



**Propuesta para el aprovechamiento de llantas usadas. Caso de estudio:
Fabricación de baldosas de caucho de uso general y aplicación de gránulo
para pavimentación de pistas deportivas en Bogotá.**

Elizabeth Rodríguez Galeano

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería
Programa de Tecnología Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2020

**Propuesta para el aprovechamiento de llantas usadas. Caso de estudio:
Fabricación de baldosas de caucho de uso general y aplicación de gránulo
para pavimentación de pistas deportivas en Bogotá.**

Elizabeth Rodríguez Galeano

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Tecnólogo Industrial

Director:

Ing. Oscar Alejandro Vásquez Bernal

Línea de Investigación

Modelos de Gestión Organizacional

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería
Programa de Tecnología Industrial
Bogotá D.C., Colombia

2020

Reconocimientos

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía siempre ha estado presente en cada uno de mis proyectos, bendiciéndome y dándome fortaleza para continuar con mis metas. A mi madre, Por el esfuerzo, dedicación, paciencia, acompañamiento y por todo lo que me ha apoyado a lo largo de mi carrera y de mi vida. A mi padre, mis hermanos y mi esposo que me han apoyado en este gran proceso y cada una de las personas que han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me brindaron su ayuda y conocimientos en el desarrollo de esta monografía. A mi angelito que siempre la llevare en mi alma y en cada uno de mis proyectos.

Resumen

En la ciudad de Bogotá se desechan alrededor de 350.000 llantas mensualmente y dado que circulan cerca de 1.900.000 vehículos se puede afirmar que hay 7.200.000 llantas rodando en el pavimento según datos tomados de la revista el nuevo siglo. Las llantas están compuestas por caucho en un (80 %), acero (15 %) y fibras en un (5 %) (El tiempo, 2016), de estas pueden extraerse subproductos para diversos sectores de la industria. Los neumáticos o llantas son desechados anualmente en Bogotá sin medir las consecuencias ambientales que esto trae consigo, quemar a cielo abierto de estos materiales y su almacenamiento inadecuado generan altos riesgos para su entorno y el medio ambiente.

Mediante una revisión bibliográfica se busca desarrollar un análisis de la cadena de logística inversa de las llantas usadas de automóviles específicamente en el caso de fabricación de baldosas de caucho y aplicación de granulo para la pavimentación de pistas deportivas en Bogotá, de manera que se analice como a partir de un producto tan utilizado y al mismo tiempo desechado por la sociedad, se puede generar un nuevo uso, e incluso la reintegración total de los materiales procesados como insumo para la fabricación de nuevos productos.

Palabras Clave:

Logística inversa, llantas, neumáticos, post-consumo, reciclaje, acopio de llantas, transformación, re-uso, contaminación

Abstract

In the city of Bogotá, about 350,000 tires are discarded monthly and since about 1,900,000 vehicles circulate, it can be said that there are 7,200,000 tires rolling on the pavement according to data taken from the magazine the new century. The tires are composed of rubber (80%), steel (15%) and fibers (5%) (time, 2016), and by-products can be extracted for various sectors of the industry. The tires or tires are discarded annually in Bogotá without measuring the environmental consequences that this entails, open burning of these materials and their improper storage generate high risks for their environment and the environment.

A bibliographic review seeks to develop an analysis of the reverse logistics chain of used automobile tires, specifically in the case of rubber tile manufacturing and application of granule for the paving of sports courts in Bogotá, in order to analyze how from a product so widely used and at the same time discarded by society, a new use can be generated, and even the total reintegration of the processed materials as input for the manufacture of new products.

Keywords:

Reverse logistics, tires, tires, post-consumption, recycling, collection of tires, transformation, re-use, pollution

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Planteamiento del problema	2
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Capítulo 1. Descripción del proceso de fabricación de llantas (neumáticos).....	6
1.1 Características y componentes de las llantas (neumáticos).....	6
1.2 Tipos de llantas.....	7
1.3 Proceso de Fabricación de las llantas	8
1.4 Partes de las llantas	12
Capítulo 2. Descripción del proceso de reciclaje de llantas (neumáticos).	14
2.1 Termólisis.....	14
2.2 Pirolisis.....	14
2.3 Incineración.	14
2.4 Trituración.	15
2.5 Ventajas y desventajas del reciclaje de llantas.	15
2.6 Maquinaria y tecnología utilizada para la obtención de arena plástica.	16
2.7 Resultado del reciclaje de neumáticos	19
2.8 Aplicaciones de la arena de plástico	21
Capítulo 3 La logística inversa: Generalidades y aplicaciones.	22
3.1 Generalidades de la logística inversa.	23
3.2 Que es la logística inversa.....	24
3.3 Objetivos de la logística inversa.....	25
3.4 Actores de la logística inversa.	27
3.5 Procesos de la logística inversa.	28
3.6 Logística inversa en las llantas usadas.....	32
Capítulo 4. Fabricacion de las baldosas de caucho y aplicación de granulo para la pavimentación de pistas deportivas	33

4.1 Producción de baldosas de caucho y aplicación de granulo para la pavimentación de pistas deportivas	33
4.2 Materiales e insumos.....	37
4.3 Infraestructura Física.	37
4.4 Estructura Organizacional.	38
4.5 Maquinaria.	41
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44

Lista de imágenes

Imagen 1. Tipos de llantas: a) llanta convencional, b) llanta radial	16
Imagen 2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de llantas	20
Imagen 3. estructura de la llanta	22
Imagen 4. Destalonadora	24
Imagen 5. Cortadora	25
Imagen 6. Trituradora	25
Imagen 7. Granulador	26
Imagen 8. Separadores magnéticos	26
Imagen 9. Granuladores secundarios (refinadores)	27
Imagen 10. Alambre de acero	27
Imagen 11. Fibras Textiles	28
Imagen 12. Granos de diferentes granulometrías de goma que pueden variar 0,5 q 3mm	28
Imagen 13. Polvos	28
Imagen 14. Materia Prima para la producción de pavimento asfaltico	29
Imagen 15. fabricación de baldosas y pistas deportivas	29
Imagen 16. Hierba artificial	30
Imagen 17. Gestión logística inversa – Generalidades	31
Imagen 18. Diagrama de bloques de la logística.	33

Imagen 19. Objetivos de la logística inversa	34
Imagen 20. Ciclo logístico del producto	35
Imagen 21. Procesos en la logística inversa	39
Imagen 22. Descripción del proceso	41
Imagen 23. Materias primas e insumos	42
Imagen 24. Almacenaje de llantas	42
Imagen 25. Estructura Organizacional	42
Imagen 26. Mezcladora Eléctrica	44
Imagen 26. Prensa hidráulica	44

Lista de anexos

Anexo 1. Tabla revisión analítica especializada

Anexo 2. Costos

Introducción

En la actualidad el desecho de los neumáticos en la ciudad de Bogotá no solo ha generado preocupación ambiental por los altos niveles de contaminación, sino que además la invasión de espacio público el colapso de caños, avenidas, parques y potreros (Tiempo, 2015).

Las empresas y las cadenas de suministro que conforma, dentro de sus procesos productivos, han tenido la preocupación recuperar los productos después de su vida útil, como estrategia de sostenibilidad. Esta recuperación enmarcada dentro de un proceso de logística inversa se ha convertido en obligatoria para proteger el medio ambiente, aunque también es observada como una oportunidad para la generación de valor y beneficios económicos.

El presente proyecto se basa en la revisión de estado de conocimiento acerca de temas relacionados con la logística inversa, reciclaje, proceso y disposición de los neumáticos fuera de uso, las ventajas y desventajas en el caso fabricación de baldosas de caucho y la pavimentación de pistas deportivas.

Este documento se construye con base en una revisión bibliográfica en la cual se tendrá en cuenta una revisión de conceptos relacionados con la logística inversa, la descripción de procesos de fabricación y componentes de una llanta, los diferentes métodos para la recuperación de neumáticos una vez hayan cumplido su vida útil y se finaliza con establecer las oportunidades en la utilización de los insumos recuperados en la fabricación de baldosas y aplicación de granulo para la pavimentación de pistas deportivas.

Planteamiento del problema

En Colombia la gran parte de las llantas usadas son acumuladas en depósitos clandestinos, patios de casas, techos y en espacios públicos como, ríos, parques, lagos y calles con graves consecuencias ambientales.

Después de dañada la llanta debe pasar por un proceso de reparación y al final se debe cambiar por una nueva, esto es algo que sufren varios de los neumáticos a diario. Según cifras obtenidas de empresas como Acolfa (Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes) y Fenalco (Federación Nacional de Comerciantes) en Bogotá hay aproximadamente 677.150 automotores según un estudio realizado por el autor Méndez (2014). El 63% (426.605 unidades) de los motorizados que recorren la capital colombiana son automóviles, el otro 47% se reparte entre Camperos con un 15% (101.573 unidades), Pick Up con 16% (108.344 unidades) y vehículos comerciales un 6% (40.629 unidades). El promedio que se tiene es que por cada 17 personas hay un auto en la ciudad de Bogotá. Aterrizado las cifras a cantidades de llantas producidas, según el Parque Automotor de Bogotá al año, se produce una cantidad de llantas, para todo tipo de vehículos, de 2.059.555; las llantas que actualmente se encuentran en uso sumando a los motorizados de dos llantas son de 3.987.000. Toda esta cantidad de llantas rotas progresivamente por todo el suelo bogotano, al año en la ciudad el número de llantas usadas es de 2.500.000 de las cuales 750.000 terminan desechadas.

A partir del análisis de las cifras anteriores, es preocupante la cantidad de llantas desechadas y el impacto sobre el medio ambiente de la ciudad de Bogotá, por ende, se genera la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera se está aprovechando el material de caucho producto de la recuperación de llantas en la ciudad de Bogotá y así dentro de estos productos esta la fabricación de baldosas de caucho y aplicación de granulo para la pavimentación de pistas deportivas?

Existen variedad de productos que pueden fabricarse con los neumáticos fuera de uso, como la fabricación de baldosas de caucho y aplicación de granulo para pavimentos de pistas deportivas, por ende, al realizar el análisis de los procesos que conforman la logística inversa para la recuperación de las llantas usadas servirá como insumo para entender las oportunidades para la fabricación de nuevos productos, mediante la revisión bibliográfica de casos de éxito desarrollados.

Justificación

En la actualidad el mundo empresarial está sujeto a mejorar e innovar y a una globalización cada vez más fuerte y marcada, es por ello por lo que los ingenieros industriales deben estar al día de los nuevos desafíos y desarrollos en la disciplina, entre ellos la logística inversa la cual debe tener la capacidad de planificar, implementar y controlar el flujo de productos desde su punto de inicio o consumo hasta el punto final o de origen de una forma eficiente, con el propósito de recuperar su valor.

La revisión que aquí se realiza permite exponer procesos novedosos, por lo tanto, es de gran importancia indagar nuevas tendencias que llegan a la disciplina administrativa y ambiental, con el fin de realizar aportes que permitan el progreso académico y/o empresarial.

Las llantas son un material con un potencial para el aprovechamiento y reutilización, están compuestas por caucho, hierro y fibra textil, por lo que son susceptibles a ser transformadas y reincorporadas a nuevos procesos productivos por medio del reciclaje. Para la aplicación en estos usos el caucho proveniente de las llantas usadas ofrece excelentes características como: impermeabilidad, amortigua golpes en caídas, aumenta la fricción previniendo resbales o caídas. De esta manera surge un tema importante que además de lo ambiental y social tiene justificativos económicos, basados en el proceso de reciclaje de neumáticos con la obtención de granulo de caucho la fabricación de baldosas blandas representan una oportunidad de mercado en espacios como jardines escolares, gimnasios, colegios y oficinas.

