



Aplicación criogénica en el proceso productivo de la destrucción de llantas usadas en Bogotá atendiendo un esquema Green Logistic

Autor: ING. WILLIAM FERNANDO GRACIA PINILLA
Director: ING. TIRSO FORIGUA HINCAPIÉ, MBA

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Maestría en Logística Integral
Bogotá, Colombia
2018

Aplicación criogénica en el proceso productivo de la destrucción de llantas usadas en Bogotá atendiendo un esquema Green Logistic

William Fernando Gracia Pinilla

**Propuesta de Investigación para iniciar el proceso de Investigación que conducirá
a obtener el título de:
Magister en Logística Integral**

**Línea de Investigación:
Producción, Innovación y Tecnología – PIT**

**Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Maestría en Logística Integral
Bogotá, Colombia
2018**



FICHA RESUMEN DE LA PROPUESTA

1. FECHA DE LA PRESENTACIÓN DE LA OPCIÓN DE GRADO _____ 2018

2. DESCRIPCIÓN DE LA OPCIÓN DE GRADO – AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA PROPUESTA: Aplicación criogénica en el proceso productivo de la destrucción de llantas usadas en Bogotá atendiendo un esquema Green Logistic
ÁREA(s)
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
NOMBRE Y CÓDIGO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3. PROPONENTE (Datos del estudiante)

No	Código	Nombre	Cédula	Teléfono	E-mail
1	20600032	William Fernando Gracia Pinilla	1075650431	8661300- 3118056209	willigracia@gmail.com 20600032@unimilitar.edu.co

Pegar foto
reciente a color
tipo documento

Agradecimientos

Este trabajo se logra gracias a la ayuda incondicional de mis padres los cuales con su ejemplo me han dado el apoyo que necesitaba para culminar con otra etapa de mi vida, gracias a la academia y todas las personas que de una o de otra forma han aportado en mi formación profesional.

Contenido

Pág.



Resumen	1
Abstract	3
Capitulo 1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Planteamiento de la investigación	7
1.2 Justificación de la investigación.....	10
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivos Generales	13
1.3.1 Objetivos Especificos.....	13
1.4 Hipotesis.....	14
1.5 Presentación del Documento.....	15
Capitulo 2 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	17
2.1 llantas y sus compuestos	17
2.1.1 vida útil de las llantas	19
2.2 Método de molienda en llantas usadas	21
2.2.1 Molienda Mecánica	21
2.2.2 Molienda por termólisis	21
2.2.3 Molienda por pirolisis	22
2.2.4 Molienda por incineración.....	23
2.2.5 Molienda por microondas.....	23
2.2.6 Molienda por ultrasonido	24
2.2.7 Molienda por criogenia	25
2.3 Logística de Inversa.....	26

2.4 Normatividad del reproceso de llantas en estado de pos consumo en la ciudad de Bogota.....	27
2.5 Estado del Arte de lineamientos Green Logiste	31
2.6 Metodos de molienda utilizados en la ciudad de Bogota	34
2.6.1 Metodo de produccion de molienda mecanica	34
2.6.2 Metodo de producciopn de molienda por incineracion	35
Capitulo 3 DISEÑO METODOLOGICO	36
3.1 Tipo de Estudio	37
3.2 Participantes o Sujetos	37
3.3 Herramientas, aparatos, materiales o instrumentosa	37
3.4 Etapas del Proyecto	38
3.5 Metodo de Analisis o Implementacion de los Datos	40
Capitulo 4 RESULTADOS	40
4.1 Diagnóstico de los factores influyentes en el diseño del sistema productivo en términos de mercado, procesos, recursos y resultados actualmente presentes en la cadena de pos consumó de llantas usadas..	41
4.1.1 Caracterizacion de materiales de entrada	41
4.1.1.1 Balanza de pagos en terminos de produccion de Caucho	41
4.1.1.2 Exportaciones de Manufactura de Caucho.....	41
4.1.1.3 Importaciones de Manufactura de Caucho	42
4.1.2 Caracterizacion de factores internos	43
4.1.2.1 Logistica de inversa de llantas.....	43
4.1.2.2 Diagnostico de las empresas dedicadas a la tranformacion de llantas usadas por medio de criogenica	45
4.1.3 Caracterizacion de factores externos	48
4.1.3.1 Legislacion vigente y normatividad a cumplir con las llantas en estado de pos consumo en la ciudad de Bogota 2017	48
4.1.4 Caracterizacion de lineamientos green logistic	49

4.1.4.1 Marco de referencias en base a GPD.....	49
4.1.4.2 Beneficios de la trituracion criogenia	50
4.1.5 Material resultante de los procesos de molienda	52
4.1.5.1 Portafolio de Productos de las llantas en estado de pos consumo....	54
4.2 Contrastar el desempeño del sistema productivo propuesto frente a los métodos convencionales utilizados en la ciudad de Bogotá, con el uso de técnicas matemáticas, estadística o por indicadores de acuerdo al caso	55
4.2.1 Metodos de transformacion de llantas y factores de comparacion	55
4.2.1.1 Analsis del flujo de proceso y metodos de transformacion.....	55
4.2..1.2 Analisis del flujo de molienda mecanica.....	56
4.2.1.3 Analisis del flujo de molienda por incineracion.....	56
4.2.1.4 Analisis del flujo de molienda por medio de criogenia.....	57
4.2.2 Métodos de comparación de los procesos industriales por medio de técnicas matemáticas, estadísticas o indicadores	58
4.2.2.1 Analsis del precio del caucho reprocesado.....	58
4.2.2.2 Analsis de la produccion de caucho	59
4.2.2.3Analsis del precio de venta de GCR Vs MRP	59
4.2.2.4 Analsis grafico de los precios.....	61
4.3 Propuesta de sistema productivo para la transformación de llantas usadas en productos con alto valor industrial bajo el método de criogenia y lineamientos Green Logistic	62
4.3.1 Diieseño de proceso y manejo de materiales en terminos de produccion	52
4.3.2 Configuración espacial física para las instalaciones fabriles de las llantas en estado de pos consumo bajo el método de criogenia	63
4.3.2.1 Diseño de la cadena logistica	63
4.3.2.2 Diseño de la cadena de proceso de criogenia de llantas en estado de pos consumo.....	64
4.3.3 Ubicación de la planta de transformacion de las llantas en estado de pos consumo	65

4.3.4 Ventajas y desventajas del reciclaje de las llantas por medio del criogenia	66
4.3.5 Validación financiera del sistema productivo propuesto	67
Conclusiones	70
Recomendaciones	72
Bibliografía.....	73
Anexos.....	78

Lista de figuras

Pág.	
	Figura 1: Grafica de llantas fabricadas y rencauchadas EAM 8
	Figura 2: Mapa conceptual de los de problemas de las llantas en Bogotá.... 9
	Figura 3: Enfoque green logistic de la molienda de llantas usadas 34
	Figura 4: Exportacion de caucho y manufactura (miles de dolares FOB) .. 42
	Figura 5: Importaciones de caucho y manufactura miles de dolares FOB)42
	Figura 6: Flujo de proceso normal de criogenia en proceso de molienda.. 51
	Figura 7: Grafica del precio del caucho en (USD/Kgr) 58
	Figura 8: Produccion de Caucho..... 59
	Figura 9: Comparativo de precio de venta MRP Vs GCR..... 61
	Figura 10: Flujo de Cadena Logistica..... 64
	Figura 11: Flujo del proceso de produccion criogenico MRP propuesto ... 64
	Figura 12: Gráfico de distribución de los puntos de recolección Bogota...66

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Cumplimiento de metas propuestas MMAS.	11
Tabla 2: Componente de llantas por tipo de vehiculo.	18
Tabla 3: Factores de la vida util de las llantas.....	20
Tabla 4: Estuio del Arte Logistica Interna.	27
Tabla 5: Legislacion vigente y normatividad Colombia.	33
Tabla 6: Estudio del arte de Green Logistic.	33
Tabla 7: Diagrama de procesos de molienda mecanica.....	35
Tabla 8: Diagrama de procesos de molienda por incineracion.....	36
Tabla 9: Estudio del arte de logistica inversa de los neumaticos en estado pos-consumo.	43
Tabla 10: Empresas con procesos de criogenia a nivel mundial.....	45
Tabla 11 : Material resultante de los productos de molienda.....	52
Tabla 12: Productos resultantes de la transformacion de neumaticos molidos.....	55
Tabla 13: Molienda Mecanica.	56
Tabla 14: Molienda por incineracion.	56
Tabla 15: Molienda por criogenia.	57
Tabla 16: Precio de venta GCR x Tonelada	60
Tabla 17: Precio de venta MRP x Tonelada.....	60
Tabla 18: (8M) requerimientos para implementacion de proceso de produccion criogenico de molienda de neumaticos.....	62
Tabla 19: Ventajas y Desventajas del reciclaje por criogenia.	66
Tabla 20: Calculo de Payback, Tir, Roi.	68

Lista de Símbolos y abreviaturas

CONPES =Consejo Nacional de Política Económica y Social.

UAESP =Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.

MRP =Polvo de Caucho Sincronizado.

GCR =Grano de Caucho Reprocesado.

RUES =Registro Único Empresarial y Social.

MMADS =Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Social.

FOB =Free on Board

EAM = Encuesta Anual Manufacturera DANE

GPC =Green Product Development

Resumen

La presente investigación se basa en el desarrollo de una solución para el problema ambiental y social que tiene la ciudad de Bogotá, el uso de los residuos sólidos (llantas usadas) cumpliendo con la normatividad que es exigida y contribuyendo con el desarrollo de la ciudad, al proponer modelos de producción de molienda basados en criogenia.

Surge la necesidad de disminuir los desechos de las llantas usadas en la ciudad y así alinear estos procesos con la filosofía Green Logistic que pueda dar una ventaja competitiva en la transformación de estos artículos para la ciudad y para Colombia.

Se realiza un análisis del problema y un estudio de los métodos utilizados en la ciudad y se propone un método de producción de las llantas usadas a través de un modelo basado en el uso de criogenia, luego se compara para lograr obtener un contraste con los métodos usuales y ver qué resultado genera este método de producción; frente al problema social y ambiental proponiendo soluciones de tipo industrial para la ciudad de Bogotá

Como posible solución al problema ambiental que tiene la ciudad, se documenta las ventajas y desventajas competitivas que puede tener el ingreso de un nuevo modelo de producción para las llantas en estado de pos consumo para la ciudad de Bogotá y se analiza por medio de indicadores y gráficos la efectividad de este modelo y por medio de un análisis financiero la posibilidad de poder poner en marcha esta propuesta de investigación.

Luego de validar la efectividad que puede llegar a tener el modelo propuesto se plantea las mejoras que este traerá al problema planteado y alineado con los lineamientos Green Logistic que se requiere empezar a utilizar en la ciudad de Bogotá buscando mejorar las cadenas de abastecimiento y aportando un valor agregado a los procesos y modelos de producción de la actualidad.

Palabras clave: Logística de inversa, Green Logistic, Molienda por criogenia, llantas usadas.

Abstract

This research is based on the development of a solution for the environmental and social problem that the city of Bogotá has, the use of solid waste (used tires) complying with the regulations that are required and contributing to the development of the city, when proposing grinding production models based on cryogenics.

There is a need to reduce waste tires used in the city and thus align these processes with the Green Logistic philosophy that can give a competitive advantage in the transformation of these items for the city and for Colombia.

An analysis of the problem and a study of the methods used in the city is made and a method of production of the used tires is proposed through a model based on the use of cryogenics, then it is compared to obtain a contrast with the methods and see what result this method of production generates; in front of the social and environmental problem proposing solutions of industrial type for the city of Bogotá

As a possible solution to the environmental problem that the city has, it documents the competitive advantages and disadvantages that the entry of a new production model for tires in a post-consumption state for the city of Bogotá may have and is analyzed by means of indicators and graphs the effectiveness of this model and through a financial analysis the possibility of being able to launch this research proposal.

After validating the effectiveness of the proposed model, the improvements that this will bring to the proposed problem and aligned with the Green Logistic guidelines that are

required to start using in the city of Bogotá seeking to improve supply chains and contributing a added value to the processes and production models of today.

Keywords: Reverse logistic, Green Logistic, Grinding by cryogenics, used tires.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realiza para dar una solución al problema ambiental y social que presenta la ciudad de Bogotá en el proceso de pos consumo de las llantas usadas, como inicio se valida estado actual de los métodos de transformación que se utilizan en la ciudad y luego el impacto porcentual de estos métodos frente a los neumáticos usados en la ciudad, se hace un estado del arte donde se valida la reglamentación que se tiene sobre la recolección y producción de estos desechos sólidos y se muestra el estado actual de la ciudad frente al problema.

Se plantea el objetivo general de diseñar un modelo de producción que contribuya con la transformación de las llantas usadas a través del uso de lineamientos Green logistic, con un alto valor industrial para la ciudad, con esto poder ofrecer una solución innovadora para los procesos de logística inversa de la ciudad mediante el uso de criogenia.

