

- **Granulador secundario (refinación y selección del grano):** El material es conducido por medio de una banda transportadora a un cernidor

rotativo el cual se encarga de seleccionar los granos en diferentes grupos (según su tamaño). En este caso el la criba (una especie de cernidor o tamiz) rotativa es alimentada por un tornillo sin fin o “tornillo de Arquímedes”, la criba tiene 3 parrillas con 3 diferentes tamaños de orificios con diámetros que van de 1 a 7mm. Durante el proceso de “cribatura”, es decir la separación granulométrica, los granos van a caer en diferentes tolvas contenedoras las cuales en su parte inferior tienen enganchados big-bags (grandes sacos), en manera que durante la caída los granos se depositen en los sacos.

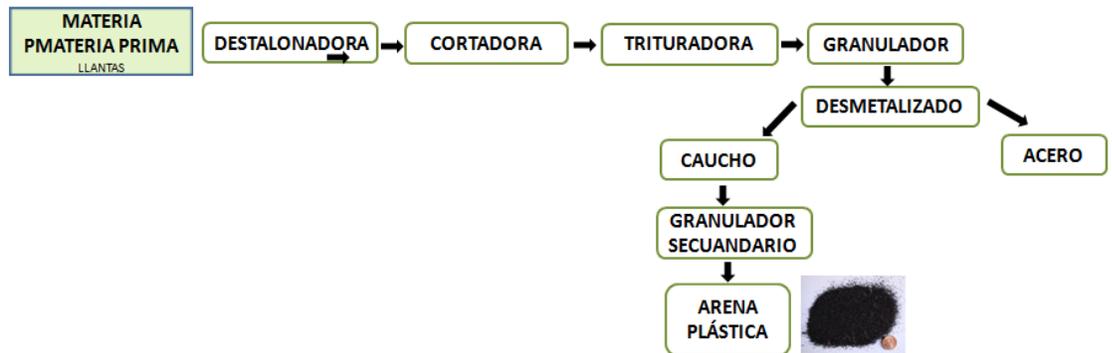
Nota: Solo si se llegara a requerir de una sucesiva reducción de estos granos, los mismos serán conducidos a un pulverizador. Entre más pequeño y puro se logre obtener el grano, mayor será su valor en el mercado.



Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

En la figura 13 se observa el proceso completo para la obtención de arena plástica.

Figura 13. Trituración mecánica para la obtención de Arena Plástica



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se presenta la apariencia del material que se obtiene a partir de las llantas usadas después de utilizar la técnica de trituración mecánica.

Tabla 10. Apariencia del material obtenido del reciclaje por trituración mecánica

<p>Arena Plástica (Granos de diferentes granulometrías de goma que pueden variar de 0,5 a 3mm)</p>	 <p>A photograph showing a pile of dark, irregularly shaped granules of plastic sand. A coin is placed next to the pile for scale, indicating the size of the granules. The granules vary in size and shape, consistent with the description of different granulometries.</p>
---	---

<p>Fibras textiles</p>	
<p>Producto final: Arena Plástica</p>	
<p>Alambres de acero</p>	

Fuente: <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

De los subproductos obtenidos del reciclaje por trituración mecánica, el que nos interesa en este proyecto es la Arena Plástica, de la cual se hablará en el capítulo 4.

3.6.2. Aplicaciones de la Arena Plástica en la industria

El producto del reciclaje mecánico conocido como “Arena plástica” tiene diversas utilidades a nivel industrial, en esta monografía se propone la utilización de este material para la fabricación de pisos decorativos. A continuación se mostraran otras aplicaciones que se han desarrollado para su uso.

- **Materia prima para la producción de pavimento asfáltico:** Este uso está fundamentado en experiencias exitosas en países como Canadá, Estados Unidos y España. Esta alternativa de aprovechamiento consiste en la adición de “Arena Plástica” (malla 80/40) durante la fabricación de pavimento asfáltico. Según la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá en el Diagnóstico Ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Santafé de Bogotá, la Arena Plástica proporciona al pavimento características de flexibilidad y elasticidad que aumenta la vida útil por lo menos en un 50% a un costo efectivo menor que el pavimento convencional.
- **Suministro de materia prima para usuarios del caucho:** La Arena Plástica es usada como materia prima para diferentes actividades, entre las cuales está la fabricación de asfalto especificadas anteriormente, el mercado internacional y el mercado potencial nacional del caucho pulverizado como materia prima en diferentes procesos, entre ellos los moldeados de caucho y los pisos y alfombras.
- **Pisos deportivos para canchas de futbol y pistas de atletismo:** La Arena plástica es utilizada también como agregado en canchas de sintéticas de futbol y pistas de atletismo.