El desarrollo que ha generado el manejo de las llantas en Bogotá para ser utilizadas como componentes de pisos de baldosa y pistas deportivas crea oportunidades de negocio para las personas naturales o jurídicas que se dediquen a la gestión final de las llantas usadas para la obtención de GCR (Gránulo de Caucho Reciclado)

Objetivos

Objetivo general

Proponer el proceso de la cadena de logística inversa para el manejo de llantas usadas de automóviles en la fabricación de pisos de baldosas de uso general y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas en Bogotá.

Objetivos específicos

- Describir el proceso de fabricación de llantas (neumáticos) con el fin de conocer sus componentes y operaciones de fabricación
- Identificar el proceso de reciclaje de llantas (neumáticos) después de culminar el ciclo de vida del producto.
- Describir el proceso de logística inversa y su relación con el reciclaje de llantas usadas.
- Explorar el proceso de recuperación de caucho mediante la fabricación de baldosas y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas.

Resumen de contenido

El presente documento está constituido en cinco capítulos. El primer capítulo se pretende ampliar los conceptos de las generalidades de las llantas y el ciclo de vida del producto.

El segundo capítulo, está enfocado hacia la descripción del proceso de reciclaje en las llantas usadas

El tercer capítulo, está destinado para el análisis de la información revisada de la logística inversa su cadena y principales objetivos teniendo un enfoque en las llantas usadas

El cuarto capítulo, muestra el proceso y enfoque en la fabricación de baldosas y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas

El quinto capítulo está direccionado a la presentación de las conclusiones de la monografía “Propuesta para el aprovechamiento de llantas usadas. Caso: Fabricación de baldosas de caucho de uso general y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas en Bogotá”

Capítulo 1.

Descripción del proceso de fabricación de llantas (neumáticos)

A continuación, se realiza una revisión con respecto a las llantas de vehículos, buscando conocer sus principales características y propiedades. Es importante tener en cuenta cada uno de los componentes y sus principales propiedades para poder determinar su utilización o disposición final después del uso.

Para la producción de las baldosas y la pavimentación pistas deportivas con caucho reutilizado es importante tener en cuenta la materia prima por ello analizaremos sus principales propiedades, características y ciclo de vida.

1.1 Características y componentes de las llantas (neumáticos)

Las llantas están compuestas de más de 200 materiales, de los más importantes encontramos el caucho natural, nylon, alambres y derivados del petróleo. Es de gran importancia tener en cuenta que los materiales cuenten con resistencia a la abrasión, a temperaturas superiores y propiedades que asegure la elasticidad, y seguridad en el momento de conducir un automóvil con óptimas condiciones. (Castro, 2008).

Los neumáticos son el contacto directo de los vehículos con el suelo y por ello se deben cumplir ciertas funciones como son:

- Guiar: Están diseñadas para soportar diferentes condiciones del terreno y los diferentes climas, soportando los esfuerzos transversales al cambiar la trayectoria
- Dar soporte: Las llantas tienen la capacidad de soportar el vehículo y resistir las transferencias de movimiento al acelerar y frenar. Las llantas de un automóvil pueden resistir hasta 180 kg sin sufrir ningún daño
- Amortiguar: las llantas controlan y absorben las irregularidades del terreno, es por ello por lo que aumenta la comodidad del conductor, es más seguro el vehículo y se prolonga la vida de sus partes.

- Rodar: El rodar con mayor suavidad es posible por la resistencia de las llantas ya que deben estar diseñadas para minimizar la resistencia al giro, con lo cual se aumenta su tiempo de vida y se disminuye el consumo de combustible. (“Cámara de comercio de Bogotá”, 2006)

1.2 Tipos de llantas

Llantas diagonales y radiales: estas están tejidas con capas alternas que se entrecruzan en la carcasa de forma diagonal, estas se pueden encontrar entre 6 y 8 capas para vehículos y hasta 12 o más en el caso de los camiones. Es por ello por lo que son regidas y pueden llegar a ser inestables

Llantas asimétricas y direccionales: tienen una dirección específica de las capas en su montaje ya que tiene el mismo perfil. Las asimétricas tiene diferente diseño en la parte interior y exterior esto permite que una parte se optimice para drenar el agua, y la otra parte mejora el agarre en superficies planas

Llantas Runflat: son reforzadas lo cual permite que siga rodando entre 50 y 100 km sin aire, y evita que se deformen cuando pierden presión (García, 2017)

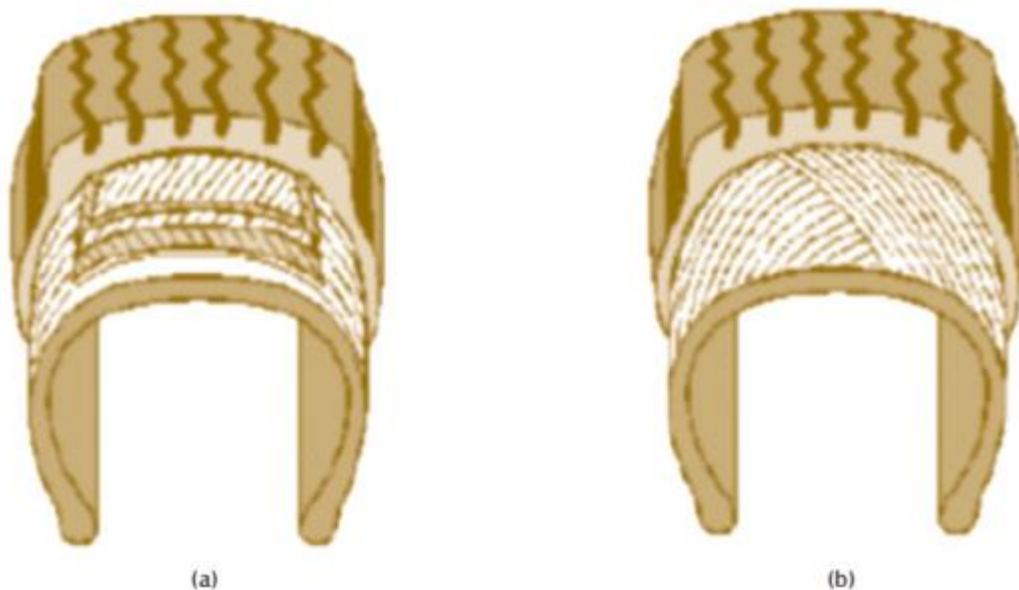


Imagen 1. Tipos de llantas: a) llanta convencional, b) llanta radial
Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá (2006)

El proceso de fabricación y ensamble de la llanta garantiza el funcionamiento de estas, es por ello por lo que los componentes cumplen con una característica específica para dar mayor seguridad.

En el mercado podremos encontrar diferentes tipos de llantas en las que cumple con características y ventajas para dar un mejor desempeño, La llanta **convencional** gracias a sus capas y su estructura da mayor rigidez al neumático esto genera menor agarre, estabilidad y más desgaste en consumo de combustible. La llanta **radial** las fibras de las primeras capas están dirigidas al centro por lo que permite que se estabilice, estas requieren menos material, soportan su misma carga, tienen mejor adherencia y duración en la banda de rodamiento, pero genera menos resistencia en el desplazamiento. Están también las llantas conocidas como “Sello Matic” son llantas con cámaras y sin cámaras tienen menor peso, el consumo de combustible es menor y posee ventajas especiales al momento de sufrir un accidente. (“Cámara de comercio”, 2006).

1.3 Proceso de Fabricación de las llantas

Según la revista “Urbana Emprendimientos S.A s.f.” un neumático es un producto que por sus componentes facilitan maniobrabilidad en un vehículo, es por ello, por lo que el proceso para su fabricación es muy complejo algunas de las actividades que se desarrollan son el mezclado la preparación del cordón de acero y de alambre de la ceja, el calandrado del revestimiento interior, el cinturón de acero y el cordón de capas, el montaje real curado e inspección.

Operación de mezclado del compuesto de caucho

formulación

Los componentes más importantes en el caucho y material de relleno. Dependiendo del uso que se dé al neumático puede ser optimizar el desempeño, dando mayor tracción en suelo seco como mojado o tener mayor resistencia a la rodadura superior.

Hay cuatro tipos de caucho el natural, de butadieno estireno, poli-butadieno son utilizados como compuestos de la banda de rodamiento y de la cara, el isobuteno-isopropeno, y el isobuteno-isopropeno halogenado se usa más para el revestimiento interno o la parte interna que mantiene el aire comprimido en la llanta.

El relleno más utilizado son el negro carbón y sílice de estos hay varios tipos. La elección en el relleno puede depender del desempeño, una combinación de curativos y aceleradores “paquete de curado” que se utiliza para formar el curado y darle elasticidad

Mezclado del compuesto de caucho

Una vez se determina el compuesto se realiza la mezcla que es por lotes, de los cuales cada uno produce más de 200 kg de compuesto de caucho de 3 a 5 min. El mezclador posee rotores en su interior y su función es romper los fardos de caucho, el relleno y los químicos finalmente mezclarlos con otros ingredientes, hay que tener en cuenta la secuencia y la temperatura de mezclado, si la temperatura es muy alta se daña el compuesto por lo que se divide el proceso en dos etapas se le agrega el paquete de materiales para el curado en la etapa final y no puede superar la temperatura de los 100 – 110 ° Celsius o se puede quemar el material

Una vez que termina se envía a través de una serie de máquinas con el fin de transformarlo en una lámina llamada “película”, luego se lleva para la preparación de alambres para la ceja, el calandrado de revestimiento interno, calandrado de los cordones de acero y/o cinturones de tela/capas, extrusión de las caras de la llanta y extrusión de la banda de rodamiento.

Preparación de los cordones de tela/ acero

Los neumáticos soportan cargas de gran peso por lo que se utilizan cordones de acero y tela en su fabricación para reforzar el caucho y dar mayor resistencia.

Cordón de tela: la calidad del cordón de tela se da en la resistencia, elongación, contracción y elasticidad, este inicialmente se retuerce hasta formar carretas de hilo que forman un cordón. El cordón es sometido a un tratamiento previo para promover la buena unión del caucho, es importante tener control de su temperatura, humedad y tensión con anterioridad a calandrar los cordones junto con el compuesto de caucho. Es por ello por lo que el cordón de tela se debe mantener en control de temperatura y humedad

Cordón de acero: La calidad del cordón de alambres de acero se da en la resistencia de tracción elongación, y rigidez. Se procesa a partir de una varilla de acero con alto contenido de carbono; los alambres de acero que se utilizan tienen diferentes configuraciones, son tramos

revestidos que se retuercen hasta formar los cordones, si es utilizado en un neumático de múltiples capas en cambio de un neumático con cinturones, su desempeño ante la fatiga será diferencial, si es neumático con cinturón la rigidez es una característica principal para tener en cuenta, las condiciones de almacenamiento deben ser las adecuadas para mantener las propiedades de unión del alambre de acero al caucho por lo que se debe tener un control de temperatura y humedad.

Calandrado de cinturón y capa: es una operación donde el compuesto de caucho se presiona sobre y dentro de los cordones, la unión de tela y de caucho o del acero al caucho es un componente crítico para el desempeño. La calandria es una máquina de tres o más rodillos de acero revestidos en cromo estos giran en direcciones opuestas, a través del vapor y agua se controla la temperatura de los rodillos, por medio de este proceso el caucho se aplica a los cordones. La calidad se mide por el espesor de la lámina, la separación entre los cordones, la cantidad de cordones y la penetración de caucho en la lámina compuesta.