Se estudia los factores que influyen en el sistema productivo de molienda y se presenta los factores internos y externos que se deben tener en cuenta en la construcción de los modelos de molienda por medio de criogenia.

Al realizar el estudio del arte de esta investigación se analizan los diversos modelos de producción que se utilizan en la actualidad para la destrucción y manejo ambiental de las llantas en estado de pos consumo en la ciudad y encontramos que hay un porcentaje de

residuos que no son utilizados y que pueden ser la fuente o meta para la propuesta que se plantea en este trabajo.

En la investigación se planea el uso de nitrógeno para el proceso de molienda de las llantas usadas en la ciudad y se hace el diseño de un proceso de producción y el estado de este en la cadena de Abastecimiento del proceso de neumáticos y se propone la forma de hacer un producto final con un mayor impacto en el valor de la venta , mostrando que en la ciudad se pueden realizar procesos de producción enfocados a cumplir con lineamientos Green logistic y con resultados competitivos en la cadena logística de la destrucción de residuos sólidos para la ciudad .

Se finaliza con la demostración de por qué este proceso puede ser una fuente de ingresos y una alternativa de solución innovadora para el problema ambiental, social y llegar a significar una fuente de ingresos al ser un proceso que logra obtener precios de venta un poco más altos que los modelos de producción convencionales.

Pregunta de investigación

¿Cómo se puede desarrollar un método ventajoso y de costo razonable para atender al problema de las llantas usadas en condición de desecho, que permita un manejo más adecuado y convertir estos elementos en un uso que brinde beneficio a la comunidad?

1.1 Planteamiento/identificación de la investigación

En la ciudad de Bogotá se establece como problemática la falta de métodos de destrucción para las llantas usadas en la ciudad, el pos consumo de estos, tiene un % de las llantas siendo acumuladas y sin fin o uso adecuado, en el momento no hay un proceso o método que abarque el 100% de las llantas usadas en la ciudad y esto le genera al Distrito una acumulación de 750.000 llantas al año con una participación del 30% que terminan en condiciones no adecuadas, generando esto acumulación de materia prima en puntos no autorizados y una tratamiento inadecuado de las llantas que son un potencial producto para lograr un mercado de caucho reprocesado con calidad de exportación. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016)

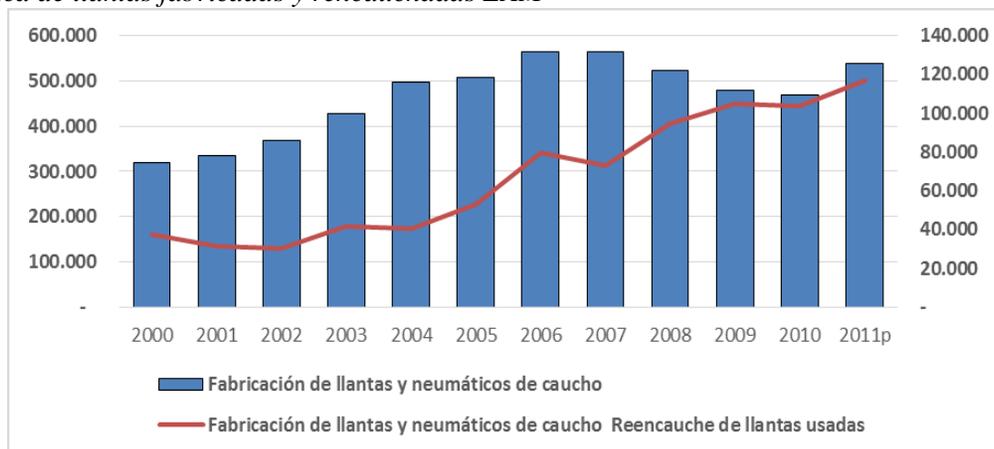
Se Evidencia que solo el 2% de los neumáticos son rencauchadas al año y que el mercado objetivo del estudio corresponde aumentar el porcentaje de las llantas que son utilizadas y desechadas de forma adecuada, que en este momento son almacenados y destinados para destrucción mecánica o para procesos de quema en hornos especializados utilizados en las cementeras, en los datos estudiados se encuentra que la cementera Argos tiene una capacidad de 20.000 toneladas equivalente a 400.000 llantas anuales que abarcando solo el 16% de los neumáticos que son para destrucción en la ciudad de Bogotá. (Argos, 2016)

Este 30% de las llantas que quedan en las calles son el mercado objetivo que tenemos en el trabajo al ser una participación grande, buscar una solución óptima e industrial para la recolección y procesamiento de estos neumáticos.

En el mercado del reproceso de llantas usadas, los modelos de destrucción y molienda mecánica tiene el 52% de la participación de los neumáticos de la ciudad, para poder demostrar el aumento del consumo de los neumáticos se analiza la encuesta anual de manufactura de la fabricación de llantas y llantas rencauchadas, donde se evidencia el crecimiento que hay año tras año del método de rencauche de llantas y el crecimiento en la fabricación colombiana de estas.

Con un total de 3'987.000 llantas usadas en la ciudad de Bogotá se evidencia hay una fabricación promedio de 466.019 llantas por año que equivale a un 11,6% de las llantas de la ciudad, ahora podemos evidenciar un crecimiento del 41% del 2000 al 2011 en las llantas fabricadas en el país. (Diagnostico ambiental sobre el manejo actual de las llantas y neumaticos usados generados por el parque automotor en Bogota)

Figura 1
Grafica de llantas fabricadas y rencauchadas EAM



Fuente: elaboración propia 2018.

En la actualidad se evidencia una gran preocupación por dos aspectos importantes en la cadena de abastecimiento de las llantas utilizados en la ciudad de Bogotá, el primero es la logística inversa de los productos siendo un problema ambiental y el segundo la falta responsabilidad social y cumplimiento de normas, cumpliendo lineamientos “Green

logistic” en los proceso de manufactura (figura 2), este empieza con la segregación y almacenamiento adecuado de las llantas hasta el uso adecuado manejo ambiental estos productos al finalizar su ciclo de vida, es necesario ver la realidad actual y generar una propuesta que agregue valor a la cadena de Abastecimiento de los neumáticos.

Figura 2
Mapa conceptual de los de problemas de las llantas en Bogotá



Fuente: elaboración propia 2018.

En la resolución 1326 del 06 de Julio del 2017 se reglamentó y deja explícito la responsabilidad que a partir de la fecha los productores y comercializadores de neumáticos tienen con la ciudad y anualmente deben llevar a ANLA (Autoridad Nacional De Licencias Ambientales) un informe sobre el sistema de recolección que están utilizando y las cifras exactas de recolección por medio de su método. (Resolución N°1326 , 2017)

Basados en los anteriores datos, es posible afirmar que la ausencia de métodos de transformación alternativos a la destrucción mecánica o quema de llantas de automóviles en edad de pos consumo genera consecuencias ambientales y sociales indeseables en la ciudad de Bogotá, los cuales pueden ser mitigados en alguna medida con la proposición de nuevos métodos como el propuesto en el estudio presentado en este documento.

1.2 Justificación de la investigación

El presente estudio busca contribuir con una solución competitiva para el problema ambiental, social y proponer un modelo de molienda que pueda contribuir con la disminución de neumáticos acumulados que no finaliza el ciclo de vida y que genera los desechos de llantas usadas en lugares no adecuados en la ciudad de Bogotá y gracias a esto poder dar cumplimiento a su normatividad, responsabilidad social y ambiental para el uso adecuado de los residuos de sólidos (llantas usadas) como se presenta en los siguientes aspectos:

El Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES por medio de la política nacional para la gestión integral de residuos sólidos contribuye con el mejoramiento ambiental y en el numeral 2.2 ambiente y gestión de residuos sólidos establece y actualiza e integra la Política nacional de producción más limpia y el Plan nacional de mercados verdes como estrategias del Estado colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva con la competitividad empresarial y en su numeral tres establece el desarrollo de la responsabilidad extendida del productores de llantas, en el reciclaje y buen uso de sus residuos (Departamento nacional de planeación Compes, Noviembre 2016)

De igual manera este proyecto contribuirá con el cumplimiento del Decreto 265 del 2016 que actualiza el Decreto distrital 442 de 2015 de la Alcaldía mayor de Bogotá Por medio del cual se crea el programa de aprovechamiento o valorización de neumáticos usados en el Distrito Capital y se realiza las siguientes modificaciones, los acopios y gestores de llantas deben registrarse en el aplicativo Web de la secretaria distrital del medio ambiente para

poder tener identificación y registro, todo gestor y acopio de llantas debe contar con un plan de contingencia para emergencias el cual debe estar disponible en el lugar donde se realiza la actividad con el fin de prevenir y cumplir la responsabilidad social y ambiental que tienen; Se crea la mesa distrital de llantas usadas, estará liderada por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos –UAESP. (Alcaldía Mayor De Bogotá, 2016)

Para poder dar cumplimiento a la política y decretos el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en la resolución del 06 de julio del 2017 establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de neumáticos usados y se dictan otras disposiciones, se presenta la resolución que establece de los productores de neumáticos que se comercializan en el país están obligados a formular, presentar e implementar y mantener actualizados los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de neumáticos usados con el fin de prevenir y controlar la degradación del ambiente cumpliendo con las metas propuestas tabla 1. (Ministerio del Medio Ambiente sostenible, 2017)

Tabla 1
Cumplimiento de metas propuestas MMAS

Periodo base para el calculo de la meta (años fiscales)	periodo de recolección (año fiscal)	Año de presentación de informe de actualizaciones y avances	Meta de recolección selectiva y gestión ambiental mínima (%)
2015-2016	2017	2018	45
2016-2017	2018	2019	50
2017-2018	2019	2020	55
2018-2019	2020	2021	60
2019-2020	2021	2022	65
2020-2021	2022	2023	70
2021-2022	2023	2024	75
2022-2023	2024	2025	80
Meta de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas de vehículos automóviles , camiones , camionetas , buses , busetas y tracto mulas			

Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente sostenible, 2017)

Desde otro punto de vista el proyecto apunta a la reducción del uso inadecuado de los espacios públicos como ríos, lagos y vallados como puntos de acumulación no autorizados de neumáticos usados, esto puede generar a futuro algunos problemas sociales y ambientales, sociales al tener fuentes de posible propagación de enfermedades al tener puntos de estancamiento de agua y quema no controlada de estas llantas, problemas ambientales al tener un impacto negativo en la biodiversidad y el deterioro del paisaje como lo demuestra los estudios realizados por la universidad Javeriana en la facultad de microbiología. (Villamizar, 2014)

Este proyecto tiene como fin poder explorar la posibilidad de crear nuevos productos utilizando nitrógeno como medio de transformación de materias primas (neumáticos usados) generando como producto final polvo reprocesado o MRP (micronized rubber powders) en la ciudad de Bogotá y la posibilidad de utilizar procesos de transformación de neumáticos en un proceso criogénico que utiliza nitrógeno para congelar los neumáticos y poder realizar la molienda generando una posible mayor fuente de ingreso para las empresas dedicadas a la transformación de neumáticos.

Es obligación de los profesionales generar o proponer nuevos modelos para poder aportar a la ciudad mejorada y la transformación en todos los servicios y productos utilizados, así como generar avances tecnológicos e innovación para la ciudad de Bogotá, a su vez generar un crecimiento económico gracias a la apertura del mercado como lo es la venta de polvo de caucho o MRP a países desarrollados como USA y AUS (J. Norambuena-Contreras, 2017).

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 objetivo general:

Diseñar un modelo de sistema productivo con el método criogénico, para la transformación de llantas usadas, a través del uso de lineamientos Green Logistic, para la obtención de productos con alto valor industrial en la ciudad de Bogotá.

1.3.2 objetivos específicos:

1. Caracterizar los factores de influencia en el diseño del sistema productivo en términos de mercado, procesos, recursos y resultados actualmente presentes en la cadena de pos consumo de llantas usadas.
2. Contrastar el desempeño del sistema productivo propuesto frente a los métodos convencionales utilizados en la ciudad de Bogotá, con el uso de técnicas matemáticas, estadística o por indicadores de acuerdo al caso.
3. Formular una propuesta de sistema productivo para la transformación de llantas usadas en productos con alto valor industrial bajo el método de criogenia y lineamientos Green logistic.

1.4 Hipótesis

Si se implementa un modelo productivo de destrucción de llantas, innovador para la ciudad que pueda superar la problemática y aumenta la capacidad de molienda para la destrucción de llantas usadas en etapa de pos consumo, generado un producto con mayor valor agregado y sostenibilidad aportando la cota de lineamientos Green logistic para la ciudad de Bogotá, entonces es posible plantear una solución óptima para disminuir 30% de llantas que son desechadas y no utilizadas, usado un modelo de criogenización para la destrucción de materiales que es un mercado poco explotado en la actualidad, en la ciudad y en Colombia.