Después de revisar los diferentes procesos de reciclaje de llantas por transformación, se pudo ver que del reciclaje mecánico se obtiene la arena

plástica, la cual tiene diferentes aplicaciones a nivel industrial. Como ya se ha enunciado, en esta monografía se pretende proponer un proceso para la elaboración de pisos decorativos utilizando la arena plástica como materia prima, por lo tanto en el capítulo 4 se hablara mas detalladamente de su uso.

4. UTILIZACION DE ARENA PLASTICA PARA LA FABRICACION DE PISOS DECORATIVOS

En el capítulo 3 se habló de las diferentes técnicas que se utilizan para el reciclaje de llantas. Para la elaboración de pisos se selecciono el reciclaje por trituración mecánica para hacer uso del producto final “Arena Plástica” como materia prima para los pisos. En este capítulo realiza una evaluación para determinar si el material cumple con los requerimientos de seguridad, confort y estética, los cuales fueron presentados en el capítulo 1. Una vez validadas las características se hace la propuesta del proceso industrial para la obtención de los pisos decorativos.

4.1. Requisitos del producto vs propiedades del material

A continuación, en la tabla 11, se analizaran los requerimientos y características del producto en comparación al material resultante del reciclaje por trituración mecánica (arena plástica), con el fin de concluir si el material cumple con las necesidades requeridas.

Tabla 11. Comparación de las propiedades de la arena plástica en relación con la cerámica y la madera

	Arena Plástica	Cerámica	Madera
Antideslizante			
Apto para exteriores			
Resistencia al impacto			
Resistencia al transito			
Durabilidad			

Higiene			
Elasticidad			
Atenuación del ruido			
Fácil limpieza			

Alta 
Media 
Baja 
Nula 

Fuente: Pisos MAT-PRO. Disponible en internet: <http://www.mat-pro.com.ar/mat/>

Con base en la comparación anterior, podemos concluir que la utilización de la arena plástica como materia prima para la elaboración de pisos decorativos, cumple con los requerimientos necesarios para alcanzar las principales propiedades de seguridad, confort y estética, ya que al comparar la arena plástica con la cerámica y la madera encontramos que la arena plástica posee excelentes características como: antideslizantes, apto para exteriores, resistentes al impacto, resistentes al tránsito, durables, higiénicos, elásticos, atenúan el ruido y son fáciles de limpiar.