Calandrado de revestimiento interior: Es la capa más interna del neumático, su función principal es retener el aire comprimido dentro del neumático y mantener su presión, el principal compuesto es el caucho isobuteno-isopropeno – o caucho de isobuteno-isopropeno halogenado – es una capa delgada y se fabrica con la calandria. El calandrado del revestimiento interior también es una operación continua, se corta la longitud requerida de lámina de revestimiento interno para el proceso de fabricación del neumático.

Preparación de componente de ceja: Es un anillo no extensible que ancla las capas del cuerpo y asegura el neumático de modo que no se deslice o dañe el aro, el relleno de la ceja es de un compuesto muy duro de caucho que se extruda a fin de formar una cuña. El anillo de alambre de la ceja y el material de relleno se ensamblan en una máquina, es importante tener en cuenta la precisión de la circunferencia si es demasiado pequeña puede generar inconveniente en el montaje del neumático, si es grande puede salirse del aro con facilidad con cargas pesadas.

Operaciones de extracción de la banda de rodamiento y cara del neumático: la banda de rodamiento se prepara mediante el forzado del compuesto de caucho sin curar por medio de un extrusor para darle forma a la banda de rodamiento o las caras de la llanta. La extrusión es uno de los procesos más importantes de la fabricación del neumático desde el mezclado y la preparación de diferentes componentes para la operación final del ensamblado

Extrusión de la banda de rodamiento del neumático: los tres componentes de caucho se extrudan simultáneamente desde diferentes extrusores, siguiente se fusionan en un cabezal extrusor, después pasa a una terraja donde se determina la forma y las dimensiones finales, después a través de una línea larga de enfriamiento _ de 100 a 200 pies de largo - para poder controlar y estabilizar las dimensiones, al finalizar la línea la banda de rodamiento se corta de acuerdo con la longitud para ensamblar el neumático.

Extrusión de la cara del neumático: Esta se estruda similar al componente de la banda de rodamiento, pero su estructura y el compuesto que se usa son diferentes, algunas veces el proceso de extrusión de la cara se puede complicar y es necesario cuatro extrusiones.

Montaje del neumático: cuando el neumático se encuentra listo para ensamblar, una maquina robotizada genera validación de calidad y la eficiencia. Se montan los componentes y el proceso de ensamblado inicial. Un neumático radial se construye en un tambor plano, en dos etapas el revestimiento interno y envuelve en el tambor y la primera capa del cuerpo se deja encima, seguida por la siguiente capa. Los conjuntos de cejas se posicionan y se infla un saco sobre el tambor y se empuja desde ambos extremos del tambor, forzando que las capas se tuerzan hacia arriba a fin de cubrir los conjuntos de cejas. La segunda etapa, se utiliza otra maquinaria para así aplicar los cinturones, las capas de nylon y la capa de rodamiento sobre la primera etapa, aun así, el neumático necesita el curado ya que no existe dibujo de la banda de rodamiento.

Curado del neumático: El curado tiene reacciones químicas, así como se moldean las caras y la banda de rodamiento. El curado es una operación en lotes con alta temperatura y presión en el cual el neumático sin curar se coloca en un molde a la temperatura especifica. Después de cerrar el molde el compuesto de caucho fluye hacia adentro para dar la forma y los detalles de la banda de rodamiento y la cara. Una vez finalizado el curado se puede abrir el molde.

Inspección del neumático: Ya para finalizar el proceso de fabricación es importante asegurar la calidad para ello se inspecciona, el recorte de la rebaba del molde y los micro venteos, inspección visual, radiografiado e inspección de durabilidad (Urbana emprendimientos, s.f)

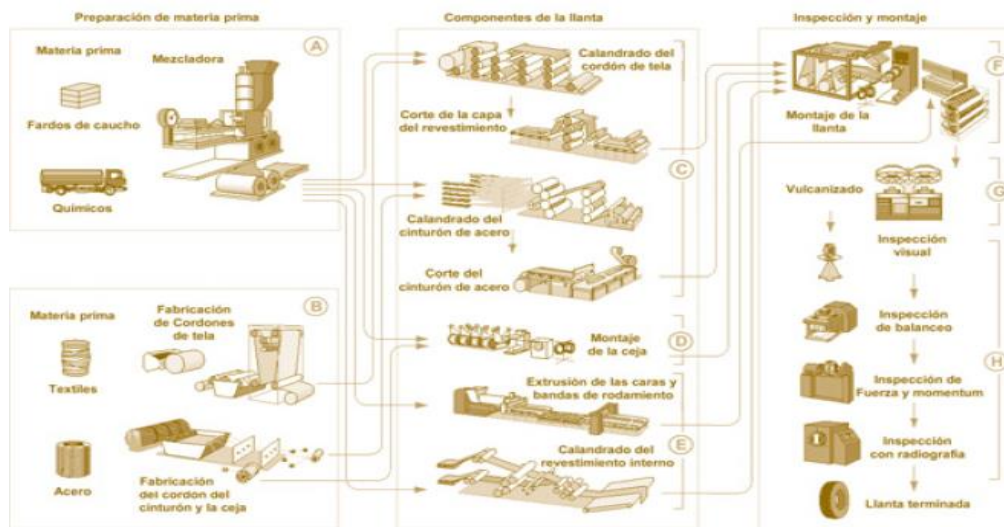


Imagen 2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de llantas
Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, (2006)

1.4 Partes de las llantas

Las llantas se componen de caucho, se colocan sobre los rines de las ruedas, sirviendo como medio de fijación al piso, ofrece agarre y permite transmitir fuerza de aceleración dando comodidad y precisión a los ocupantes del vehículo.

Carcasa: Esta es la que da soporte a la llanta, se muestra debajo de la banda de rodamiento y de los costados también es la encargada de dar velocidad y soporte.

Banda de rodamiento: Es una parte importante de la llanta ya que es la que entra en contacto con el pavimento

Base de la llanta: Esta en la parte central de la llanta, facilita el montaje y desmontaje de la cubierta

Disco de rueda: es la que crea la conexión con el buje de la rueda

Revestimiento de goma interior: es la capa interna de goma que retiene el aire, facilita la estanqueidad

Lonas de carcasa: son unos cables elaborados de fibra de textil en forma de arcos que se colocan en ángulos rectos y pegados con el caucho de las cubiertas.

Banda de rodamiento: es la banda externa del caucho que rodea la cascara del neumático, y es la que tiene contacto con el suelo

Hombro: es una goma gruesa que es la que está expuesta a los golpes, y distribuye el calor del neumático mientras está en movimiento

Flanco: formada de goma flexible que se adapta perfectamente a las deformaciones del neumático, y protege al neumático de los golpes laterales

Lonas de sima: son finos cables de acero que están cruzados entre si formando un triángulo indeformable, puede ofrecer flexibilidad y robustez.

Talón: es la parte interna del neumático está formada con un conjunto de alambre hecho de acero, con esto se ajusta el neumático y evita el patinaje de las llantas (Castro, 2008)

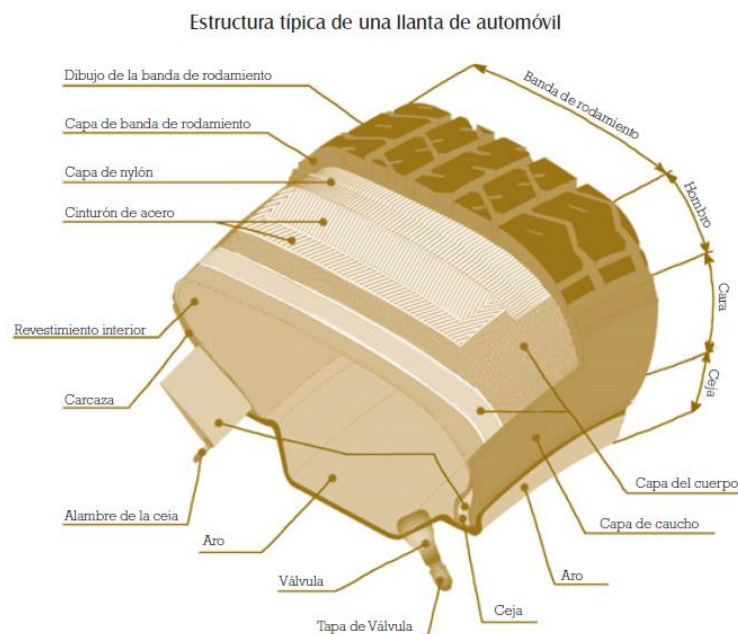


Imagen 3. Estructura de la llanta
Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá (2006)

Capítulo 2.

Descripción del proceso de reciclaje de llantas (neumáticos).

Los residuos necesitan un tratamiento especial ya que su biodegradación de forma natural es un proceso muy extenso. Por tal motivo el reciclaje se realiza destrozando la llanta en partículas cada vez más pequeñas. Después de pasar por varios procesos que va reduciendo esos pedazos dependiendo el uso que se le vaya a dar al producto reciclado

2.1. Termólisis

Es un proceso de degradación – disociación térmica a temperaturas bajas, sin oxígeno para que el contacto de la fuente de calor y el producto sea indirecto. Las altas temperaturas y la ausencia del oxígeno destruyen los enlaces químicos que le dan forma al neumático. En el proceso se obtienen metales, hidrocarburos sólidos y gaseosos.

2.2. Pirolisis

Es un proceso de descomposición química producida por el calentamiento en ausencia de oxígeno de todo tipo de materiales menos el vidrio y metales sin producir contaminación ambiental, en los neumáticos se produce la degradación del caucho así se obtiene el gas que es similar al propano y se puede usar en la industria o convertir en aceite líquido puede ser refinado en Diesel, coke y acero

2.3. Incineración

Este es el procesamiento térmico de materiales reutilizables mediante la oxidación, es un co-procesamiento de hornos cementeros. Con el poder calorífico de la llanta se puede utilizar para producir energía como combustible auxiliar de los hornos cementeros y con las altas temperaturas se realiza una combustión completa y el acero de las llantas se convierte en óxido de hierro y eso le proporciona hierro adicional al horno

2.4. Trituración

Se puede dar en dos procesos mecánico o criogénico, para el caso de los neumáticos se emplea la trituración mecánica, tiene diversas cuchillas para granular el caucho, se puede generar caucho de diferentes tamaños la eficacia depende del grado de la molienda y así también se recupera el acero y textil que forman la llanta, para ello se usa discos magnéticos

2.5. Ventajas y desventajas del reciclaje de llantas

Por medio del reciclaje se puede ver como contribuye a una mejor gestión económica y ambiental, pero también tiene una serie de impedimentos que dificultan el proceso.

Ventajas

- Se obtiene materiales y productos que pueden volver a las cadenas industriales.
- Las partículas de caucho presentan una superficie relativamente suave, diferentes tamaños y una mínima oxidación superficial.
- La fabricación del adoquín es de caucho reciclado de llantas, pigmento y otros materiales no que no son nocivos.
- Tiene una repercusión económica.
- Es un negocio auto confiable.
- Disminución de contaminación en el medio ambiente que se genera con el desecho y mal almacenamiento.
- El producto de reciclaje puede servir en diferentes aplicaciones como por ejemplo la jardinería, construcción, baldosas y pistas deportivas entre otros.