El método de molienda propuesto cumple con los requerimientos técnicos y legales para poder ser contrastado con los métodos de molienda convencionales y puede ser una fuente de nuevas investigación enfocados a la creación de producción enfocada a Green logistic y puede dar un parte de confiabilidad y optimismo para la creación de empresas dedicadas a la destrucción con este método de transformación por medio de criogenización aportando innovación en los modelos que se utilizan en la ciudad y país.

1.5 Presentación del proyecto

El siguiente proyecto se realizó de la siguiente forma, tomando aspectos lineales.

Capítulo 1: Introducción, justificación e identificación de los objetivos, investigados sobre el tema.

Capítulo 2: Por medio de Investigación se determina y presta una investigación amplia con soportes de Proyectos, Artículos e Libros el Estado del arte de los procesos de molienda que hay en la ciudad de Bogotá.

Capítulo 3: Se presenta la Metodología utilizada, los integrantes, herramientas describiendo toda la información investigativa.

Capítulo 4: Se presentan los modelos utilizados y los materiales resultantes de la molienda, pudiendo determinar las ventajas competitivas y los adelantos de Green Logistic para este trabajo, se presentan y analizan los resultados de los objetivos trazados y los indicadores para validación del modelo propuesto.

Capítulo 5: Se consignan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

2.1 Las llantas y sus compuestos

Son creados por Charles Goodyear en 1880, las llantas están hechas por una serie de compuestos y distintos cauchos los cuales son utilizados de acuerdo a las especificación de diseño, uso, capacidad y tipo de vehículo que la utilizara, lo encontrado evidencia que las llantas contiene los siguientes compuestos que generan un tema de alta calidad inmerso en las llantas y se pueden corroborar con las marcas que traen estas a su lado ejemplo:

(Direccion de Transporte Conae)

- Si es para: uso de carga, transporte de personas
- Anchos y altos de las llantas
- Sentido de rotación
- El diámetro del rin en pulgadas
- Especificación del índice de carga
- Símbolo de velocidad Max que soporta la llanta
- Índice de desgaste
- La temperatura que soporta

Los componentes que tienen las llantas usadas en Bogotá y para poder analizar la participación que se tiene y la oportunidad al proponer modelos de molienda para las llantas usadas, de acuerdo a la participación de cada uno de los materiales y en cuál de ellos nos estamos centrando para realizar el proceso de logística de reversa y molienda con un 48% de participación ver tabla 2.

Los cauchos más utilizados en la fabricación de neumáticos son Cauchos Naturales, Estireno- Butadieno – Polibutadieno, Polisoprenos sintéticos. Y sus componentes los mostramos en el siguiente cuadro:

Tabla 2
Componentes de las llantas por tipo de vehículo

Componentes	Tipo de vehiculo		combinacion
	Automovil	Camiones	
Cauchos	48,0%	45,0%	Estructura deformacion
Negro humo	22,0%	22,0%	Mejora Oxidacion
Oxido de Zinc	1,2%	2,1%	Catalizador
Material textil	5,0%	0,0%	Esqueleto estructural
Acero	15,0%	25,0%	Esqueleto estructural
Azufre	1,0%	1,0%	Vulcanizacion
Otros	12,0%		Juventud

Fuente: Elaboración propia 2018.

Ahora como lo explica la industria automotriz en Colombia los indicadores de venta de vehículos sigue en crecimiento y de acuerdo a las medidas de movilidad las personas consideran la opción de la compra de un segundo vehículo generando esto un aumento en la venta de carros y a su vez en la venta de llantas utilizadas en la ciudad, (Median Maldonado Carol Andrea, 2016) según los datos recolectados se puede asumir que el mercado al que nos estamos enfrentando tiene unas métricas y unos restos interesantes para utilizar nuevos modelos y métodos que asuman la destrucción de estos productos que finalizaron el ciclo de vida útil en forma de llantas usadas de vehículos.

En la actualidad la ciudad de Bogotá es presenta una seria dificultad con el uso de los materiales peligrosos como lo son las llantas de caucho reprocesado, se cataloga un material peligroso por el tiempo que dura en degradar y por los riesgos que puede presentar social y ambientalmente; (Ministerio de Ambiente y Desarrollo, , 2012) en algunos estudios

se da una clara muestra del estado actual de las llantas de caucho en la ciudad de Bogotá y muestra la importancia y posibles soluciones ambientales para este material proponiendo la degradación al enterrar este material y agregar algunos químicos y microorganismos que garanticen que este material sea destruido en un periodo de tiempo determinado que va desde 4 a 10 semanas, problema social por tener un almacenamiento no adecuado en las casas o lugares no autorizados y posibles riesgos en quemas no autorizadas de este material, problemas ambientales por las imagen ambiental y física de algunos lugares donde se debería recuperar y cuidar el medio ambiente, también el riesgo de la acumulación y apostamiento de agua generando algunas plagas como moscos e insectos que generen en alguna comunidad algún tipo de riesgo o enfermedad, todos esto se vio en el estudio que re realzo donde nos dan posibles soluciones de degrado de por medio de microorganismos, ahora en esta lectura se encontrara posibles soluciones de molienda física un poco más rápida dando solución al problema de la ciudad de Bogotá de forma adecuado y un poco más rápida que otros métodos y modelos. (Villamizar, 2014)

2.1.1 Vida útil de las llantas

La vida útil de una llanta se debe determinar según unos factores externos de uso de las llantas, a continuación presentaremos las tablas que se deben utilizar y los factores a considerar para poder obtener el número de horas de uso en promedio de una llanta, según lo investigado debe variar entre 5000 y 6000 horas de uso, estos cálculos deben ser hechos con base a los factores tabla 3, en esta tabla encontramos el porcentaje de participación para cada uno de los factores que influyen en que una llanta tenga un desgaste normal o un uso normal en su vida productiva y de acuerdo a esto se establece la durabilidad de que esta pueda llegar a tener .

Tabla 3
Factores de la vida útil de la llantas

Mantenimiento de la llantas , incluido el montaje	Excelente	1,1	
	Promedio	1,0	
	Pobre	0,7	
	Muy Malo	0,4	
Velocidad máxima de desplazamiento	16 Km/H	1,2	
	32 Km/H	1,0	
	48 Km/H	0,8	
	64 Km/H	0,5	
curvas	Ninguna	1,1	
	Moderadas	1,0	
	Severas con llantas sencillas	0,8	
	Severas con llantas dobles	0,7	
	Severas con llantas en tándem	0,6	
camino rodadura y áreas de trabajo	Tierra bien compactada	1,0	
	Tierra o arena suave	1,0	
	Tierra o área suave , algunas rocas	0,8	
	Lodo	0,8	
	Lodo archivo con rocas	0,5	
	Camino de grava y bien mantenido	0,9	
	Camino de grava con poco mantenimiento	0,7	
carga en llantas	50% menos de carga	1,2	
	20% menos de carga	1,1	
	Carga recomendada	1,0	
	10% de sobrecarga	1,0	
	20% de sobrecarga	0,8	
	40% de sobrecarga	0,5	
posición de las llanta	frontal o direccional (sin tracción)	0,9	
	Trasera de volqueta con tracción	0,6	
	Trasera de Volqueta con tadem, con tracción	0,7	
	De carga con tracción	0,6	
	Tráiler	1,0	
Inclinación de la vía de la llantas con tracción	Nivel plano	1,0	
	piso firme	6% Máximo	0,9
		10% Máximo	0,8
		15% Máximo	0,7
		25% Máximo	0,4
	Piso suelto o resbaloso	6% Máximo	0,6
		10% Máximo	0,6
		15% Máximo	0,4
Condiciones Varias*	Favorables	1,5	
	Ninguna	1,0	
	Desfavorables	0,8	
	Muy desfavorables	0,6	
* condiciones varias , su valor se determina de acuerdo a las condiciones anteriores ya se de condiciones muy favorables , favorables o desfavorables			

Fuente: (Solanilla, 2005)

2.2 Métodos de molienda de llantas usadas

2.2.1 Molienda Mecánica

Esta trituración es un método de destrucción de las llantas de caucho, que pasa por unos procesos mecánicos, El primer paso del proceso es quitar el metal que lleva la llanta, luego es molida por cuchillas de forma mecánica, varias veces hasta lograr el GCR de la dimensión requerida, este proceso es el más común en Colombia al no tener grandes costos de mantenimiento y la maquinaria tampoco genera un gran costo de compra, logrando así poder generar el reproceso para el caucho obteniendo productos de calidad requerida para los siguientes procesos de fabricación:

Canchas sintéticas, producción de pisos para juegos didácticos, juegos infantiles, mezcla de asfalto para el uso en las calles de la ciudad.

Este proceso es el más utilizado en Colombia y el proceso industrial más utilizado en Bogotá, ahora como resultado del proceso de molienda mecánica tenemos las siguientes materias primas, GCR de medidas que oscilan entre $\pm 50\text{mm}$ a $\pm 300\text{mm}$ con estas medidas podemos encontrar diferente clientes para nuevos productos ofrecidos a partir del reproceso de las llantas usadas. (Perez, Ariño, & Games, 2015)

2.2.2 Molienda por Termólisis

La termólisis de llantas es un proceso de molienda que empieza generado una degradación del material por medio que la ausencia del oxígeno y un ambiente controlado a alta temperatura; donde el material no se quema pero si se alcanza a degradar en materiales un poco más fáciles de utilizar generando una separación de moléculas y como resultado;

tener el 7% del proceso son gases, el 40% hidrocarburos líquidos y el 51% humo negro, es un proceso poco utilizado, sin embargo en Colombia este modelo de molienda no es muy utilizado, hay una empresa dedicada a los procesos de termólisis en Colombia, pero ellos no son especialistas en llantas si no en todos los residuos sólidos y orgánicos que se encuentren en la actualidad como lo es el plástico. (ambientum, 2008)

Materiales resultantes del proceso:

- Hidrocarburos líquidos: en este caso es un líquido el cual sirve para varias actividades que requieran combustión líquida a altas temperaturas.
- Gas de proceso: estos gases son utilizados como gas para hornos o incineraciones controladas y destruyendo el 100% de este material.
- Humo negro: es utilizado en la industria de los neumáticos, reforzante de cauchos, fabricación de tintas y pinturas.
- (Murcia Correa & Romero Mendoza, 2016)

2.2.3 Molienda por Pirolisis

Es un proceso de reciclaje dedicado a la degradación de algunos materiales usando altas temperaturas, en este caso las llantas están compuestas por hule él posee cadenas de carbono, estas cadenas se rompen y su principal objetivo es poder lograr biocombustibles, este proceso es basado en calentar las llantas en temperaturas que oscilan entre 500°C a 700°C obteniendo un biocombustible líquido, y otros sub productos: gases, acero, carbón mineral y muy parecido a la termólisis. (Rolando Andrés Acosta, 2013)

Materiales resultantes del proceso:

- Aceite producido (biocombustible): tiene alto poder calorífico y pueden ser usados en cualquier proceso de combustión sin embargo debe ser refinado para el uso en calderas y en motores de combustión.
- Los carbones obtenidos, requieren proceso de activación para ser nuevamente útiles en otros procesos.
- Los gases son utilizados durante el mismo proceso de pirolisis. (Rolando Andrés Acosta, 2013)

2.2.4 Molienda por Incineración

El proceso de incineración es usado por su fácil manipulación del producto, empieza con molienda mecánica y como resultado arroja grandes pedazos de llantas estos son ingresados en un horno donde se destruye su totalidad y genera un producto resultante como es el gas que arroja este proceso y la destrucción del 100% del producto, sin embargo las empresas, que se dedican a este proceso necesitan tener filtros adecuados para la degradación de estos gases y no afectar al medio ambiente este modelo de molienda es utilizado en Europa y es utilizado en Bogotá desde el 2016 después de la firma de una empresa privada con el Distrito Capital. (Argos, 2016) Argos se comprometió en hacerse cargo del 35 % de las llantas que son desechadas al año en la ciudad. (Argos J. d., 2017)

2.2.5 Molienda por Microondas

Este proceso de molienda es reciente, consiste en someter los GCR a un proceso de ondas igual que funciona un microondas, logrando obtener un material un poco más adherente y a futuro genera un retorno de este material al proceso de vulcanización como lo

muestra los estudios realizados en Barcelona, donde se manifiesta que este método de molienda se logra retornar el 90% del material de nuevo al proceso productivo de vulcanización de llantas. (X.Colom1*, 2017)

Como resultado podemos obtener contenido de negro de carbono que es el utilizado de nuevo en los procesos de vulcanización de llantas nuevas, se expone que es la forma más efectiva para que allá adherencia y mezcla con el caucho virgen que se utiliza en la fabricación de llantas usadas, cabe aclarar que este proceso es innovador y está en etapa de pruebas para poder ser llevado a fábricas o ser explotado industrialmente, sin embargo ya hay hipótesis que hablan de la viabilidad generando menos contaminación que otros métodos de destrucción de las llantas usadas. (X.Colom1*, 2017)

2.2.6 Molienda por Ultrasonido

Este proceso de molienda por ultrasonido fue patentado por Pelofskyen 1973 sin embargo el uso de este y las propiedades al desvulcanizar el caucho por medio de este método se dio a conocer en 1987 por Okuda y Hatano, ahora consiste en someter el caucho a energía ultrasónica durante 20 minutos logrando desvulcanizar la estructura de las llantas y así tener la posibilidad de retornarlas a procesos de manufactura de caucho vulcanizado, la calidad de este método está en estudio ya que se argumenta que se rompen también enlaces importantes para la calidad del caucho, luego de ser nuevamente vulcanizado. (B. Adhikari*, 2000)

Como resultado se establece que es un proceso óptimo para ser desvulcanizado el caucho sin embargo los componentes no son de total calidad para ser nuevamente retornados a proceso de fabricación de llantas al no tener la resistencia y durabilidad para el

estado del caucho reprocesado de esta forma no alcanza a tener los estándares que se necesitan para ser nuevamente vulcanizado para el uso en llantas. (B. Adhikari*, 2000)

2.2.7 Molienda por Criogenia

El proceso de Molienda criogénica consiste en hacer una destrucción de forma mecánica de las llantas, luego someterlas al nitrógeno llevarlas a temperaturas bajas aproximadas a los -80°C y luego pasan por un proceso de molido, unos martillos trituran los neumáticos en fracciones hasta convertirlas en polvo, luego de esto pasan por procesos de eliminación de cordaje de textil y por bandas magnetizadas las cuales quitan las impurezas de las llantas para obtener polvo fino de llantas usadas (Balas, 2012).