4.2. Proceso para la obtención de pisos decorativos

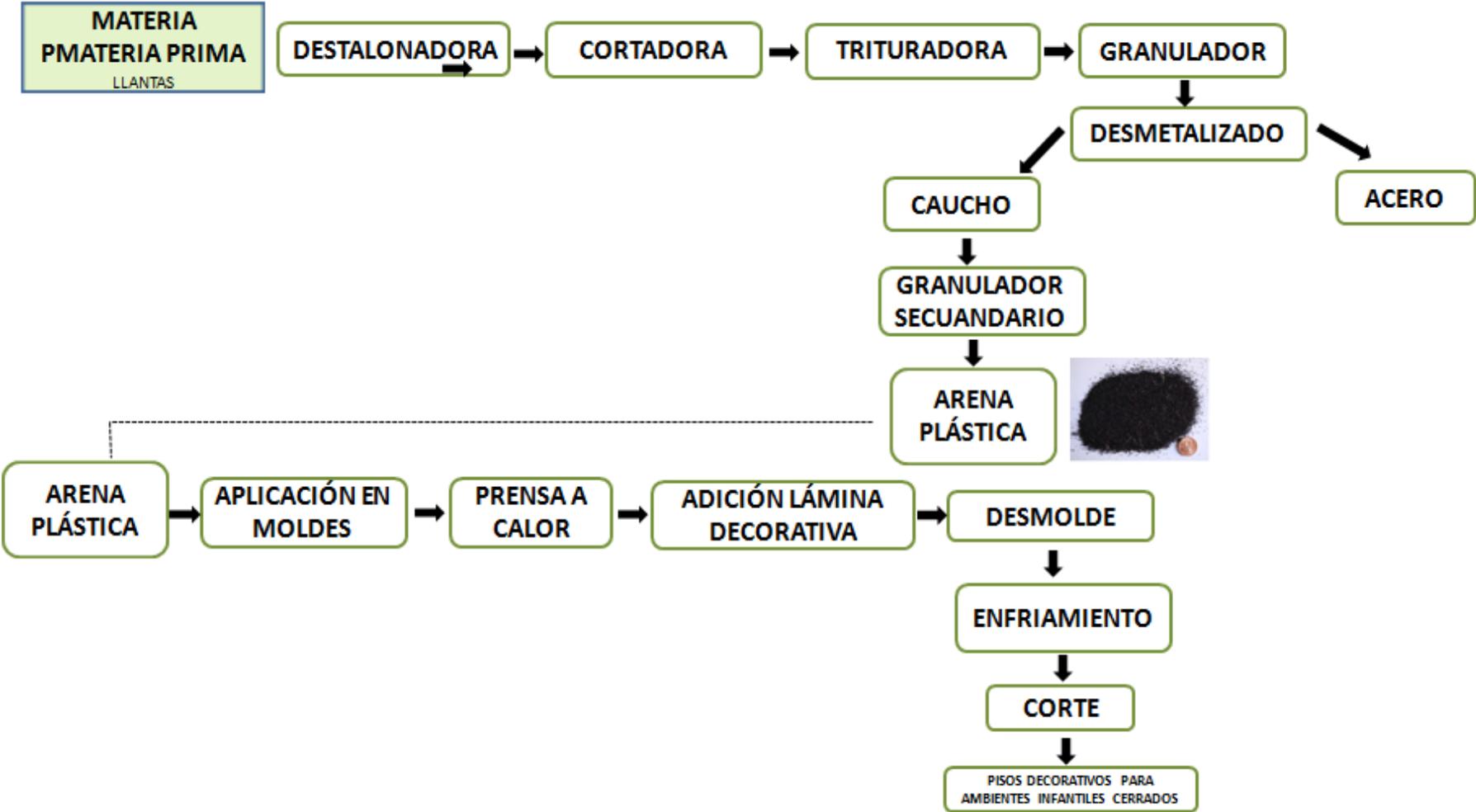
El proceso para la fabricación de pisos decorativos se plantea mediante una etapa inicial de reciclaje por trituración mecánica y posteriormente una etapa donde se decoran los pisos con recubrimientos en PVC.

La materia prima principal del proceso son las llantas usadas, las cuales son transformadas mecánicamente para obtener la denominada arena plástica, como se vio en el capítulo 3.

La arena plástica es transformada y moldeada mediante diferentes procesos para obtener los pisos. En la figura 14 se presentan las diferentes etapas del proceso propuesto, las cuales son:

- Aplicación en moldes: En esta etapa inicial se adiciona los gránulos de “arena plástica” en moldes de diferentes dimensiones. La cantidad de materias adicionado determinara el grosor del piso.
- Prensa a calor: Después de tener el molde con la arena plástica, se pasa por una prensa a calor para que a una temperatura alrededor de los 400 °C la arena plástica pueda ser compactada y conformar una superficie uniforme.
- Adición de lamina decorativa de PVC: esta lámina se adicionan para darles un acabado de diferentes motivos de acuerdo a los espacios que se deseen decorar.
- Desmolde: Consiste en retirar la superficie de caucho mas el acabado en PVC.
- Enfriamiento: el producto se deja en reposo mientras alcanza una temperatura ala cual se pueda manipular
- Corte: finalmente se cortan los pisos de acuerdo al tamaño y forma deseada.

Figura 14. Obtención de pisos decorativos a partir de Arena Plástica



Con el reciclaje y aprovechamiento de las llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos se tienen altos beneficios ambientales ya que se disminuye el impacto generado por la inadecuada disposición de los residuos de llantas, generalmente realizada en rellenos sanitarios, se evita la propagación de enfermedades transmitida por vectores que se reproducen en espacios como llantas en desuso, se incrementa el ciclo de vida de las llantas y se valoriza un residuo que es considerado en la actualidad como un gran problema ambiental. Adicionalmente y como se expuso en el capítulo 1, los pisos elaborados con caucho reciclado proporcionan seguridad y confort al usuario, amortiguación de impactos, poseen características antideslizantes, atenúan ruido y vibraciones, entre otras.