Desventajas

- Altos costos en la cadena de logística inversa
- Mantenimiento constante de cuchillas y tornillos de la maquinaria
- Requiere instalaciones complejas de alto costo y una infraestructura de gran capacidad.
- El tomar materiales no biodegradables para la elaboración de nuevos productos la calidad puede ser baja y hasta tener consecuencias negativas

2.6. Maquinaria y tecnología utilizada para la obtención de arena plástica

La maquinaria que se utiliza para el proceso de producción de arena plástica o granulo a partir de las llantas usadas son:

Destalonadora: esta es usada para la extracción el alambre de acero que está en el interior, son dos anillos que al no extraerlos por su dureza puede causar ineficiencia en el proceso continuo.



Imagen 4. Destalonadora
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

Cortadora: es la encargada de realizar la primera trituración por lo que cuenta con transmisión hidráulica y mínimo dos ejes donde se encuentran las cuchillas de corte. De este proceso se obtiene grandes torsos de llantas de diferentes tamaños.



Imagen 5. Cortadora
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

Trituradora: Esta es la segunda trituración donde se reducen los trozos de llantas del proceso anterior, por lo que esta debe contar con una perilla o red metálica para la calibración del tamaño.



Imagen 6. Trituradora
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

Granulador: Esta máquina es la encargada de granular los pedazos de las llantas del proceso anterior se puede llegar a obtener granos de dimensión de 16mm.



Imagen 7. Granulador
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

Separación de acero (desmetalizado): con este proceso se busca separar las partículas ferromagnéticas con ello se separa el 99% del acero que tiene las llantas, estas son removidas con un separador magnético que cuenta con una banda transportadora y conduce el metal hacia el punto de recolección.



Imagen 8. Separadores magnéticos
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

Granulador secundario (refinación y selección del grano): El Material se lleva por medio de una banda que transporta hacia un cernidor rotativo en el cual se seleccionan los granos en diferentes grupos según el tamaño. Con este proceso los granos van a caer en diferentes contenedores teniendo en cuenta la granulometría que puede ir de 1 a 7mm.



Imagen 9. Granuladores secundarios (refinadores)
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

2.7 Resultado del reciclaje de neumáticos

Con el proceso de reciclaje de los neumáticos se logra la separación de cada uno de sus componentes donde se obtiene:



Imagen 10. Alambre de acero
Fuente: Vivo en Italia, (2009)



Imagen 11. Fibras Textiles
Fuente: Vivo en Italia, (2009)



Imagen 12. Granos de diferentes granulometrías de goma que pueden variar 0,5 q 3mm
Fuente: Vivo en Italia, (2009)



Imagen 13. polvos
Fuente: Vivo en Italia, (2009)

2.8 Aplicaciones de la arena de plástico.

Con el proceso de los neumáticos usados y la obtención de arena plástica se le puede dar diferentes utilidades en la industria. A continuación, mostraremos aplicaciones que se han desarrollado para su uso:



Imagen 14. Materia Prima para la producción de pavimento asfáltico
Fuente: (Castro, G., 2007)

Según Alvar Martin González, (2015) al modificar el asfalto que contiene polvo de neumáticos desechados se identifica por tener mayor absorción del sonido que se produce por la rodadura de las llantas, teniendo en cuenta los estudios que se realizaron, esta reducción puede ser de 3 y 5 decibelios. Las primeras conclusiones fueron muy positivas y se evidencio que es posible reducir el ruido de los vehículos más pesados, ayudando así a eliminar las barras acústicas.



Imagen 15. fabricación de baldosas y pistas deportivas
Fuente: (Martin-González, 2015)

Alvar Martin González, (2015) expone que la estructura del pavimento es producida con gránulos de caucho, con diferentes espesores para así obtener propiedades especiales en cada tipo de pavimento, estos son mezclados con un ligante de poliuretano mono componente. Formando parte de su estructura monolítica, se le da un acabado con gránulos de EPDM y espesor variable, condicionado a las características de diseño de los diversos tipos de pavimento.



Imagen 16. Hierba artificial
Fuente: (Martin-González, 2015)

Es un césped proporciona mayor seguridad, es más resistente y sus características son similares al pasto natural. Uno de los principales avances son la incorporación de fibras de muy baja abrasión y de mayor durabilidad, los hilos de la estructura (monofilamentos) y el caucho granulado como relleno adicional.

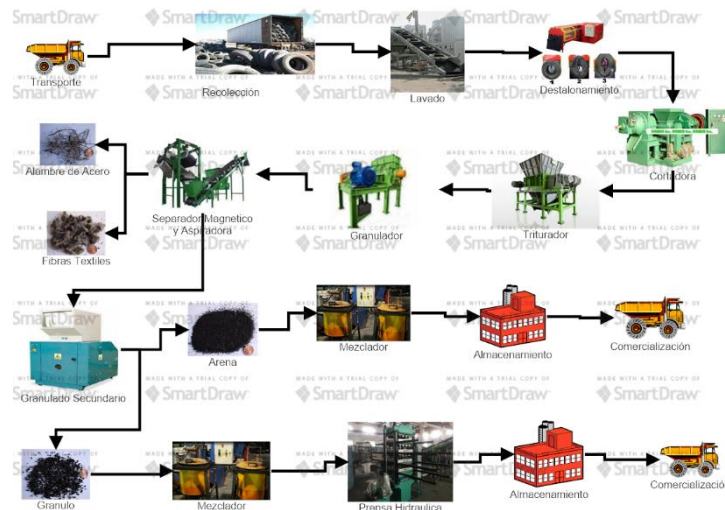


Imagen 17. Proceso de Fabricacion
Fuente: propia

Capítulo 3.

La logística inversa: Generalidades y aplicaciones

3.1 Generalidades de la logística inversa.

En la logística inversa se busca generar un tratamiento adecuado a productos devueltos por el consumidor ya sea directamente por el fabricante o por empresas terciarias.

En otras palabras, la logística inversa es una cadena de suministros rediseñada para dar tratamiento de manera correcta a productos destinados al reprocesamiento, la reutilización, el reciclaje o la destrucción.

La logística inversa ha adquirido más auge teniendo mayor importancia en la cadena de suministro, esto debido a los sobrecostos por la forma inadecuada que se ha procedido, el medioambiente y la generación de competitividad que representa el adecuado manejo de productos desde uso o almacenamiento hasta el lugar de origen o disposición final.

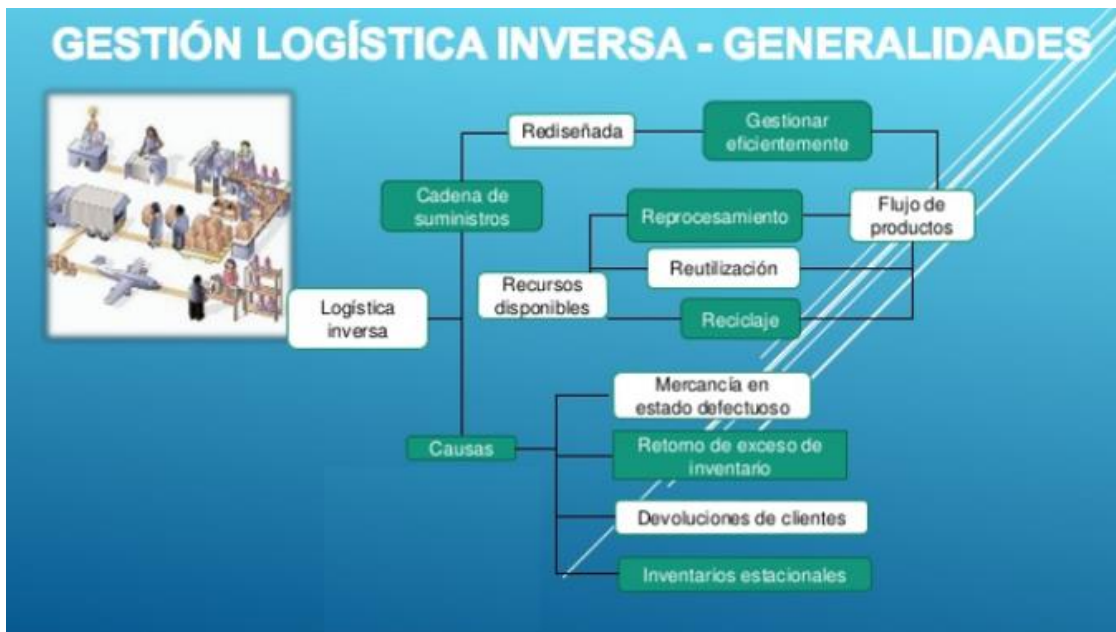


Imagen 18. Gestión logística inversa – Generalidades

Fuente: (Vásquez, 2015)

3.2 Que es la logística inversa.

Para definir logística inversa es necesario recordar el significado de logística, ya que tiene el mismo proceso, pero de forma inversa.

Logística: es el proceso de proyectar, coordinar y controlar el movimiento ya sea de recursos, materia prima, productos terminados, e inventarios de un sitio de almacenamiento a otro, con propósito de cumplir con los requerimientos del cliente final

Cadena de suministro: es un conjunto de elementos que permite contar con una organización necesaria para llevar a cabo el desarrollo de un producto o servicio, y donde se cumpla el objetivo de satisfacer al cliente

Logística inversa: es el proceso de proyectar, gestionar el retorno de los productos desde el punto de consumo hasta el punto de origen de una forma eficiente. Esta se encarga de la recuperación, reciclaje reutilización y sustitución de materiales aportando mejorar el medio ambiente.

La logística inversa es una herramienta donde en la actividad empresarial ha fijado conceptos de gestión en el sentido de proveedor a cliente, gestionando procesos productivos, comerciales y de distribución, hasta que llega al consumidor. La mayoría de los fabricantes han ignorado el destino final de sus productos cuando concluían su vida útil. La logística inversa gestiona los aspectos derivados de trasladar los bienes desde el consumidor o distribuidor hasta el fabricante, si es procedente de devoluciones por cualquier causa o hasta centros de recogida, con el fin de proceder a su reutilización o destrucción. Todas estas actividades deben estar en la logística inversa, considerando el sentido contrario, esto es desde el punto final de consumo al origen, con el objetivo de recuperar valor de materiales o asegurar su eliminación adecuada. Se encarga de la recuperación y reciclaje de envases embalajes y residuos peligrosos, la logística inversa gestiona el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible.

Para algunos autores como Angulo, 2003 y Mercedes Hortal, Vicente Francisco Navarro, 2011 la definición es “la logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario,

devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación” . Por tanto, las actividades que son incluidas en el concepto de logística inversa son numerosas (figura 2). En base a estas, la clasificación por tipo de logística inversa realizada es: Devoluciones y retornos, residuos o productos fuera de uso y aprovechamiento de capacidades.