Como resultado tenemos, podemos definir que:

- El proceso de pulverización criogenizada de las llantas es un proceso que en los procesos de molienda no tiene un buen uso final ambientalmente. (Andrea Corti, 2004)
- Es un proceso que no es muy costoso, y genera una mayor rentabilidad de todos los procesos de molienda.
- Es un método poco utilizado y que genera una oportunidad al hacer destrucción del 100% del material de las llantas.
- La calidad del producto resultante tiene mayor calidad que cualquier otro proceso de molienda. (B Adhikari, 2000)

2.3 Logística inversa

Los estudios realizados se basan en la necesidad dar respuesta y garantizar el retorno de productos a su compañía o en la necesidad de garantizar social o ambientalmente el uso adecuado de los desperdicios

Tabla 4
Estudio del arte - Logística de inversa

Documento	Autor	Año	Descripción
Posventa de las compañías	(Luttwak, 1971)	1971	La logística de inversa se basa en la posventa que las empresas deben ofrecer a los consumidores de su productos
Flujo de Materiales de Forma Inversa	(Guidé, 2002)	2002	La búsqueda de hacer un canal de comunicación de flujo de materiales de forma inversa y paralela a la cadena de abastecimiento que es propuesta para la logística de ese momento a partir de esto empezamos a ver varios sobre nombres de esta logística de inversa o de reversa.
Flujo de materiales y de información con el fin de recuperar valor	(Dale S. Rogers, 2002)	2002	La Logística Inversa consiste en el proceso de planificación, ejecución y control de la eficiencia y eficacia del flujo de las materias primas, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada, desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el fin de recuperar valor o la correcta eliminación
Agregar valor a los productos obsoletos o ya usados	(Dekker, 2004)	2004	La Logística Inversa supone integración de los productos usados y obsoletos de nuevo en la cadena de suministro como recursos valiosos
Modelos matemáticos y creación de nuevos modelos matemáticos	(Rubio, 2008)	2008	Exponen redes encargadas de generar el retorno de productos a las plantas y la creación de teorías para poder lograr un desarrollo en los modelos de producción o de manufactura donde se evidencia la creación de la nueva logística inversa y como estas entra a dar valor sobre los proceso de las compañías
Green Logistic: Responsabilidad social y ambiental	(Govindan, 2014)	2014	Logística verde empieza la búsqueda de desarrollar un enfoque distinto y se centra en el retorno de materiales con la preservación de las materias primas y el uso de nuevos modelos enfocados a Green Logistic para las compañías con

respetando la regulación nacionales	un sentido de responsabilidad social y ambiental respetando la regulación nacionales y además agregando valor a las cadenas de abastecimiento propuestas en las diferentes ramas de la logística
-------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: elaboración propia 2018.

A través del tiempo se documentó el avance que ha tenido la definición de logística inversa llegando a considerar que ésta llega a influenciar lo planteado en Green Logistic, donde las organizaciones y países están en búsqueda de ambientes controlados y sostenibilidad para los productos luego de finalizar su vida útil.

2.4 Normatividad del reproceso de llantas en estado de pos consumo en la ciudad de Bogotá

En el siguiente cuadro encontraremos un resumen de las regulaciones colombianas que abarca el uso de las llantas usadas en toda la cadena de abastecimiento hasta la segregación y pos consumo visto desde los entes nacionales a los entes distritales documentado en la tabla 7: legislación vigente y normatividad Colombiana

Gracias a esta tabla podemos encontrar simplificado el seguimiento y desarrollo que ha tenido la legislación y gobierno colombiano, en pro de buscar soluciones óptimas para el desarrollo de modelos de producción que generen un ambiente controlado y buscar políticas y directrices enfocadas a generar y perseverar el buen ambiente y el cumplimiento de los derechos de las personas en la ciudad de Bogotá , cabe aclarar que en la revisión se encuentra año tras año la transformación positiva y la visión optimista del estado para poder tratar estos desechos de una forma adecuada.

Tabla 5
Legislación vigente y normatividad Colombiana.

Norma	Entidad que dictamina	Descripción
(Resolución N°1326 , 2017)	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	<ul style="list-style-type: none"> • Se establece los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se dictan otras disposiciones” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. • Regula de manera integral los Sistemas de Recolección de Llantas Usadas. • El artículo octavo contiene la información que deben presentar ante la ANLA a través del VITAL. Para bicicletas, motocicletas, motociclos, ciclomotores o Moped y vehículos fuera de carretera se establece como plazo máximo de radicación de esta información el 31 de marzo de 2018. • Diferencia la meta mínima de recolección por año y tipo de llanta. Como metas mínimas de recolección para las llantas usadas de automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tracto mulas se empieza en un 45% para el periodo de recolección del 2017. • Las obligaciones para productores, gestores, distribuidores y comercializadores, consumidores, municipios y distritos y para las Autoridades Ambientales Regionales.
(Resolución N° 1457, 2010)	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	<ul style="list-style-type: none"> • La presente resolución se aplica a los productores de 200 o más unidades al año de llantas de automóviles , camiones, camionetas, buses, busetas y tracto mulas hasta rin 22.5 pulgadas así como de llantas no conformes • Dicta la normativa para entablar sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas en el territorio nacional. • Formulación, Alternativas, Características de los sistemas, Elementos que deben contener, presentación y aprobación de los sistemas, actualizaciones y avances, Metas de recolección, obligaciones y Disposiciones finales. • Uso de métodos microbiológicos que contribuyen a la degradación del neumático usado que no ha sido aprovechado.
(Conpes 3874, 2016)	Departamento Nacional de Planeación	<ul style="list-style-type: none"> • Política para la gestión integral de residuos sólidos • Erradicar todas las formas de disposición final de residuos sólidos en tres años. • Promover el avance gradual hacia una economía circular, a través del diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. • Mejorar la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos sólidos para incrementar los niveles de separación en la fuente, de aprovechamiento y de tratamiento. • Generación de un entorno institucional propicio para la coordinación entre actores, que promueva la eficiencia en la gestión integral de residuos sólidos.

		<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar acciones para mejorar el reporte monitoreo, verificación y divulgación de la información sectorial para el seguimiento de la política pública de gestión integral de residuos sólidos.
(Decreto 265, 2016)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • Registro para acopiadores y gestores de llantas Modificase el artículo 4 del Decreto 442 de 2015. • Planes de Contingencia Modificase el artículo 9 del Decreto 442 de 2015. • Aprovechamiento de llantas usadas en obras de infraestructura del transporte en el Distrito Capital artículo 10 del Decreto 442 de 2015. • "Parágrafo. La Mesa Distrital de Llantas Usadas, estará liderada por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP."
(Decreto 442, 2015)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2015, Agosto 27), expidió el decreto 442 de 2015 que tiene cuatro puntos principales y se centra específicamente en el manejo y uso que se le debe dar a las llantas usadas. En resumen, la norma decreta: <ul style="list-style-type: none"> • Monitorear y controlar a todos aquellos que produzcan o importen llantas mediante una inscripción en la página web de la Secretaría de Ambiente de Bogotá con el fin de conocer el número de unidades de llantas que se comercializan. • Los contratistas de obras de infraestructura vial deben desarrollar procesos de producción de asfalto mejorado con el material reciclado de llantas usadas. • Todas las construcciones de parques públicos deberán hacerse con superficies de material de gránulo de caucho reciclado.
(Decreto 349, 2014)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2014, Agosto 27), reglamentó la imposición y aplicación del comparendo ambiental en Bogotá. • Ordena imponer multas a los ciudadanos que saquen basuras a la calle fuera de los horarios previstos y a las compañías que arrojen escombros a la vía. • Las multas para los ciudadanos van desde los \$100.000 hasta el \$1.232.000.
(Decreto 113, 2013)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2013, Marzo 20), modificó el Decreto Distrital 456 de 2010, en relación con la adopción de normas urbanísticas y arquitectónicas para la implantación y regularización de bodegas privadas de reciclaje de residuos sólidos no peligrosos no afectas (Sic) al servicio público de aseo, y se dictan otras disposiciones. <ul style="list-style-type: none"> • Adiciona la definición de residuo o derecho peligroso. • Modifica la clasificación de las bodegas. • Establece localización de las bodegas y entidades autorizadas para dar permisos.

(Decreto 456, 2010)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2010, Octubre 27), complementó el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (Decreto Distrital 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la implantación y regularización de bodegas privadas de reciclaje de residuos sólidos no peligrosos, no afectas al servicio público de aseo, en el Distrito Capital. • Tiene un capítulo único que hace las respectivas definiciones de los componentes del sistema de reciclaje y aprovechamiento de residuos sólidos y los clasifica.
(Decreto 359, 2008)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2008, Octubre 22) modificó los Decretos Distritales 612 de 2007 y 620 de 2007, para la expedición de los Decretos Complementarios y Reglamentarios de los Planes Maestros de Servicios Públicos Domiciliarios de Energía, Gas Natural, Acueducto y Alcantarillado, y Residuos Sólidos y se dictan otras disposiciones. • Establece simplemente un término adicional de tres meses para la expedición de la normatividad que tiene por objeto la regularización e implementación de las infraestructuras y equipamientos de las Empresas de Servicios Públicos de Energía, Gas Natural y Acueducto y Alcantarillado, y de las bodegas privadas de reciclaje.
(Decreto 620, 2007)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2007, Diciembre 28), complementó el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital. <p>Entre otros, decreta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que se adoptan las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras, equipamientos y mobiliario urbano, vinculados al Sistema General de Residuos Sólidos. • Clasifica el sistema general de residuos sólidos en: subsistema de servicio público de aseo y subsistema de reciclaje, aprovechamiento de residuos sólidos ordinarios.
(Decreto 612, 2007)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • La Alcaldía de Bogotá (2007, Diciembre 28) modificó los Decretos Distritales 309, 310, 314, 317 y 312 de 2006, que establecen la obligatoriedad de la expedición de la normatividad para la regularización e implantación de las infraestructuras y equipamientos de las Empresas de Servicios Públicos de Energía, Gas Natural, Acueducto y Alcantarillado, Telecomunicaciones y Residuos Sólidos, y se dictan otras disposiciones. • Este decreto establece un plazo de ocho meses para expedir la normatividad que tiene por objeto la regularización e implantación de las infraestructuras y equipamientos de las •Empresas de Servicios Públicos de Energía, Gas Natural, Acueducto y Alcantarillado y Residuos Sólidos.

(Decreto 312, 2006)	Alcaldía Mayor de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos en el Distrito Capital -PMIRS-. • Que aplica a todas las personas que generan, reciclan y aprovechan residuos sólidos ordinarios y especiales y a las entidades públicas y personas o empresas privadas y organizaciones comunitarias y cooperativas vinculadas a la prestación del Servicio Público de Aseo. • Incorpora contenidos para reglamentar actividades de actores, componentes y proceso general de residuos sólidos y sistema organizado de reciclaje. • Enumera los integrantes del plan. • Fija horizontes y periodos de ejecución.
----------------------------	--------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: elaboración propia 2018.

2.5 Estado del arte acerca de los lineamientos de Green Logistic.

En la siguiente tabla definimos algunos aspectos importantes en la filosofía de Green y los lineamientos que debemos tener como base en el desarrollo del modelo de molienda por criogenia presentado en esta investigación ver Tabla 6 Estudio del arte Green Logistic.