CONCLUSIONES

- Los residuos de llantas usadas a pesar de no ser considerados residuos peligrosos son un residuo de manejo especial, por los grandes impactos que ocasiona su mal manejo y disposición.
- El reciclaje por trituración mecánica es una de las mejores alternativas para el reciclaje de llantas, ya que permite la obtención de “arena plástica” usada en diversas aplicaciones industriales como es el caso de los pisos decorativos.
- La fabricación de pisos decorativos a partir de la arena plástica es una solución que disminuye el impacto que las llantas en desuso tienen sobre el medio ambiente.
- El planteamiento de soluciones prácticas que involucre la utilización de materiales que al finalizar su vida útil son difíciles de disponer, contribuye con la disminución de volúmenes de residuos que son destinados a los rellenos sanitarios.
- El reciclar llantas usadas disminuye el impacto que éstas causan en el ambiente y en la salud al ser dispuestas de manera inadecuada.
- Los pisos decorativos elaborados con llantas recicladas, además de convertirse en productos amigables con el medio ambiente y poseen características como: antideslizantes, aptos para exteriores, resistentes al impacto, resistentes al tránsito, durables, higiénicos, elásticos, atenúan el ruido y son fáciles de limpiar.
- La tecnología para reciclar llantas se encuentra ya desarrollada y es conocida a nivel mundial, pero es necesario encontrar mayores alternativas para el uso del producto final “Arena Plástica” y diversificar sus aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.conae.gob.mx> (Última consulta: 17 de Junio de2011)
- [2] Guía Para el manejo de llantas Usadas. Secretaria de Ambiente de Bogotá. Disponible en internet en:
http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia_llantas.pdf
- [3]Llantas Usadas: Diagnóstico de la situación actual en el distrito federal. Gobierno del distrito federal de México. Secretaría del Medio Ambiente. 2002
- [4]Reencauche de llantas: Otro método para conservar el medio ambiente. Universidad EAFIT. Disponible en internet en:
<http://espanol.upiu.com/view/post/1243550094282/>
- [5] <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1300>, (Ultima consulta: 13 de Junio de2011)
- [6] <http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico>
- [7] Llantas Usadas: Diagnóstico de la situación actual en el distrito federal. Gobierno del distrito federal de México. Secretaría del Medio Ambiente. 2002
- [8] Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá. Departamento técnico administrativo de medio ambiente. Alcaldía Mayor. Bogotá.
- [9]Estudio de la incidencia del caucho reciclado de neumáticos sobre el medio ambiente y la salud humana. David Rosa. Instituto de Biomecánica de Valencia. 2006.
- [10] Lund, H. (1998) “Manual McGraw_Hill de reciclaje”. Vol I.

[11] J.W. van de Lindt. Application and feasibility of coal fly ash and scrap tire fiber as wood Wall insulation supplements in residential buildings. 2008.

[12] Resolución 1457 de 2010 del MAVDT

[13]<http://www.centrovirtualdenegocios.com/de-donde-vienen-las-llantas>

[14]<http://www.centrovirtualdenegocios.com/el-mercado-importador-de-llantas-en-colombia-al-descubierto>

[15]<http://admin-apps.webofknowledge.com/JCR/JCR>

[16]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VDX-3T836H9-B-3&_cdi=5994&_user=10281415&_pii=S0921344997000414&_origin=search&_coverDate=03%2F31%2F1998&_sk=999779998&_view=c&_wchp=dGLbVzW-zSkWA&_md5=6d66cd95b50588fdc6323cef248c7ec2&_ie=/sdarticle.pdf

[17]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VDX-40D0MF4-3-F&_cdi=5994&_user=10281415&_pii=S0921344900000513&_origin=search&_coverDate=06%2F01%2F2000&_sk=999709995&_view=c&_wchp=dGLzVlb-zSkzS&_md5=5cd46e360f23aca291e34171a6718fd1&_ie=/sdarticle.pdf

[18]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VDX-4T29WJS-1-C&_cdi=5994&_user=10281415&_pii=S0921344908000852&_origin=search&_coverDate=08%2F31%2F2008&_sk=999479989&_view=c&_wchp=dGLbVlz-zSkzV&_md5=b29e554dabf132b898e84086ebbdd7a1&_ie=/sdarticle.pdf

[19]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VDX-48XCJS5-2-Y&_cdi=5994&_user=10281415&_pii=S0921344903000739&_origin=search&_coverDate=03%2F31%2F2004&_sk=999599995&_view=c&_wchp=dGLbVIW-zSkWb&_md5=da8c77b6c25f1842b9d85a0512a836ac&_ie=/sdarticle.pdf