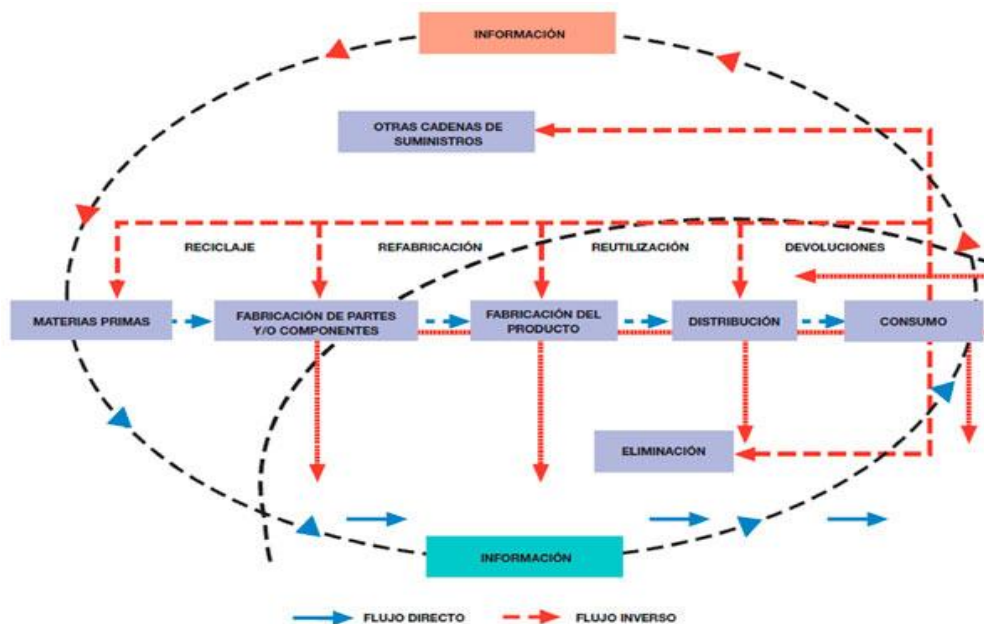


Imagen 19. Diagrama de bloques de la logística.
Fuente: (Hortal y Navarro, 2011)

3.3 Objetivos de la logística inversa.

La logística inversa es un campo de la logística que se encarga de coordinar, la devolución en el comercio electrónico, uno de los principales objetivos de la logística inversa es llevar a cabo el proceso de la manera más eficiente y económico posible. La logística inversa consiste, en el flujo de materiales, bienes y mercancías en un sentido inverso al que se conoce, es decir, no de un flujo de empresa a cliente, sino de cliente a empresa.

la logística inversa hace referencia al hecho de retornar un producto, de igual manera hace referencia a algo más específico, como es el caso del reciclaje, la reutilización y/o sustitución de materiales, además eliminación de residuos, reparación y manufacturación de productos.

- ✓ Realizar apropiada planeación, optima ejecución y mayor control de los flujos de los productos, mantener la información y dinero entre los diversos procesos de la logística inversa que permiten la generación de valor y reducción de costos en las operaciones.
- ✓ Reconocer, planear, ejecutar y mejorar procesos para los productos gestionados en la logística inversa que permitan la reparación para un nuevo uso, reciclaje o eliminación con el fin reducir los impactos ambientales y aumentar los beneficios económicos de la empresa.
- ✓ Ajustar los procesos de la logística inversa con la logística convencional y la cadena de suministro, ajustando Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) que brindan mejorar las relaciones de sus actores, disminuir costos de operación y optimizar el aprovechamiento de las materias primas y productos disponibles.
- ✓ Minimizar la mayor cantidad de productos que se van a recuperar a través de la cadena de suministro por medio de sistemas de control de calidad de procesos (Seis Sigma y Kaizen), negociación con otros actores de la cadena de suministro como responsabilidad de los retornos de productos, fechas de vencimiento de garantías o recuperación de los productos, etc.



Imagen 20. Objetivos de la logística inversa
Fuente: Procesos estrategicos. (s.f)

3.4 Actores de la logística inversa.

En la logística inversa intervienen actores con funciones, responsabilidades y niveles estratégicos que aportan para lograr los objetivos, alcanzar los beneficios y realizar diferentes procesos involucrados al menor costo y con mayor desempeño.

Según Dekker, 2014 dichos actores pueden ser clasificados como:

- Actores principales, en las cuales se consideran los proveedores, distribuidores, minoristas, cliente y empresa responsable de la recuperación del producto o productor.
- Actores especializados, los cuales ejecutan los procesos específicos de la logística inversa tales como: prestadores de servicio de transporte, almacenamiento, recicladores, operadores de reprocesamiento o eliminación de desechos.
- Actores relacionados, los cuales son organizaciones gubernamentales, ONG ambientalistas, entre otras, que afectan a la logística inversa de la cadena de suministro, etc.

Estas actividades llevan asociadas políticas y decisiones a largo plazo de dirección, organización, planeación, programación, administración, coordinación y control de los sistemas y flujos interactuantes.

Finalmente, los actores de la logística inversa son los encargados de los productos o materiales; en algunos casos son actores relacionados, especializados o clientes. es por ello que es de gran importancia se identifique su función, sus responsabilidades y los procesos de la logística inversa a participar y ejecutar para omitir problemas legales, operativos y sociales.

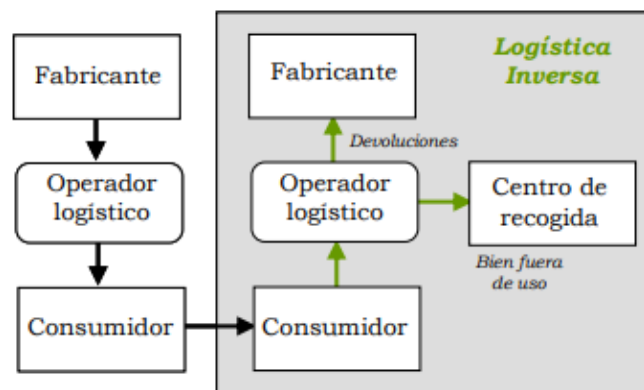


Imagen 21. Ciclo logístico del producto

Fuente: (López, J., 2010)

3.5 Procesos de la logística inversa.

Los procesos en logística inversa se enfocan a cuatro objetivos clave:

- Reciclado.
- Reducción de insumos vírgenes.
- Administración de residuos.
- Reemplazo de materiales.

En los procesos de la logística empresarial podemos evidenciar los cuatro enfoques presentados anteriormente

- A. **Procuración y Compras:** se procura el desarrollo de los proveedores y la compra de materias primas, y los diferentes materiales que sean por así decirlo “amigables con el ambiente”.
 - **Reciclado:** es de gran importancia implementar estrategias de reciclado respetando el desempeño y estándares de calidad del producto: utilizando materiales de origen reciclado, y reciclables; explorar nuevas tecnologías que permiten el manejo de materiales reciclados.
 - **Reducción de insumos vírgenes:** involucra actividades de ingeniería de producto, y capacitación de los recursos humanos, esto con el propósito de: evaluar la reutilización de residuos, anteponer materiales reciclados, escoger contenedores, embalajes, empaques y envases reutilizables y reciclables, apoyar y dar a conocer la cultura del “retorno”.
 - **Administración de residuos:** Las normas de procuración de materiales se debe tener en cuenta la tasa de residuos en el empleo de materiales; el manejo de residuos es un costo no insignificante; igual puede ser importante tener normas que acepten las muestras, si las solicitudes de gestión de los residuos, o simplemente su disposición por rechazo, es costosa.
 - **Reemplazo de materiales:** El aumento de la tasa de nuevos procesos de reciclado debe impulsar la sustitución de materiales, en particular los de mayor peso por otros más livianos con igual o superior desempeño.
- B. **Transporte y Gestión de Tráfico:** El transporte y la gestión de tráfico es clave para la logística inversa. Existen operadores especializados en el manejo de retornos de productos

reutilizables. Los costos del transporte alcanzan a un 25% de los costos totales de la logística inversa. De ahí la importancia de optimizar su gestión.

- Reducción de insumos vírgenes: En el caso del transporte, este aspecto es a considerar en la producción misma del transporte: es necesario utilizar aceite reciclado, llantas (o cubiertas) recapadas (o Revulcanizadas), así como filtros reconstruidos, y baterías con celdas de plomo derivadas del reciclado de baterías dadas de baja.
 - Reciclado: para el transporte de materiales a reciclar se necesita realizar el acondicionamiento para mayor aprovechamiento de las unidades que realizan el traslado y así disminuir los costos de flete. También, en algunas ocasiones las normas piden que se realice un pre- procesamiento para reducir o controlar la peligrosidad de dichos desechos.
 - Administración de residuos: Para la disposición final de residuos, es conveniente que los vehículos que los transportan dispongan de ciertas capacidades: compactadoras, granuladoras, mecanismos de ayuda a la clasificación como cribas, facilitar el acceso adecuado a la carga para realizar inspecciones, etc. También, el transporte de residuos exige un “ruteo” que minimice impactos negativos en el tráfico y a las comunidades (emisiones, ruido), así como una planificación integrada a las decisiones de localización de las áreas de relleno sanitario y/o basureros industriales.
- C. Almacenamiento e Inventarios: en este proceso de la logística inversa se tienen en cuenta cuestiones de localización, lay-out, equipamiento de la infraestructura para el manejo y de pre- procesamiento para un adecuado almacenamiento.
- Reducción de insumos vírgenes: En general se trata de reducir la cantidad de almacenes, y realizar una reingeniería para utilizar materiales sustitutos. En muchas ocasiones es conveniente tercerizar los procesos con operadores logísticos especializados.
 - Reciclado: es importante manejar los materiales separados para el reciclaje de los desechos. Regularmente es necesario un equipamiento de pre-procesamiento distinto; en general los que organizan el material para el reciclaje pueden ser inversiones del operador logístico que se hará cargo de ellos.
 - Reemplazo de materiales: en muchas ocasiones se genera sustitución o reemplazo en el equipamiento de los almacenes: desde “racks” tiene mayor durabilidad, con un mejor tratamiento de electroforesis para las piezas metálicas, al realizar el cambio de montacargas con motores de combustión por los que usan electricidad que no contaminan.

- Gestión de residuo: La gestión de almacenamiento de residuos se requiere una estricta operación FIFO (primero en entrar primero en salir) y un extremo cuidado en la clasificación de residuos peligrosos o no.
- D. Envase, Empaque y Embalaje: Estos procesos fueron los primeros que se tomaron en cuenta al iniciar la logística inversa. Existe una amplia experiencia.
- Reducción de insumos vírgenes: el usar materiales reciclables es la mejor estrategia para la reducción de basura doméstica. Es una forma de reducir el uso de insumos vírgenes, y reducir la generación de “basura” que son desechados a diario. También, es importante integrar un programa que busque la eliminación de envases al máximo, al igual que de empaques y embalajes, reutilizar, mejorar el desempeño del sistema producto-envase, diseñar el envase con menos materiales, incrementar la cantidad de producto ofrecida al consumidor entre otras acciones de modo que se reduzca la necesidad de utilizar envases, empaques, embalajes.
 - Reciclado: según la norma se requiere establecer símbolos para indicar que los envases, empaques y embalajes se derivan de materiales reciclados, y reutilizables.
 - Remplazo de materiales: la experiencia es mayor desde el cambio de vidrio por PET en botellas, hasta el cambio de paletas de madera por otras plásticas.
 - Administración de residuos: la innovación en la tecnología para reciclar permite reducir los desechos. Sin embargo, para los que deben desecharse, se mejoran la tecnología para el relleno sanitario, o se genera energía de las incineraciones produciéndose calefacción.

La logística inversa es un conjunto de procesos que tienen como fin facilitar el cumplimiento de sus objetivos, utilizando adecuadamente los recursos de la empresa y coordinando los actores involucrados en su cadena de suministro. Dichos procesos suelen ser: recolección, inspección-selección-clasificación, almacenamiento, transporte y transformación o tratamiento de los productos recuperados.