Tabla 6
Estado del arte de Green Logistc

Documento	Autor	Descripción
Strategy of Green Logistics and Sustainable Development	(Ping, 2016)	Promover el desarrollo de la logística verde y la importancia del ahorro de energía, proteger el medio ambiente y el desarrollo sostenibles que es importante para el crecimiento responsable de las cadenas logísticas.
Research on the Development of a Sustainable Green Logistics System from the Perspective of Pakistan	(Khan Syed, Qianli, Yu, & Shahid, 2008)	El valor social y económico que tiene para las empresas, la importancia de las cadenas logísticas verdes en pro del medio ambiente generando estrategias que contribuyan con medidas que deben tomar las compañías para lograr tener políticas y procesos amigables con el medio ambiente.
Research on Green Logistics and Sustainable Development	(Chunguang, Xiaojuan, Kexi, & Pan, 2008)	Documentan la necesidad de interacción entre las políticas del gobierno, las compañías y los consumidores construyendo cadenas de logística verde al ser el único camino que tiene las empresas para poder lograr sostenibilidad.
An integrated logistics operational model for green-supply chain management	(Jiuh-Biing Sheu, 2005)	Este artículo documenta un modelo operacional que integra la gestión en la cadena logística verde y evidencia en dos puntos la importancia que tiene para las compañías la responsabilidad de tener la administración de la logística verde de los desechos producidos por sus productos y el pos consumo: el primer método matemático de logística verde segundo reglamentación gubernamental.
Propuesta de una metodología de Lean Logísticas para ser aplicada en los procesos de operadores logísticos en cadenas de suministros en Colombia	(Angeles Gil, 2017)	Fundamenta la necesidad que tiene las compañías colombianas en poder crear procesos con altos estándares de calidad enfocados a lean logística y necesidad de generar innovación en los procesos colombianos de producción implementado distintas metodologías de producción.

Fuente: elaboración propia 2018.

Para el caso documentado en esta investigación hay dos puntos que se deben tener en cuenta a la hora de proponer un método de transformación de llantas usadas en su etapa de pos consumo, el primero: la responsabilidad que tiene el gobierno por ser el ente encargado de velar por que las compañías tengan la responsabilidad de velar por que las llantas sean dispuesta de forma agradable con el ambiente luego de ser usadas, el segundo: Son los métodos y modelos utilizados por las compañías en la ciudad, en este segundo punto es en donde el trabajo de investigación aportará al demostrar que en la ciudad de Bogotá no existen un método de molienda de llantas por medio de nitrógeno, que puede contribuir con el desarrollo del sector con un proceso ambientalmente sostenible generando avance tecnológicos en los proceso de producción polvo de caucho reprocesado visto figura 3: Enfoque Green Logistic de la molienda de llantas usadas.

Figura 3: *Enfoque Green Logistic de la molienda de llantas usadas*



Fuente: elaboración propia 2018.

2.6 Antecedentes y métodos utilizados en la ciudad de Bogotá

2.6.1 Método de producción de molienda Mecánica

Este método de destrucción es el más usado a nivel mundial sin embargo en la actualidad en la ciudad de Bogotá tenemos plantas dedicadas a la molienda de llantas con este método a continuación veremos los pasos y etapas del proceso de destrucción mecánica de las llantas

usadas que produce el granulo de caucho reprocesado visto en la tabla 2 Diagrama de Proceso de Molienda Mecánica.

Tabla 7
Diagrama de Proceso de Molienda Mecánica.

Etapas	Nombre del proceso	Descripción	Imagen
Etapa 1	Separación de alambre del caucho ya usado	De forma mecánica es destrozada la llanta para quitar el alambre que tiene	
Etapa 2	LLantas en bandas transportadoras	Se envían de forma adecuada y ordenada en las bandas transportadoras para su molienda	
Etapa 3	Molienda mecánica de las llantas usadas	Se hace una molienda por medio de discos, y de forma mecánica para la destrucción y creación del granulo de caucho reprocesado	
Etapa 4	Tamizaje	Es la segregación de los gránulos de caucho y de las fibras que tiene y que son impurezas para el GCR.	
Etapa 5	Segregación	Alistamiento y segregación del GCR para su almacenamiento y venta	

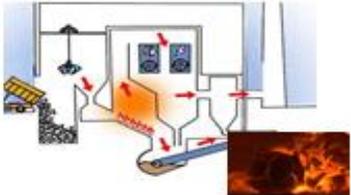
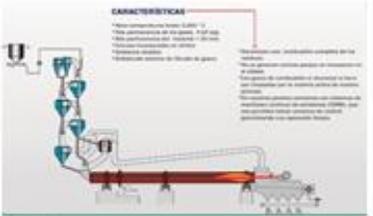
Fuente: elaboración propia 2018.

2.6.2 Método de producción de molienda por iniciación

Este método de destrucción por incineración no es el más usado, sin embargo es un proceso que utiliza grandes hornos para quemar las llantas y en Colombia solo las grandes cementeras tiene la capacidad para tener esta clase de hornos en Bogotá este proceso no hay empresas que lo

realicen sin embargo las llantas de la ciudad las lleva la empresa Argos y genera la quema en sus hornos propios visto en el tabla 8 Diagrama de Proceso de Molienda por Incineración:

Tabla 8
Diagrama de Proceso de Molienda por incineración.

Etapas	Nombre del proceso	Descripción	Imagen
Etapa 1	Separación de alambre del caucho ya usado	De forma mecánica es destrozada la llanta para quitar el alambre que tiene	
Etapa 2	Llantas en bandas transportadoras	Se envían de forma adecuada y ordenada en las bandas transportadoras para su molienda	
Etapa 3	Ingreso de llantas al horno	Cada dos minutos son ingresadas llantas al horno por operarios, generando la destrucción por medio de incineración	
Etapa 4	destrucción y segregación de gases	después de ser incineradas las llantas a más de 2000°C arrojan un gas el cual es almacenado y tratado por medio de un sistema de limpieza de gases	
Etapa 5	materia prima para hornos	Los hornos de cementeras solo paran dos veces al año y por consiguiente deben estar alimentados por materiales de quema 363 días al año	

Fuente: elaboración propia 2018.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

La investigación realizada en este trabajo es descriptiva al cuantificar las variables que se toman para plantear una solución al problema socio ambiental que tiene en este momento la ciudad bajo un enfoque mixto, documentando un modelo de producción para las llantas en estado de pos consumo para la ciudad de Bogotá .

3.2 Participantes o sujetos

Los stakeholders que se evidencia en este proyecto se pueden clasificar en tres grandes grupos, el primero: Ente gubernamental que está interesado en dar solución al problema planteado, el segundo: La sociedad al tener un posible solución a los problemas que conllevan tener estos materiales en la ciudad de Bogotá y la tercera: Las empresas que ven como posible negocio la producción de MRP y proponer mejoras en el resultante de procesos de molienda de llantas en la ciudad para contribuir a la solución de la problemática existente.

3.3 Herramientas, aparatos, materiales o instrumentos

La presente investigación se lleva a cabo con la recolección de información y posteriormente se generan bases de datos para poder realizar un análisis de contenidos y análisis estadístico con el cual se puede proponer una posible solución a los problemas planteados en el documento, ambientalmente podemos documentar como herramienta de solución el modelo propuesto en el documento y como posible solución al cumplimiento a las normatividades y regulaciones que tiene el estado en este momento , cumplimiento a resolución 1326 del 2017.

3.4 Etapas del proyecto

Esta investigación está realizada siguiendo una serie de pasos y etapas las cuales vamos a ver a continuación:

Etapas 1

Diagnóstico de los factores influyentes en el diseño del sistema productivo en términos de mercado, procesos, recursos y resultados actualmente presentes en la cadena de pos consumo de llantas usadas.

Actividad 1. Caracterización del material de entrada y proceso industrial para la transformación de llantas usadas, en términos de producción Balanza de pagos, tiempo de vida útil entre otros. (Balanza de pagos importa y exportaciones) que es una llanta, componentes y eso diferentes métodos de transformación de llantas

Actividad 2. Análisis y caracterización de los factores internos que afectan las organizaciones dedicadas a la transformación de llantas usadas en la ciudad de Bogotá. Producción y administración logística

Actividad 3. Análisis y caracterización de los factores externos que afectan la transformación de llantas usadas en la ciudad de Bogotá legislación y normatividad

Actividad 4: Establecer un marco de referencia y estado del arte acerca de los métodos actuales de transformación de llantas usadas y los lineamientos de Green Logistic.

Etapa 2

Contrastar el desempeño del sistema productivo propuesto frente a los métodos convencionales utilizados en la ciudad de Bogotá, con el uso de técnicas matemáticas, estadística o por indicadores de acuerdo al caso.

Actividad 1: Establecer los métodos, medidas de proceso y formas de comparación entre los procesos de incineración, molienda mecánica, molienda criogénica

Actividad 2: Establecer un método de comparación entre los procesos industriales por medio de técnicas matemáticas, estadística o indicadores.

Actividad 3: análisis y síntesis de los resultados obtenidos de la comparación de métodos de transformación de llantas usadas

Actividad 4: Diseño de un plan como propuesta para la implementación del proceso definido

Etapa 3

Propuesta de sistema productivo para la transformación de llantas usadas en productos con alto valor industrial bajo el método de criogenia y lineamientos Green Logistic.

Actividad 1: Establecimiento del portafolio de productos resultantes de la transformación de llantas usadas en la Bogotá con el método de criogenia, así como los requerimientos técnicos de Green Logistic para el diseño del sistema productivo

Actividad 2: Estimación de los recursos necesarios para la conformación del diseño del sistema productivo de transformación de llantas usadas como el método de criogenia

Actividad 3: Realizar la configuración espacial física para la instalación fabril de transformación de llantas usadas bajo el método de criogenia.

3.5 Método de análisis e interpretación de los datos

Para el análisis de datos se basa en estudios cuantitativos y analíticos los cuales sirven para formular un modelo de molienda que cumpla con los requerimientos técnicos necesarios respetando la filosofía Green logistic en Bogotá.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de los factores influyentes en el diseño del sistema productivo en términos de mercado, procesos, recursos y resultados actualmente presentes en la cadena de pos consumo de llantas usadas

4.1.1 Caracterización del material de entrada

Se presentaran las definiciones de que es una llanta, compuestos, balanza de pagos y métodos de transformación, logística de inversa de las llantas en Bogotá y empresas dedicadas a la molienda en Bogotá.

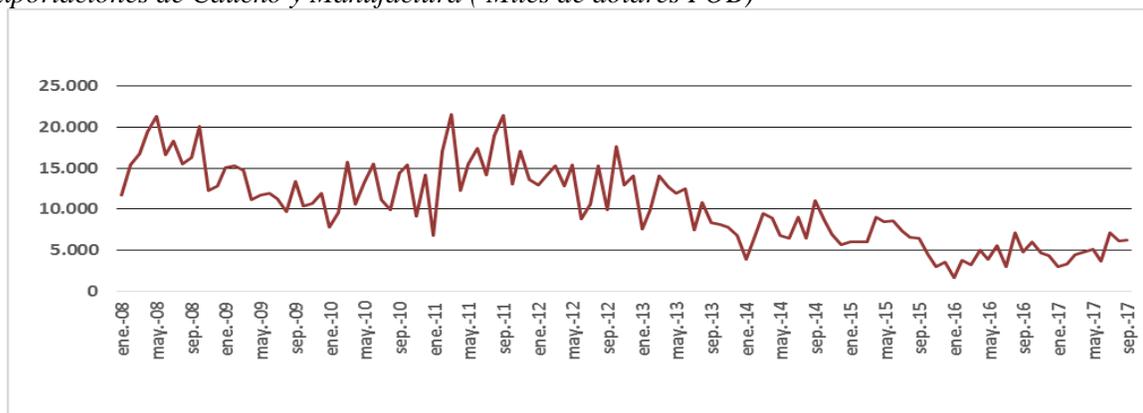
4.1.1.1 Balanzas de pagos en términos de producción del caucho

Se analiza la información de balanza de pagos de la importaciones y exportaciones del caucho porque es el componente más importante para la fabricación y comercialización de las llantas, llantas rencauchadas y a su vez siendo el material competencia al polvo de caucho reprocesado que es el resultante del proceso propuesto por este documento.

4.1.1.2 Exportaciones de Manufactura de Caucho

Según la información que podemos ver en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística en cifras de exportación el sector del caucho y su manufactura, como se muestra en la figura 4 Exportaciones de caucho y manufactura (FOB free on board) se evidencia un disminución año tras año según el estudio bajamos un 53% las exportación en este sector desde el enero del 2008 a sep. Del 2017, evidenciando una demanda decreciente en el sector y un oportunidad para la transformación de llantas usadas como modelo de venta para países desarrollados.

Figura 4
Exportaciones de Caucho y Manufactura (Miles de dólares FOB)

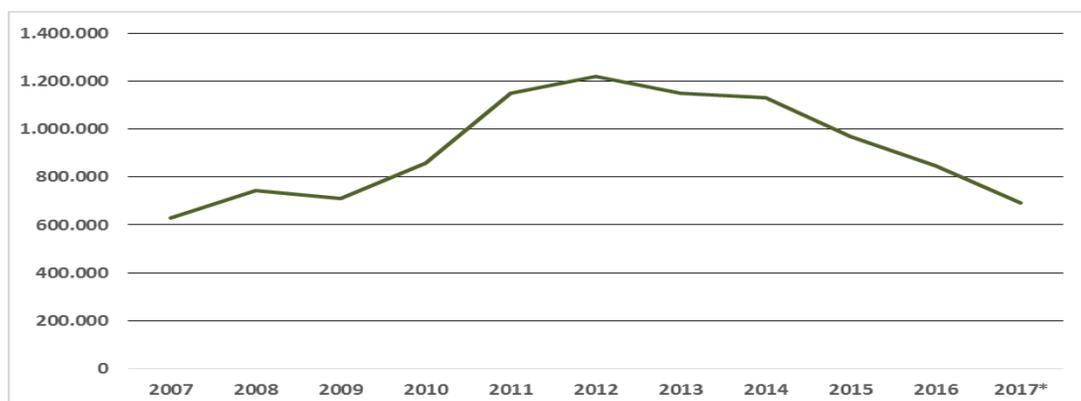


Fuente: DIAN - DANE (EXPO)

4.1.1.3 Importaciones de Manufactura de Caucho

En base a la información dada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística en Importaciones podemos validar que para el 2017 la cifras de importaciones en el sector de caucho y su manufactura es un poco más estable y no sufre casi variación en porcentaje considerando que vamos a cerrar el año con un aumento por debajo del 5% de variabilidad en 10 Años como lo muestra la figura 5, al crear modelos de molienda de llantas, podemos suplir en alguna medida la demanda de caucho para los sectores productivos en el país.

Figura 5
Importaciones de Caucho y Manufactura (Miles de dólares FOB)



Fuente: DIAN - DANE (IMPO)

4.1.2 Caracterización factores internos

Análisis y caracterización de los factores internos que afectan las organizaciones dedicadas a la transformación de llantas usadas en la ciudad de Bogotá. Producción y administración logística.

4.1.2.1 Logística inversa de llantas

En búsqueda de alternativas de recolección de las llantas y la logística que es utilizada se documenta los modelos atizados a nivel internacional, nacional y local.

Tabla 9

Estudio del arte de logística inversa de neumáticos en estado de pos consumo

Autor	Método	Lugar	Descripción
(Jayarama na, Patterson, & Rolland., 2003)	The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures	Internacional	Estudia los flujos de retorno de los productos y plantea es la reubicación y distribución de instalaciones para el procesamiento de materiales por medio de metodología de solución (HerramientasE).
(Schultman na, Zumkeller, & OttoRantz., 2006)	Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry	Internacional	Analizan los aspectos importantes en la logística inversa y fin del ciclo de vida de la industria automotriz y por consecuencia de las llantas planteando como solución cadenas de suministro de circuito cerrado
(Dehghanian & Mansour., 2009)	Designing sustainable recovery network of end-of-life products using genetic algoritmo	Internacional	Modelo de programación multiobjetivo de la recuperación de las llantas como desecho.

(Eduardo, José, & Camilo, 2017)	Diseño de un modelo matemático de logística inversa para la gestión del manejo de llantas usadas	Nacional	Solucionar por medio de dos fases : primera heurística del vecino más cercano y segunda algoritmos de agrupamiento Clustering , creación de rutas para la logística de inversa de las llantas.
(Calderón, Ocampo, & Echeverry, 2012)	Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica	Nacional	Programación lineal usado retorno de materiales , costos de la logística de inversa y los costos de la manufactura de las llantas usadas y finalizan con un cuadro donde dan una visual de del comportamiento del modelo propuesto
(Ramírez & Diego Fernando Hernández Losada, 2014)	Logística inversa en ciudades, las redes de recolección de artículos en pos-consumo	Local	Sistemas de logística inversa que gestionan los productores , revisión literaria
(Marian & Inés, 2016)	Estrategias de Logística inversa que permitan la reutilización de llantas usadas	Local	Una descripción de requisitos y ventajas y desventajas de la logística de inversa en Bogotá de las llantas usadas

Fuente: Autor

Para el 2017 Colombia cuenta con 177 puntos de recolección y una participación del 59,8% de los puntos ubicados en la ciudad de Bogotá, siendo esta la ciudad con más puntos de recolección y logística de inversa para las llantas utilizadas y en etapa de pos consumo, las llantas usadas son catalogadas como residuos peligrosos se crean empresas como Rueda Verde encargadas de recolectar las llantas en los puntos autorizados y así poder tener el enlace con las empresas encargadas de procesar estos residuos y así poder generar los certificados de recolección y el uso ambiental adecuado para las llantas, luego de esto llegan las empresas dedicadas a la transformación de las llantas usadas por medio de métodos de molienda física (Rueda verde, 2016).

Como resultado se puede resaltar las métricas que el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible – MMADS, documenta en la resolución 1326 *sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas y se dictan otras disposiciones* donde queda claro los porcentajes que se obligan a los productores y comercializadores de llantas en la ciudad y un objetivo que años tras año es aumentado para poder responder con el problema planteado en esta investigación.

4.1.2.2 Diagnósticos de las empresas dedicadas a la transformación de llantas por medio de criogenia

A nivel mundial encontramos varias empresas dedicadas a la transformación de llantas usadas y al revisar encontramos empresas dedicadas a la transformación e invocación de procesos enfocados a la filosofía Green Logistic dando un aporte a las cadenas de abastecimiento cumpliendo con la responsabilidad social, en el siguiente cuadro tenemos algunas compañías que se dedican a la molienda criogénica en el mundo.

Tabla 10
Empresas con procesos criogénicos a nivel mundial

LUGAR	NOMBRE DE LA EMPRESA	DESCRIPCIÓN	AÑO DE FUNDADA
Cambridge, Ontario (Canadá)	(inc, 2017)	La primera solución llave en mano de RTI es un sistema de reciclaje criogénico de neumáticos primario, que puede ser un sistema de reciclaje de neumáticos independiente.	2007

Pittsburgh, Pennsylvania (EE.UU.)	(Recycling, s.f.)	Liberty tire recycling es una empresa dinámica e innovadora centrada en la sostenibilidad económica y de recursos; en todo el país, en pequeñas ciudades y grandes ciudades, una red de instalaciones de recolección y procesadores reciclan neumáticos para automóviles, camiones y tractores para reutilizar como base de productos innovadores y ecológicos, la compañía recolecta y recicla alrededor de un tercio de las llantas de desecho de la nación.	2000
Sines, Portugal.	(Empresa nacional de reciclaje de pneus, s.f.)	Producción de polvos y granulados de caucho criogénico y la valorización rentable de todos los materiales resultantes del reciclaje de neumáticos al final de su vida útil, a través de aplicaciones con valor de mercado y percepción de beneficios. pneu produce polímeros reciclados - granulados de caucho, desde el final de la vida de los neumáticos, desde 2000. En pneu, la tecnología implementada es el proceso criogénico.	1996
Vienna, Austria.	(Consulting, 1999)	En general, el polvo de caucho se diferencia del granulado de caucho por el tamaño del grano. las fracciones por debajo de 1 mm (1000 micras) se conocen comúnmente como polvos de caucho. los polvos de caucho pueden oscilar hasta tan solo 50 micras con tamaños medios de partículas de 800 micras de procesos de molienda en húmedo, 600 micras de procesos ambientales y 400 micras de procesos criogénicos.	1999
Houston, Texas (EE.UU.)	(LLC, s.f.)	Somos una planta de reciclaje de neumáticos. nuestro nuevo sistema criogénico nos permitirá producir todo el espectro de tamaños de hule con migajas, a un precio de mercado competitivo. nuestro objetivo es procesar 2,000,000 de llantas al año. solo produciremos hule de migajas libre de metal, clasificación negra n.º 1.	2007

Fuente: elaboración propia 2018.

En Colombia la industrialización de la producción de GCR “Grano de Caucho Reciclado” es un poco ortodoxa al no tener empresas dedicadas a la transformación de los distintos métodos mencionados en esta investigación, en la actualidad la molienda mecánica es la utilizada en

Colombia y por medio de este método se establecen las soluciones de reciclaje de llantas en las ciudades.

En Colombia en este momento contamos con un total de 401 empresas dedicadas a la comercialización o fabricación de llantas, de las cuales solo 216 empresas están activas para RUES Registro Único Empresarial y Social, solo el 53.8% de las empresa a nivel nacional en este momento son responsables de cumplir con lo establecido en la normatividad vigente por el gobierno. (Rues, 2017)

Para la ciudad de Bogotá el panorama es muy parecido al encontrado a nivel nacional, con un total de 598 (figura 1: Grafica de llantas fabricadas y rencauchadas EAM) empresa dedicadas a la fabricación o comercialización o reproceso de llantas, de las cuales solo el 42.8% de la empresas están activas que corresponden a 256 y son las responsables de garantizar que en la ciudad de Bogotá se ejecuten los planes y políticas ambientales y sociales que velan por el uso adecuado de las llantas usadas en la ciudad. (Rues, 2017)

En la búsqueda de alternativas y soluciones para el problema social y ambiental las cadenas logística de las llantas usadas en la ciudad de Bogotá ha sufrido alguna transformación debido a la legislación y normatividad vigente, donde está documentado que si existen alternativas de destrucción de las llantas usadas en la ciudad de Bogotá, sin embargo no existen sectores interesados en invertir en tecnología para la destrucción de los desechos y desatendiendo así un porcentaje de las llantas, las cuales quedan en lugares no óptimos y serán desechadas de forma no adecuada causando daños ambientales . (Calderón, Ocampo, & Echeverry, 2012).

4.2.3 Caracterización de factores externos

Análisis y caracterización de los factores externos que afectan la transformación de llantas usadas en la ciudad de Bogotá legislación y normatividad

4.1.3.1 Legislación vigente y normatividad a cumplir con las llantas en estado de pos consumos en la ciudad de Bogotá para el 2017

En la ciudad de Bogotá ya se encuentra en vigencia la resolución 1326 que obliga a las empresas a realizar planes de recolección anuales y realizar una recolección de un porcentaje de llantas vs las vendidas por año sin embargo hasta finales del 2018 se podrá ver la confiabilidad de la resolución y si fue o no fue ejecutada por todos los comercializadores naturales o jurídicos de llantas en la ciudad de Bogotá, esta resolución es del 2017 y tiene un impacto ambicioso y muy positivo para la ciudad y se medirá de la siguiente forma:

Meta de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas:

- $RSGA \frac{NLR}{BCR*PMR} X 100$ Max= **70 puntos**
- RSGA: Recolección selectiva y gestión ambiental
- NLR: Numero de llantas recolectadas, gestionadas diligenciar tabla 1 anexo 1
- BCR: Base de cálculo de recolección selectiva y gestión ambiental (n° de llantas) tabla 2 y 2ª del anexo 1
- PMR: porcentaje de meta mínima de recolección y gestión correspondiente (ver porcentajes de cumplimiento)
- Incremento de cobertura geográfica (CG) se determina en función del incremento de municipios atendidos por el sistema **Max 25 puntos**

- Inversión en mecanismos de comunicación a los consumidores (IMCC): se determina en función de los recursos financieros invertidos en mecanismos de comunicación a los consumidores respecto del costo total anual del sistema **Max 5 puntos** (Resolución N°1326 , 2017)

Según lo señalado en los Decretos , Resoluciones y Políticas se evidencian que sí existe regulación por parte del ministerio y entidades encargadas que dictaminan la responsabilidad social y civil del tratamiento de las llantas usadas a partir las empresas y personas que decidan ingresar y comercializar este material en el territorio nacional, donde hay una regulación propuesta la cual vigila las formas de segregar, almacenar los puntos de recolección establecidos, en este cumplimiento se recomienda observar los procesos autorizados para la destrucción o uso final de las llantas usadas; como ejemplo la quema por parte de entidades controladas por el ministerio (MMADS) que garantizan el uso o la disposición adecuada de los gases que se producen en la quema, la molienda de las llantas por las empresas dedicadas a esta actividad y el transporte adecuado de las llantas, luego expone las prohibiciones a las cuales están sometidas las empresas y personas que decidan almacenar este material y que pueden hacer o no de acuerdo a los usos propuestos en estas resolución y decretos.

3.1.4 Caracterización de los lineamientos de green logistic

Establecer un marco de referencia y estado del arte acerca de los lineamientos de Green Logistic.

4.1.4.1 Marco de referencias en base a GPD (Green product development)

La producción de productos verdes y la necesidad de dar una posible solución al problema social y ambiental abarca el problema desde la perspectiva de Green Logistic , según la literatura

vista se puede afirmar que existe la necesidad de poder planear soluciones ambientales que garanticen la implementación de nuevos métodos o modelos que contribuyan con la eficiencia y mejoras en el desarrollo de productos y a su vez reduzcan los productos que son incinerados, reciclados o que terminan en disposiciones inadecuadas como vertederos no autorizados en la ciudad de Bogotá. (Johansson & Sundin, 15 de diciembre de 2014)

Cadenas sostenibles, es uno de los tantos enfoques que debemos tener cuando hablamos de Green Logistic, en este documento basamos el diseño para reutilizar las llantas como una pieza clave del trabajo ya que se busca plasmar un método que genere una transformación del caucho y a su vez genere valor agregado al producto resultante así aportar en su vida útil y poder generar nuevo proceso para la industria del caucho y reciclaje de este en la ciudad de Bogotá.