Una vez identificados y descritos los procesos que suelen componer la logística inversa (ver tabla1), se puede inferir que existen unos procesos de generación de valor y otros de apoyo. Los primeros se componen de procesos tales como: la recolección, inspección, clasificación, selección y transformación que permiten cambiar los productos o materiales recuperados a estados o formas adecuadas para el reúso, re-manufacturación, reciclaje o eliminación en botadero. En cuanto a los procesos de apoyo, estos se encuentran compuestos por el almacenamiento, el

transporte y tecnologías de la información y comunicación (TIC), los cuales no contribuyen en la transformación de los productos o materiales directamente, pero son claves para que estos se ejecuten de una manera eficiente y eficaz en cuanto a costos, protección del medioambiente, simplificación de operaciones y coordinación de los actores de la logística inversa.

Proceso	Descripción
1. Recolección	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en la recogida de los productos o residuos desde los lugares de uso (cliente) al punto de origen o recuperación⁴. • En este proceso se debe establecer el origen- destino de los productos, el tipo de material a recolectar y los medios para realizarlo, con el fin de planear, ejecutar y controlar adecuadamente este proceso, debido que es considerado como crítico para lograr un sistema de logística inversa eficiente y eficaz¹⁸.
2. Inspección, selección y clasificación de productos recuperados.	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez los productos son recuperados por el proceso de recolección, se suele realizar una inspección de los productos o materiales (empaques) con el fin de determinar la cantidad, procedencia, razones de devolución y tipo de productos¹⁸. • En la selección se determina la calidad del producto o material recolectado, con el fin de determinar su estado y posibles usos. • En la clasificación se dividen los productos por características comunes tales como: tipo de material, destino y uso o disposición tentativa (reuso, remanufactura, reciclaje, eliminación en botadero)⁴. • Se pueden presentar otras clasificaciones que permitan segmentar y facilitar su utilización en procesos próximos de la logística inversa³.
3. Recuperación directa del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce cuando el producto recuperado puede ser fácilmente devuelto al mercado o proceso productivo. • Dichos productos pueden ser reusados, revendidos o retribuidos, porque su calidad o causa de inconformidad del cliente son fácilmente solucionables, tales como, pedidos entregados incompletos o con empaques dañados⁴.
4. Transformación, tratamiento o disposición final	<ul style="list-style-type: none"> • Este proceso se encarga de transformar o tratar los bienes o residuos recuperados en productos reusables o remanufacturados para el uso industrial o convertirlos a un estado amigable con el medioambiente³. • Esta transformación puede comprender diferentes niveles tales como: reparación total, reparación de una parte o remanufactura de un producto que es volverlo nuevamente funcional y reutilizable para el cliente, recuperación de una parte o pieza del producto debido a que ya no es funcional, pero sus partes sirven para otros productos, utilización como reciclaje el cual es utilizado para nuevos procesos industriales (papel, computadores, etc.) e incineración y/o envío a botadero de productos⁴.
5. Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de mover los productos o residuos entre los puntos de uso y origen o transformación³. • Se sugiere la planeación de rutas con el fin de optimizar los costos y aprovechar adecuadamente los medios de transporte¹³.
6. Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Es utilizado para almacenar los productos, materiales o residuos de forma temporal o por períodos de tiempo programados y controlados³. • Generalmente es utilizado después de los procesos de recolección, transporte entre puntos de origen-destino o antes de la transformación o disposición final del producto³. • Suele ser considerado como un proceso transversal a la logística inversa.

Tabla. Procesos en la logística inversa
Fuente: (Gómez, R., 2010)

3.6 Logística inversa en las llantas usadas.

Realizando un análisis desde el punto de vista de la logística, teniendo en cuenta el producto como es el caso los neumáticos usados, estos son en muchas ocasiones desaprovechados y desechados por falta de nuevas alternativas en el mercado, podemos evidenciar que es posible recolectar clasificar y darle un uso adecuado donde se pueda implemente una economía circular, por medio de este proceso se regresa a la vida útil por medio de una cadena productiva.

- Recolección y acopio de llantas usadas: Por medio de la logística inversa de cada uno de los centros de acopio de fabricantes y comercializadores, se realiza la recolección de las llantas.
- Clasificación de las llantas: es de gran importancia realizar clasificación del material, para así poder identificar el uso correcto, ya que puede ser para reciclar, reutilizar o destruir de manera adecuada, para evitar un sobre costo en este proceso, se realiza en los centros de acopio.
- Generación nueva materia prima: por medio de la clasificación obtenida se realiza el proceso para reutilización del material, teniendo en cuenta la apertura de los nuevos mercados como el caso de estudio de fabricación de baldosas de caucho y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas

Capítulo 4.

Fabricación de las baldosas de caucho de uso general y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas

A continuación, se busca conocer el proceso de fabricación de las baldosas y aplicación de granulo para la pavimentación de pistas deportivas a partir del caucho reciclado de llantas (neumáticos), sus principales componentes y propiedades sirven para dar seguridad y acondicionar superficies.

4.1 Producción de baldosas de caucho y aplicación de granulo para pavimentación de pistas deportivas

El proceso para la fabricación de baldosas de caucho y la aplicación de granulo para pavimentación de pisos deportivos se genera a partir de la etapa inicial de reciclaje por la trituración mecánica, la materia prima principal son los neumáticos usados y por medio de este proceso se obtiene la arena plástica.

La producción de baldosas y la pavimentación de pistas deportivas de caucho reciclado se maneja por diferentes etapas:

1. La recepción: este es el proceso donde se inicia con el ingreso de la materia prima e insumos, en el cual se realiza la verificación de recepción y almacenamiento en la bodega con el fin de clasificar y organizar el granulo según el tamaño.
2. Mezclado: en este proceso se realiza la mezcla de todos los componentes por 4 y 6 minutos, la resina de poliuretano que es la que se encarga de la unión adhesiva con los trozos de caucho y los pigmentos de colores que contienen baja toxicidad y es la que da el acabado visual a los pisos.
3. Prensado de baldosa: en seguida para las baldosas se aplica la mezcla homogénea en los respectivos moldes para dar el diseño y dar inicio del proceso de prensado, durante 20 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, el producto se deja secar a temperatura ambiente durante 2 a 3 horas para realizar las pruebas de calidad y resistencia y que

cumple con las exigencias, se procede a ser empacado con cartón (Osorio, Salinas, Clímaco, Galván y Iniesta, 2017).

4. Empacado de la baldosa: se verifica la consistencia de la loseta de caucho conforme al tipo de calidad en cajas de cartón preestablecidas, se ajusta con la cintilla de plástico (Osorio, Salinas, Clímaco, Galván y Iniesta, 2017).
5. Aplicación pista deportiva: se realiza una limpieza a la superficie luego se adiciona una capa de granulo negro mezclado con resina en un espesor de 1,5 cm se genera presión para que quede bien compacto y alineado, una vez finalizado este proceso se aplica el granulo de color con un espesor de 1cm y se repite el proceso inicial para compactar, con rodillo se realiza alisado manual para obtener cavados más uniformes. (Tecno mecánica ambiental, 2016).

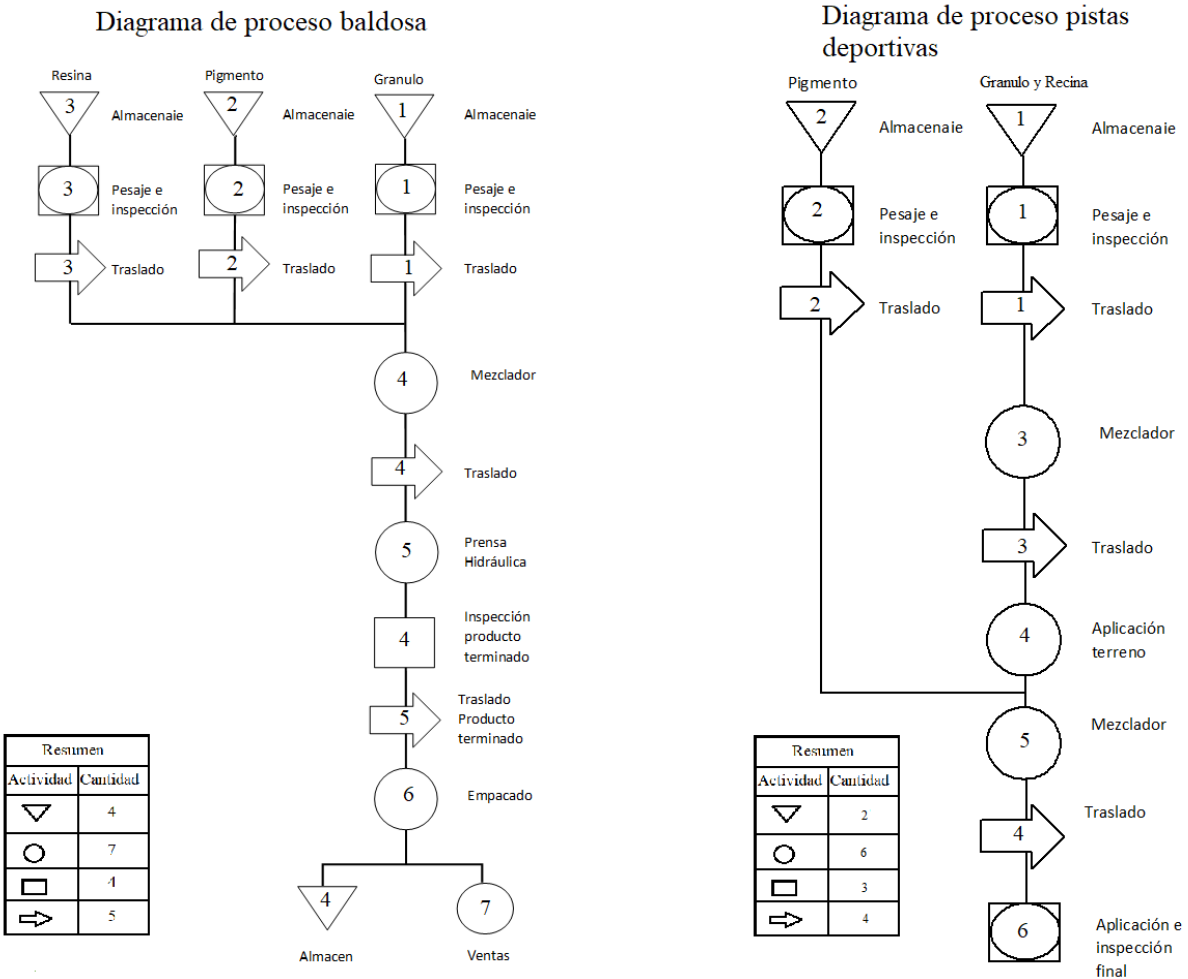


Imagen 22. Diagrama de proceso
Fuente: Propia

Desechos

El manejo de los residuos en el proceso de fabricación de las baldosas de caucho se puede dar en el producto defectuoso que no cumpla con los estándares de calidad, estos se pueden vender a un valor menor o generar un nuevo proceso de logística inversa enviándolo al punto de Trituración de las llantas.