(Y.Ljungberg, 2007)

Prácticas basadas en Green Logistic y las necesidades que tiene la ciudad, debido al alto riesgo de contaminación y de malas prácticas al retornar las llantas, para poder cumplir, respetar y contribuir con las normativas y leyes exigidas por el gobierno, las prácticas que tiene en la cadena de valor de las llantas deben enfocarse a una cadena verde y producción verde así poder aportar con soluciones sostenibles para el medio ambiente y sociedad, sin embargo la única forma documentada para dar una posible solución a este problema es un tema legal ya que las empresas pueden ser un poco más básicas con sus soluciones y no algo más enfocado y centralizado. (Murphy & Poist, 2003)

3.1.4.2 Beneficios de la trituración por criogenia

Con base a lo expuesto en el año 2013 donde se determina el uso adecuado de la criogenia, que logra obtener procesos ambientalmente más adecuados en la molienda clásica a la molienda

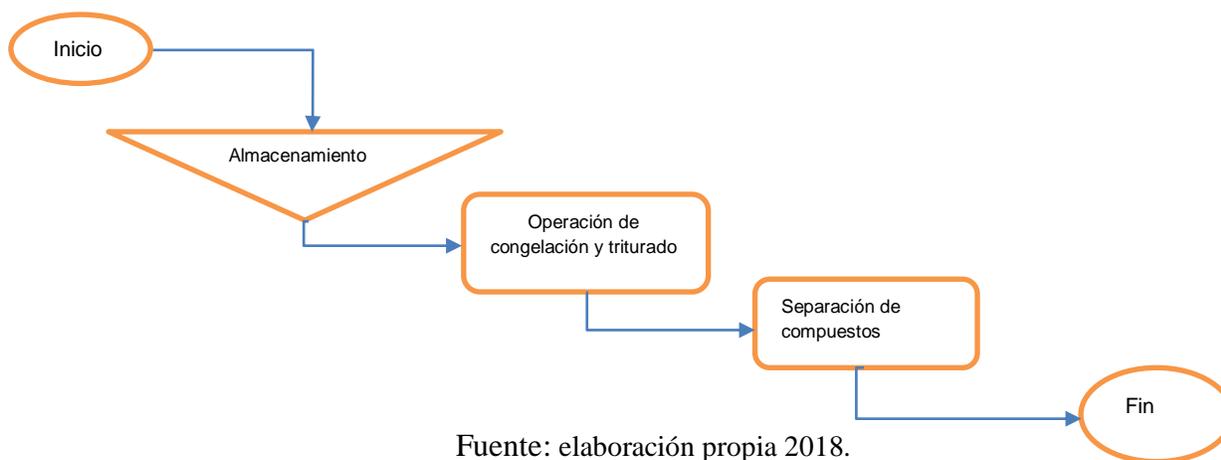
criogénica y garantizar destrucciones ágiles y con estándares altos. Logrando así poder demostrar que el uso de la criogenia es un la cadena de abastecimiento de las llantas es una fuente notable de mejora e innovación aportando con los lineamientos de Green Logistic.

(Ahmed Belgacem*, 2013)

El proceso de criogenia tiene varias etapas para lograr la trasformación de materiales en polvo se evidenciara en la siguiente grafica de procesos:

Figura 6

Flujo de proceso normal de criogenia en proceso de molienda.



Primera etapa: el material debe ser almacenado y preparado para el proceso de molienda criogénica.

Segunda etapa: el material pasa por un tubo de congelación y es llevado a los grados de congelación necesarios para la destrucción por medio de martillos que pulverizan las llantas usadas.

Tercera etapa: el material pasa por bandas transportadoras donde por medio de magnetismo y filtros se separa el metal y la malla de hilos que contiene.

Cuarta etapa: los materiales son almacenados y listos para ingresar a un nuevo proceso.

3.1.5 Material resultante de los procesos de molienda

En la actualidad se evidencia el cambio en los procesos de manufactura, el proceso de molienda de llantas en estado de pos consumo no es mercado que no sufra estos cambios como lo explica la empresa Lehigh technologies, la cual se encarga de la construcción de plantas de producción dedicadas a la producción de polvo de caucho micronizado (MRP) el cual es la fuente de nuevos productos y de mejoras para el proceso de transformación de llantas recicladas para el mundo y sirve como evidencia de los procesos enfocados a Green logistic por medio de tecnología enfocada a la sostenibilidad de los proceso con menores impactos ambientales.

(Technologies, 2013)

Se concluye que efectivamente hay tres etapas en el sector del reciclaje de llantas y que estas reflejan el crecimiento y mejora en los procesos de manufactura de este sector:

Tabla: 11
Material resultante de los proceso de molienda

NOMBRE	DESCRIPCION
Neumáticos enteros	Los neumáticos enteros se pueden usar sin tratar o tratar con productos mecánicos dispositivos para hacerlos más flexibles o manejables. <i>Principales usos:</i> arrecifes artificiales, fardos de construcción; terraplenes, barreras de sonido, estabilización o como materia prima para un tratamiento posterior.
Fragmentos	Fragmento es el resultado del tratamiento mecánico para fragmentar, rasgar o rasgue el neumático en piezas irregulares \pm 50-300 mm en cualquier dimensión. <i>Principales usos:</i> relleno liviano, back fill, drenaje, térmico aislamiento para carreteras o edificios, barreras de sonido, land fill ingeniería, o como materia prima.
Piezas	Las fichas se producen como trituración dando como resultado piezas de forma irregular \pm 10-50 mm. <i>Principales usos:</i> respaldo, pilares de puente, relleno liviano para construcción,

	drenaje, mantenimiento de terrenos, carreteras y deportes fundaciones, tratamientos del suelo o como materia prima.
Granulado	<p>Granulado es el resultado del procesamiento del material para reducirlo en tamaño a partículas finamente dispersas \pm 1-10 mm. Hay dos principales métodos de reducción de tamaño en uso en la actualidad:</p> <p>reducción del tamaño ambiente: procesos mecánicos a nivel o superior temperatura ambiente normal que corta el caucho para reducirlo a un tamaño deseado que da como resultado un reciclado de forma irregular.</p> <p>Reducción de tamaño criogénico: nitrógeno líquido o comercial los refrigerantes frota la goma para reducirla a un tamaño deseado dando como resultado superficies lisas y regulares.</p> <p>Productos químicos, microbios, microondas, choque magnético y alto también se han intentado explosiones de agua a presión.</p> <p><i>Principales usos:</i> césped artificial, piezas automotrices; choque y ruido barreras; pisos, pavimentación y techado de suministros; patio de juegos y superficies deportivas; calzado; tratamientos del suelo, ruedas sólidas; la carretera muebles y sistemas de tráfico; asfaltos recubiertos de goma; Deportes; estereras de vibración o como materia prima para un tratamiento posterior.</p>
Polvo	<p>Los polvos son el resultado del procesamiento del caucho para lograr partículas dispersas de <1 mm por ambiente o criogénicas o especiales tratamientos, por ejemplo, pirolisis, recuperación, desvulcanización.</p> <p><i>Principales usos:</i> piezas automotrices; compuestos de lecho de cables; cargadores para llantas; calzado; aglutinantes de betún poroso; selladores; equipo deportivo; superficies o como materia prima para especializada tratos.</p>
Los polvos muy finos	<p>Los polvos muy finos son el resultado de una gama de productos especializados tratamientos que actualizan o contribuyen propiedades distintivas a la material.</p> <p><i>Principales usos:</i> piezas automotrices; material de carbono; revestimientos y selladores; ingredientes para neumáticos; materiales parcialmente desvulcanizados; pigmentos para tintas, pinturas; elastómeros termoplásticos.</p>

Fuente: elaboración propia 2018.

Primera etapa: la molienda del caucho es de forma mecánica y como resultado puede llegar a manejar pulgadas o tamaños grandes de partículas de llantas trituradas.

Segunda etapa: en este momento nace la palabra de granos de caucho reprocesados (GCR) donde se procesa el caucho es de forma mecánica pero más eficiente que la primera logrando obtener como resultado viruta entre una pulgada.

Tercera etapa y es donde nos encontramos nace el polvo de caucho micronizado (MRP) que es el objetivo a donde queríamos llegar con la investigación gracias a este nuevo proceso se puede demostrar que lo propuesto en esta investigación tiene como resultado un tema innovador y enfocado a las políticas de Green logistic como resultado tenemos las siguientes razones:

Disminución de costos: se puede validar que el costo del polvo de caucho micronizado (MRP) puede valer un 50% menos que el valor del aceite y la base de caucho convencional utilizada en la actualidad en diversos procesos de manufactura.

Entrega de Rendimiento: las características físico químicas del material son aceptadas para poder obtener los beneficios en su uso: Resistencia al agua; Ahorros de energía; Flexibilidad; Amortiguación de sonido; Amortiguación de vibraciones; Tracción mojada; Anti fatiga; Durabilidad; Aislamiento térmico; Resistencia al aceite.

Sostenibilidad: elimina los desperdicios que en otros procesos pueden ir a vertederos, reduce la necesidad de proceso que necesita aceite, ahorrando energía y disminuyendo los gases de efecto invernadero.

3.1.5.1 Portafolio de productos de las llantas en estado de pos consumo

Existente algunas empresas dedicadas a la recolección de las llantas en la ciudad de Bogotá luego de esto, esta empresa es la encargada de llevar las llantas a las plantas de producción de reciclaje de llantas, las cuales realizan el proceso de molienda de estas y posterior almacenaje del GCR (Grano de caucho reprocesado), seleccionados por su tamaño para la luego ser vendidos como materia prima o como producto terminado y ser comercializados en la ciudad o en el país

como lo son los documentados en la Tabla 13: productos resultantes de la transformación de llantas molidas.

Tabla 12
Productos resultantes de la transformación de Neumáticos molidas

USO DEL CAUCHO	Carreteras	Combustible para hornos	Relleno de campos de fútbol	Tapetes para juegos didácticos
DESCRIPCION	El GCR es utilizado como adherencia para la malla vial en el proceso de fabricación de asfalto (malla 80/40)	Las llantas son usadas como combustible para hornos de producción cementera	Es utilizado como relleno en campos deportivos sintéticos y naturaleza por su durabilidad y resistencia térmica	Por medio de un proceso de producción es transformado en tapetes de juegos didácticos (trafico pesado)
PRODUCTOS				
USO DEL CAUCHO	Alfombras	Aislantes de térmico	suelos de atletismo	pistas de automovilista o autoristas
DESCRIPCION	Por medio de un proceso se transforman en alfombras para el uso industrial	Por medio de un proceso , se da color y es utilizado como aislamiento térmico en los jardines	Por medio de un proceso se mezcla para generar mayor durabilidad y resistencia en las pistas atléticas	En la fabricación de pistas de alta resistencia es usado el polvo de caucho reprocesado por sus resistencia y adherencia
PRODUCTOS				

fuente: elaboración propia 2018.

4.2 Contraste del desempeño del sistema productivo propuesto frente a los métodos convencionales utilizados en la ciudad de Bogotá

4.2.1 métodos de transformación de llantas y sus factores de comparación.

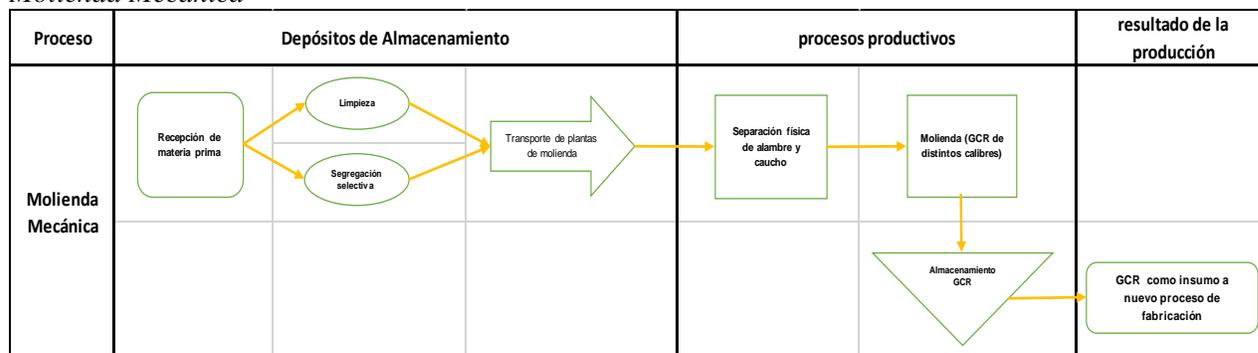
Comparación los métodos de transformación estableciendo por método, producto y precio de venta de producto resultante formas de las moliendas.