Formulación

Tableta: 50cm x 50cm

Espesor: 2,5 cm

Composición 70 % Granulo
 20 % Resina
 10 % Pigmento

Peso Baldosa: 1lb – 500gr

Total Granulo

$$\frac{70 \% \times 500\text{gr}}{100\%} = 350 \text{ gr}$$

Total Resina

$$\frac{20 \% \times 500\text{gr}}{100\%} = 100 \text{ gr}$$

Total Pigmento

$$\frac{10 \% \times 500\text{gr}}{100\%} = 50 \text{ gr}$$

Costos Directos por baldosa

ANÁLISIS DE COSTOS POR BALDOSA					
ARTICULO:	BALDOSA				
<u>1 MATERIA PRIMA</u>					
DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
Granulo de caucho	Kg.	350 Gr	\$ 600	\$ 420	\$ 27.624
Resina	Kg.	100 Gr	\$ 79.069	\$ 15.814	
Pigmento	Kg.	50 Gr	\$ 113.900	\$ 11.390	
<u>2 MANO DE OBRA</u>					

DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
Mezclado	H	5 min	\$ 3.657	\$ 305	\$ 3887
Prensado	h	20 min	\$ 3.657	\$ 1.219	
Empacado	h	3 min	\$ 3.657	\$ 183	
Transporte	Flete kg		\$ 4.360	\$ 2.180	
3 SERVICIOS					
DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
Servicios públicos	h	28 min	\$ 2.083	\$ 972	\$ 972
Arriendo	h	28 min	\$ 4.166	\$ 1.944	
Suministro de oficina	h	28 min	\$ 833	\$ 389	
COSTO DE FABRICACIÓN					\$ 32.483

Costo pavimentación M²

ANÁLISIS DE COSTOS M ²					
ARTICULO:	PAVIMENTACIÓN				
1 MATERIA PRIMA					
DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
Granulo de caucho	Kg.	350 Gr	\$ 600	\$ 420	\$ 27.624
Resina	Kg.	100 Gr	\$ 79.069	\$ 15.814	
Pigmento	Kg.	50 Gr	\$ 113.900	\$ 11.390	
2 MANO DE OBRA					
DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
Mezclado	H	10 min	\$ 3.657	\$ 609	\$ 4.228
Aplicación	h	20 min	\$ 3.657	\$ 1.219	
Alisado Manual	h	15 min	\$ 3.657	\$ 913	
Auxiliar	h	20 min	\$ 3.657	\$ 1.219	
Transporte	Flete kg		\$ 400000	\$ 2.66	
3 SERVICIOS					
DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
Servicios públicos	h	28 min	\$ 2.083	\$ 972	\$ 972
Arriendo	h	28 min	\$ 4.166	\$ 1.944	
Suministro de oficina	h	28 min	\$ 833	\$ 389	
COSTO DE m ²					\$ 32.824

4.2 Materiales e insumos.

La materia prima principal son las llantas usadas, las cuales se transforman de manera mecánica a la arena plástica, además de otros insumos y materiales que se utilizan en el proceso de producción. Explicaremos cada uno de ellos.

- Llantas usadas: son el principal material de este proceso ya que de ellas se obtiene el granulo de caucho, el cual se puede tener como materia prima para diferentes procesos.
- PU Binder (poliuretano): este se utiliza para compactar y dar flexibilidad mediante la vulcanización del caucho. Se mezcla con el granulo ya sirve como aglomerante.
- Pigmentos (colorantes): estos vienen en varios colores y son los que se encargan de dar el tono al caucho. Se mezclan después de haber colocado el poliuretano.
- Cajas: una vez finalizado el proceso se saca la baldosa del molde dejándola a una temperatura ambiente se empaican en cajas, esto ayudara a su almacenamiento y distribución
- Pallets: estos ayudan la transportación y agilizan el bodegaje, se colocan aproximadamente 48 cajas.



Imagen 23. Materias primas e insumos

Fuente: alibaba.com. (s.f.)

4.3 Infraestructura Física.

Para un óptimo funcionamiento es necesario espacio para los diferentes equipos, el terreno debe estar dividido en 3 sectores:

- Almacenaje de Materia Prima: es un espacio planificado para el almacenamiento de materiales requeridos para la producción
- Área de producción: Es un espacio donde se colocarán las máquinas de moldes de producción de las baldosas de caucho.
- Bodega: En este sector se almacena además del producto terminado, insumos y materiales necesarios para la producción, embalaje y distribución de las baldosas de caucho. Allí se encontrará una percha metálica donde se colocarán insumos y materiales.
- Área administrativa: Espacio destinado para el área administrativa,
 - ✓ Gerente general
 - ✓ Secretaria
 - ✓ Contador
 - ✓ Coordinador de mercadeo
 - ✓ Auxiliar de mercadeo
 - ✓ Coordinador de producción

4.4 Estructura Organizacional.

En la estructura organizacional en una empresa de fabricación de baldosas y pistas deportivas a partir del caucho reutilizado de neumáticos. A continuación, se describen cada una de sus funciones dependiendo del departamento.

*

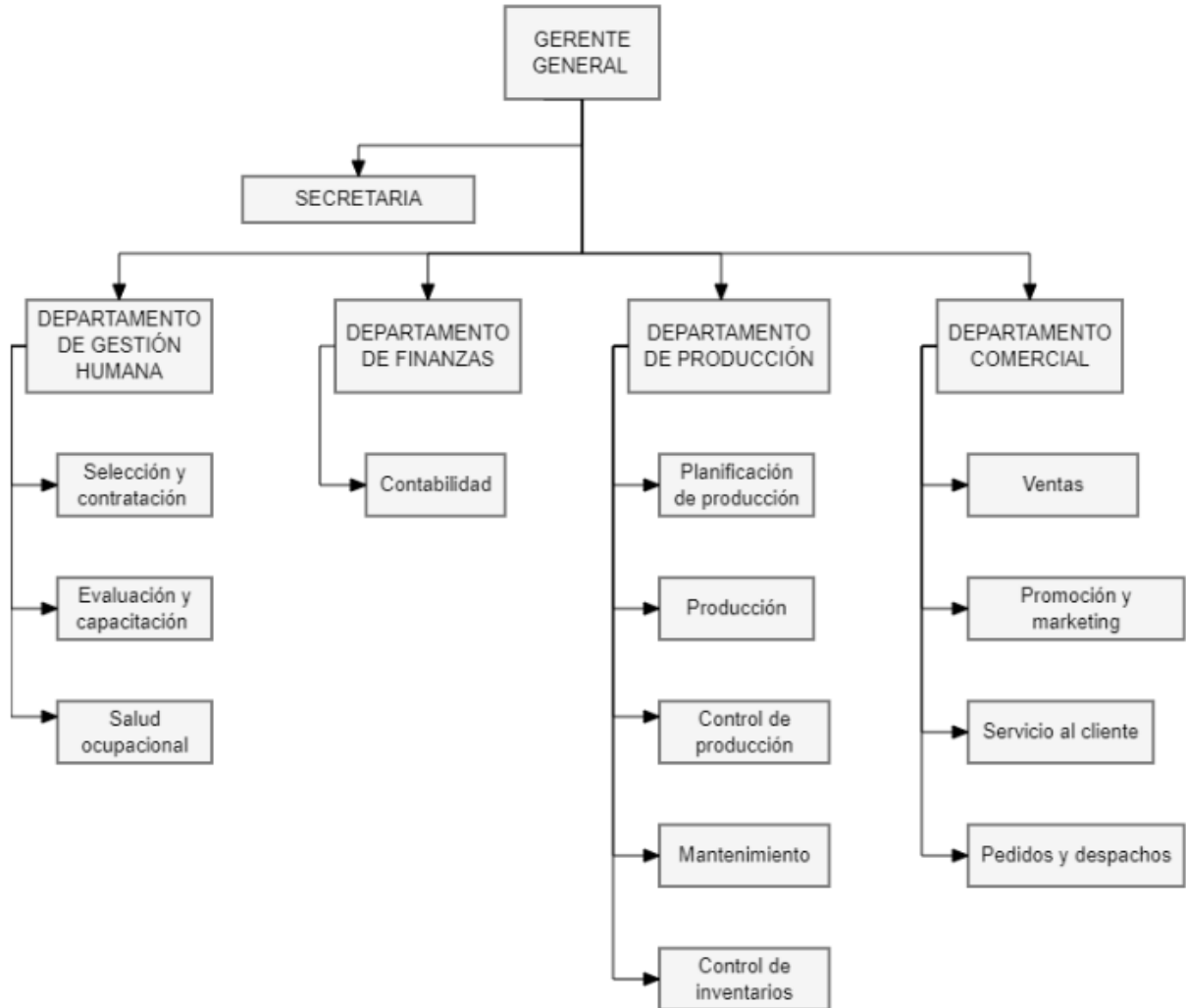


Imagen 25. Estructura Organizacional
Fuente: Propia

Cada uno de los departamentos descritos cumple con procesos necesarios para dar cumplimiento al logro de la misión. Teniendo en cuenta que es un proceso productivo continuo y cada una de las áreas tiene funciones específicas, el personal contratado debe cumplir con habilidades para desarrollar actividades netas del área o departamento al que se requiera. A continuación se describen las funciones por cada uno de los departamentos:

Gerencia.

- Administrar, proponer e implementar estrategias, presupuestos y objetivos empresariales.
- Dirigir y supervisar las acciones de mejora y rediseño de procesos de negocio, la calidad del servicio y productividad empresarial.

- Supervisar el desempeño de las jefaturas, acorde a la política y objetivos establecidos en la empresa.

Departamento de gestión humana.

- Planificar y coordinar cada una de las actividades relacionadas con el apoyo de los recursos humanos.
- Organización y control de los procesos de selección teniendo en cuenta las necesidades y perfiles requeridos.
- Participar en el proceso de contratación del personal.
- Coordinador de los procesos de promoción selección y capacitación del Recurso Humano en las organizaciones.

Departamento de finanzas.

- Administrar las inversiones y financiamiento de la empresa.
- Gestionar los cobros, control de cumplimiento a obligaciones bancarias, pago de nóminas a los empleados, realización de pago a proveedores.
- Obtener estados financieros e información de las finanzas de la empresa basada en la contabilidad, para toma de decisiones.

Departamento de producción.

- Planificar, organizar y supervisar las operaciones y actividades de mantenimiento diario.
- Manejo de maquinaria requerida en cada proceso de fabricación de baldosas y gránulo procesado para las pistas deportivas.
- Control y manejo de inventarios y Stock de producción.
- Elaboración del producto con estándares de calidad y costos bajos.

Departamento comercial.

- Desarrollar estrategias de mercadeo para dar a conocer los productos.
- Conocer clientes actuales y potenciales de la llanta transformada, brindando ofertas competitivas, con el fin de atraer mayores beneficios.
- Actualizar el material publicitario de la compañía.
- Gestionar la recepción teniendo un buen servicio al cliente interno, externo y proveedores, en la recepción de documentos y en su distribución.

4.5 Maquinaria.

En el proceso de los neumáticos usados y la obtención de la arena plástica reciclada, es necesario emplear maquinaria especializada como vimos en el capítulo 2.6 donde pudimos estudiar cada una de ellas como:

- Destanoladora.
- Cortadora.
- Trituradora.
- Granulador.
- Separación de acero (desmetalizado).
- Granulador secundario (refinación y selección del grano).

En el proceso de fabricación de las baldosas de caucho y pisos deportivos se maneja maquinaria adicional como:

Mezcladora: la finalidad es impregnar los gránulos o arena plástica con el aglomerante poliuretano, una vez curado mantendrá la cohesión entre los mismos, además se le incorpora el color que se le da a las baldosas, se utiliza en dos máquinas, una para la parte de cara “pisable” de la baldosa y la otra para el cuerpo de la amortización.



Imagen 26. Mezcladora Eléctrica
Fuente: (De Biase, A., 2017)

Prensas Hidraulicas : estas estan automatizadas para asegurar la compactacion de las baldosas y el tiempo de curado sea exacto, para lograr un producto uniforme y que no se desgrane.



Imagen 27. Prensa hidraulica
Fuente: alibaba.com. (s.f.)

Conclusiones

Después de realizar el análisis se pudo determinar que:

- Con la implementación de la logística inversa en el manejo de las llantas usadas que en muchas ocasiones son desechadas, se ha generado un nuevo mercado de productos con características amigables con sus usuarios y con el medio ambiente.
- Mediante el estudio realizado de la fabricación del neumático se pudo conocer, la importancia de cada paso en el proceso, los materiales utilizados y el riguroso control de calidad.
- En el reciclaje de las llantas fuera de uso, la Trituración es una de las mejores alternativas, ya que por este medio se obtiene la arena plástica para el proceso de nuevos productos.
- Que la logística inversa no solo es el retorno de un producto se refiere también al proceso de reciclaje, sustitución de materiales, eliminación de residuos, la reparación y manufacturación.
- La tecnología para la realización de baldosas y pavimentos de pistas deportivas de caucho reciclado permite que se le puedan atribuir características como resistencia y durabilidad
- Los pisos elaborados con llanta fuera de uso además de ser amigables con el medio ambiente poseen características como: aptos para exteriores, antideslizantes, higiénicos, resistentes al impacto, elásticos, atenúan el ruido y su limpieza es más fácil.

Bibliografía

- Angulo, J. (s,f) Logística. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos15/logistica/logistica.shtml>
- Aplicaciones de caucho reciclado con reciclaje de neumáticos (2013). Aimplas. Disponible en: <https://www.aimplas.es/blog/aplicaciones-de-caucho-reciclado-con-reciclaje-de-neumaticos/>
- Arenas, A., Maya, A., Caballero, D. y Domínguez, J. Píriz, V. (2007) Planta de reciclado de neumáticos fuera de uso. Disponible en: Máster en Administración de Empresas y Dirección de Empresas (MBA) 2007 IV Edición – Badajoz
- Arias, R., Contiggiani, L., de Toro, C., Rodriguez, P. y Sanguinetti, I. (2017) Baldosas de Caucho Reciclado a partir de Neumáticos fuera de Uso. Disponible en: https://www.frbb.utn.edu.ar/loi/archivos/2013-2016/solo_caucho.pdf
- Bastante, M., Pérez, G., Jiménez, C., Pacheco B. (2011) Investigación y desarrollo de baldosas de caucho reciclado a partir de residuos procedentes del proceso de fabricación de componentes antivibración. Disponible en: <https://www.aepro.com/es/repository/func-startdown/3379/lang.es-es/>
- Bohórquez, C. y Ballesteros, M (2016) Reutilización y transformación de llantas usadas como alternativa de mitigación del problema de contaminación ambiental en Bogotá. Disponible en: Universidad de La Salle. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables. Administración de Empresas.
- Cabrera, I., Rodríguez, I. y Gómez, Y. (2008) Alternativas para el reciclaje adecuado de los neumáticos empleados por el parque automotor de los complejos agroindustriales de la región central. Disponible en: Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. UCLV.
- Calderón, L., Toro, E. y Granada, M. (2012) Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica. Disponible en: Ciencia E Ingeniería Neogranadina, VOL 22-2, PP 153 - 177, Bogotá diciembre De 2012, ISSN 0124-8170
- Calderón, P. (2018) Formulación de un plan de negocio para la fabricación de pisos de grano de caucho reciclado, a partir de la recuperación de llantas usadas en la ciudad de Villavicencio. Disponible en: Universidad Santo Tomas

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13717/2018paulacalderon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, G. (2007) Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos. Disponible en: Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

Castro, G. (2008) materiales y compuestos para la industria del neumático. Disponible en: Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A.

Centro de Gestión de Mercados Logística y Tecnologías de la Información SENA Regional Distrito Capital Bogotá D.C, Colombia, (2016) Disponible en: Revista de Divulgación Científica; Núm. 3.

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (2014) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., Disponible en: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf>

Como se fabrica un neumático. (s.f.) Urbana emprendimiento S.A, Disponible en: <http://www.urbanaemprendimientos.com/fabricacion%20neumatico.htm>

Costa, C. (2010) Resolución número 1457 de 2010. Disponible en: Diario Oficial https://www.arlsura.com/images/stories/documentos/res1457_2010.pdf

Cruz, I. (2015) Logística inversa. Concepto, ventajas y desventajas. Disponible en: Logística inversa. Concepto, ventajas y desventajas. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/logistica-inversa-concepto-ventajas-y-desventajas/>

David, (2017) Transformar neumáticos usados en baldosas. Disponible en: Recursos para diseño de productos, procesos y negocios aplicando criterios de Sostenibilidad

Duarte, C. (2014) Conozca los 92 puntos de recolección de llantas en Bogotá. Disponible en: Alcaldía de Bogotá Bogota.gov.co

Esteve, J. (2012) Reciclaje de neumáticos: procesos y usos. Disponible en: Reciclaje Verde

Flores, A. y Salinas, X. (2017) Fabricación y distribución de losetas de caucho a partir de neumáticos reciclados. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20778/FABRICACION%20Y%20DISTRIBUCION%20DE%20LOSETAS%20DE%20CAUCHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, F. (2017) ¿Cuáles son los diferentes tipos de llantas para auto? Disponible en: Doctor auto <http://www.doctorauto.com.mx/2017/04/13/cuales-los-diferentes-tipos-llantas-auto/>

Gómez, R. (2010) Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. Disponible en: Corporación Universitaria Lasallista.

Goodyear, (s.f.) Cómo se fabrica un neumático. Disponible en: https://www.goodyear.eu/es_es/consumer/learn/how-tires-are-made.html

Guía para el manejo de llantas usadas. (septiembre 2006) Disponible en: Cámara de Comercio de Bogotá, Editorial Kimpres Ltda.

Hortal, M. y Navarro, V. (2011) La logística inversa: ¿qué es y para qué sirve? Disponible en: Inter empresas <http://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/50133-La-logistica-inversa-que-es-y-para-que-sirve.html>

López, J. (2010) Incorporación de la logística inversa en la cadena de suministro y su influencia en la estructura organizativa de las empresas. Disponible en: Universidad de Barcelona https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1493/03.JLP_3de10.pdf;sequence=4

Los tipos de llantas. (1993) Redacción el tiempo, Disponible en: El tiempo <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-122599>

Mejía, J. (2010) caracterización y análisis de posibilidades tecnológicas para la apropiación del caucho reciclado a partir de llantas usadas en el desarrollo de nuevos productos. Disponible en: universidad pontificia bolivariana, facultad Ingeniería industrial

Melgar, I. y Zurita, D. (2011) Reciclaje de Llantas para la Producción y Comercialización de Baldosas de Caucho. Disponible en: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Mora, L. y Martin, M (2013) Logística inversa y ambiental. Disponible en: Ecoe ediciones, primera edición, Bogotá D.C. 2013

Niño, P. (2017) Logística inversa. Disponible en: Emprendepyme <https://www.emprendepyme.net/logistica-inversa.html>

Ocampo, S. (2010) Construirán canchas de fútbol con llantas usadas. Disponible en: Casa Editora el Tiempo

Ortiz, A. y Tribilcock, A. (2014) Propuesta de un plan de empresa para el diseño y la fabricación de productos a partir del reciclaje de llantas, de acuerdo con las disposiciones normadas de los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas en Bogotá. Disponible en: <http://udistrital.edu.co:8080/documents/138588/2869731/PROPUESTA+PLAN+DE+EMPR+ESA.pdf>

Ostos, Y., Ruiz Y. y Bernal G. (2017) Viabilidad financiera del proyecto de inversión para el reciclaje de llantas usadas en la ciudad de Bogotá. Disponible en: Universidad Católica de Colombia

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15438/1/PROYECTO%20RECICLAJE%20DE%20LLANTAS..pdf>

Partes de una llanta. (2019) Revista educativa partesdel.com, Disponible en: https://www.partesdel.com/partes_de_una_llanta.html

Peláez, G., Velásquez, S. y Giraldo, D. (2017) Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Disponible en: <http://www.redalyc.org/jatsRepo/911/91150559002/html/index.html>

Pérez, W. y Malagón, C. (2017) Plan de negocio para la creación de una empresa de reciclaje de llantas en Bogotá para la producción de materia prima para asfalto y baldosas de caucho. Disponible en: Universidad santo Tomas <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9407/PerezWilliam2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de llantas usadas y se dictan otras disposiciones, (2017) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d9-res%201326%20de%202017.pdf>

Ramírez, C., Cujar, D., Gutiérrez, I., Salazar, O., Barragán, J., Rodríguez, J. y Vanegas, J. (2016) Aplicación de la logística inversa en la administración eficiente del retorno de llantas fuera de uso de las empresas de transporte de carga terrestre en la ciudad de Bogotá D.C. Disponible en: SENA Regional Distrito Capital Bogotá D.C, Colombia

Reciclaje de llantas usadas: la nueva economía ecológica. (2009) Vivo en Italia. Disponible en: http://www.vivoenitalia.com/wp-content/uploads/2009/05/reciclaje-de-llantas-usadas_la-nueva-economia-ecologica.pdf

Reciclaje de llantas, solución ante emergencia ambiental. (2014) Nuevo siglo, Disponible en: EL NUEVO SIGLO <https://elnuevosiglo.com.co/articulos/11-2014-reciclaje-de-llantas-solucion-ante-emergencia-ambiental>

Reciclaje de neumáticos. (2017) huella urbana, Disponible en: <http://www.huellaurbana.com/reciclaje-neumaticos-procesos-usos/>

Revista Dinero, (2017) El promisorio futuro del negocio de las llantas en Colombia. Disponible en: Revista Dinero

Rodríguez, S., Franco, J., Chud, V. y Osorio, J. (Julio-diciembre, 2017) Modelo de simulación dinámica para evaluar el impacto ambiental de la producción y logística inversa de las llantas. Disponible en: Ingeniería y desarrollo Volumen 35, no 2

Sebastián, (2017) Los 7 objetivos de la logística inversa. Disponible en: Movertis <https://www.movertis.com/blog/logistica/objetivos-logistica-inversa>

Sienkiewicz, M., Janik, H., Borzedowska-Labuda, K. y Kucinska-Lipka, J. (2016) Environmentally friendly polymer-rubber composites obtained from

Sin autor, (2013) procesos de fabricación de baldosas con caucho reciclado. Disponible en: <http://proyecto1eafit.blogspot.com/2013/08/procesos-de-fabricacion-de-baldosas-con.html>

Suárez, R. (2016) El reciclaje de llantas, un mercado que todavía falta por explorar. Disponible en: El tiempo <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/reciclaje-de-llantas-en-colombia-52722>

Trivelli, YSEA, L. y Belén, N. (2017) Desarrollo de baldosas de seguridad a base de caucho reciclado para uso en parques infantiles. Disponible en: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Una mirada al reciclaje de neumáticos fuera de uso. (2017) Revista SLT Caucho n°19, Disponible en: <https://www.sltecaucho.org/una-mirada-al-reciclaje-neumaticos-uso/>

waste tyres. Disponible en: Gdansk University of Technology"

Zárate, C. (s.f.) Valoración de tres métodos de reciclaje de llantas para implementar en el municipio de Villavicencio. Disponible en:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6302/ARTICULO%20PROYECTO%20DE%20GRADO%20-%20CAROLINA%20ZARATE.pdf;jsessionid=3D2CADC05F954DAB1025451139C47261?sequence=1>

ANEXO 1.

Tabla analítica especializada

Revisar el [Enlace](#)

ANEXO 2.
Listado de costos
Revisar el [Enlace](#)