4.2.1.1 Análisis del Flujo de procesos y métodos de transformación:

En el siguiente cuadro comparativo tenemos los procesos que en este momento la ciudad de Bogotá tiene definidos para la transformación de llantas usadas y el proceso de criogenia que se propone en la siguiente investigación:

4.2.1.2 Análisis del flujo de Molienda Mecánica:

Tabla 13
Molienda Mecánica

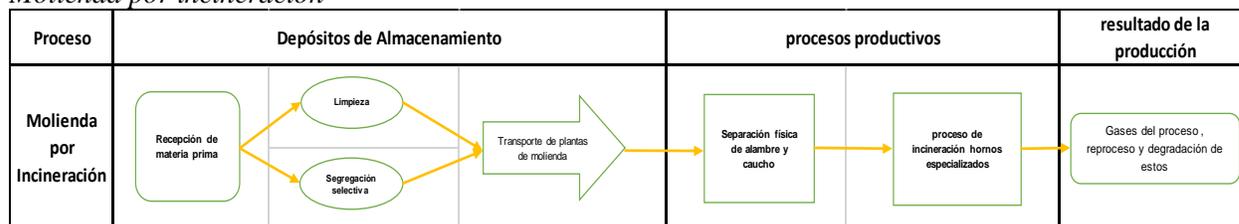


Fuente: elaboración propia 2018.

En el proceso de molienda de forma mecánica se observa que el método de transformación de llantas en estado de pos consumo es un proceso mecánico que no requiere participación de tecnología para poder generar como resultado los GCR y con esto lograr un nuevo insumo para procesos productivos de la industria.

4.2.1.3 Análisis del flujo de Molienda Por Incineración:

Tabla 14
Molienda por incineración



Fuente: elaboración propia 2018.

Este proceso de producción es un poco más complejo logrando la destrucción del producto sin embargo es un proceso que como resultado generan tres nuevos productos para la industria como lo son:

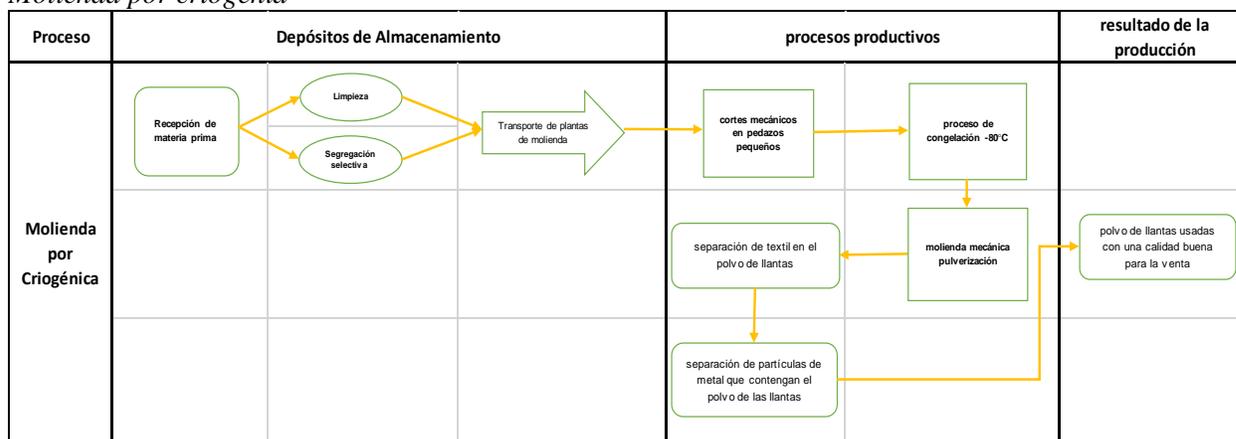
-Humo Negro: Segregado y reprocesado para retorno del aire potable.

-Gases: Almacenados para posteriormente ser debidamente procesados y no afecten el ambiente.

Al observar este proceso, requiere una gran inversión de las empresas debido a que necesitan tener en su línea de producción el uso de grandes hornos capaces de hacer la segregación e incineración de estos materiales como lo es en Bogotá la empresa argos. (Argos, 2016)

4.2.1.4 Análisis del flujo de Molienda de Criogénica:

Tabla 15
Molienda por criogenia



Fuente: elaboración propia 2018.

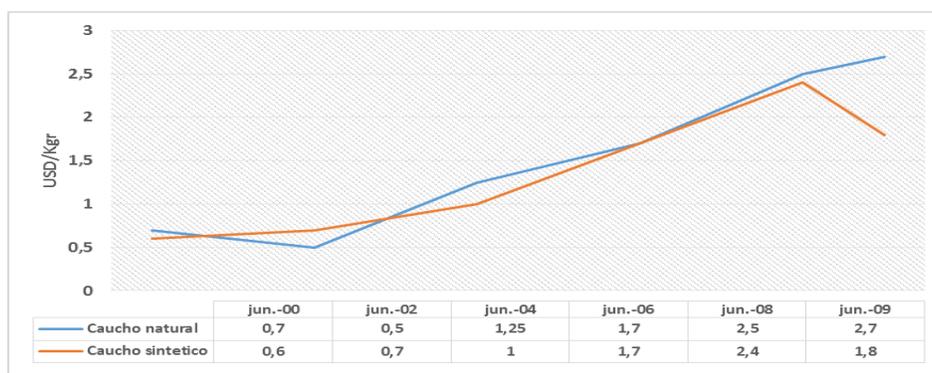
La molienda por criogenia es una de las nuevas formas de destrucción de las llantas usado en el mundo con el uso de nuevas tecnologías que logran hacer una transformación de materia sin pérdida de sus componentes logrando un producto de óptimas condiciones para el uso en nuevos proceso productivos, mejorando así de forma ecológica y aportando a la sostenibilidad del ambiente, logrando ser utilizadas las llantas en nuevos proceso de producción y generando rentabilidades y ahorros en la economía de algunos sectores. (Technologies, 2013)

4.2.2 Métodos de comparación de los procesos industriales por medio de técnicas matemáticas, estadísticas o indicadores.

4.2.2.1 Análisis del precio del caucho reprocesado.

Figura 7

Gráfico de precio del caucho en (USD/Kgr)

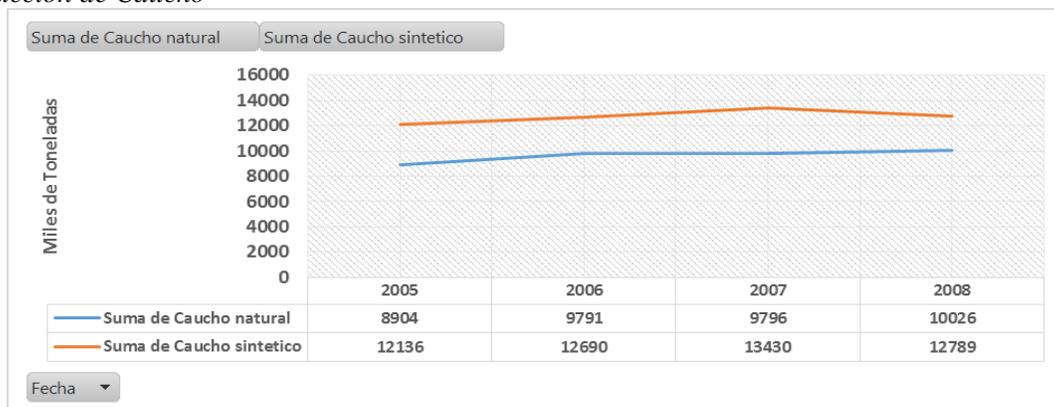


Fuente: elaboración propia 2018.

En la siguiente grafica se analiza la comparación que en este momento puede tener el precio de caucho sintético vs el precio del caucho natural , datos tomados de los informes del Banco Mundial en los cuales primero se evidencia que año tras año se viene comportando el valor del caucho sintético con un menor valor que el caucho natural, esto se logra en el mayor de los casos por medio de Molienda mecánica, cabe aclarar que como se evidencia en el último año se pronostica una disminución considerable del valor debido al ingreso de nuevas tecnologías de transformación en el reciclaje y transformación de las llantas en estado de pos consumo, claro ejemplo de este es la apertura de nuevas empresas en USA y UE, (Technologies, 2013) con modelos de producción criogénica que generan mayor rentabilidad en los proceso de producción y una disminución en el costo del producto resultante, ahora son procesos sostenibles y con alto impacto ambiental al generar preservación de mayor aprovechamiento del caucho.

4.2.2.2 Análisis de la producción de caucho:

Figura 8
Producción de Caucho



Fuente: elaboración propia 2018.

Al graficar los datos del Banco Mundial se observa que la producción de caucho en el mundo año tras año es ascendente, sin embargo la producción de caucho sintético cada vez es más alta, gracias a estos datos podemos justificar el por qué los sectores de caucho deben generar nuevas técnicas para la transformación de las llantas teniendo la posibilidad de generar auto sostenibilidad para este sector.

4.2.2.3 Análisis de precio de venta de GCR o MRP

Se analiza los precios de venta del GCR y del MRP para poder ver la diferencia e impacto y funcionalidad del proceso propuesto para la ciudad de Bogotá y se toma como base algunos estudios de factibilidad de Colombia y del Extranjero para validar los precios de venta de estos, sin embargo se encuentra una variabilidad importante en los datos obtenidos y para tener concordancia con lo propuesto se promedian los valores para tener un datos más real de las variabilidad de los dos precios.

Tabla 16
Precio de venta de GCR x Tonelada

DATOS GENERALES GCR			PRECIO DE VENTA X TONELADA		
AÑO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, TESIS O ARTÍCULO.	AUTOR	GCR	ACERO	FIBRAS DE TEXTIL
2016	Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción de granos de caucho (gcr) mediante el reciclaje de llantas fuera de uso.	Patricia del Pilar Cardona Urrutia	\$ 2.300.000	\$ 321.000	\$ 210.000
2015	Plan de negocio de una empresa trituradora de llantas usadas para la industria asfaltera en Bogotá.	Carolina Pinilla Quiroga	\$ 1.350.000	\$ 300.000	\$ 200.000
2015	Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica.	Alvar Martín González	\$ 474.000	\$ 372.330	\$ 115.566
2017	Diseño de un proceso de producción basado en la trituración mecánica para el aprovechamiento de las llantas fuera de uso en Santiago de Cali.	Alejandro López Sahara Pineda	\$600000- 650000	\$ 200.000	
VALORES PROMEDIO (pesos Col)			\$ 1.374.667	\$ 298.333	\$ 175.189

Fuente: elaboración propia 2018.

Tabla 17
Precio de venta de MRP x Tonelada

DATOS GENERALES MRP			PRECIO DE VENTA X TONELADA		
AÑO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO , TESIS O ARTICULO	AUTOR	MRP	ACERO	FIBRAS DE TEXTIL
2008	Planta de reciclado de neumáticos fuera de uso (nfu).	D. Serafín Carballo	\$ 665.000	\$ 700.000	\$ 315.000
2015	Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica.	Alvar Martín González	\$ 612.500	\$ 372.330	\$ 115.566

2017	Diseño de un proceso de producción basado en la trituración mecánica para el aprovechamiento de las llantas fuera de uso en Santiago de Cali.	Alejandro López Sahara Pineda	\$ 650000-900000	\$ 200.000	
VALORES PROMEDIO(pesos Col)			\$ 638.750	\$ 424.110	\$ 215.283

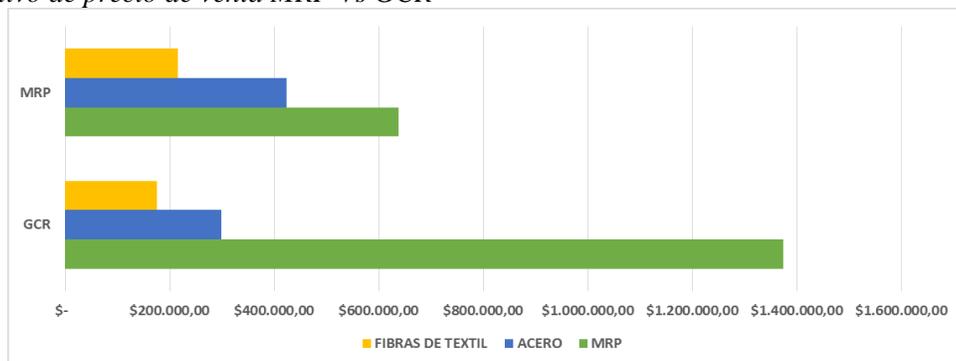
Fuente: elaboración propia 2018.

4.2.2.4 Análisis grafico de los precios.

En la siguiente grafica podemos validar la información sobre los precios de venta y se concluyó que el precio del Polvo de llantas es menor que el Granulo de Caucho, sin embargo genera un menor impacto ambiental y documenta grandes aportes a los modelos de reprocesamiento autosostenible basados en metodología Green Logistic, esta información se basa en lo recolectado en las tabla 16, 17 y que se resume en la figura 9.

Figura 9

Comparativo de precio de venta MRP Vs GCR



Fuente: elaboración propia 2018.

4.3 Propuesta de un sistema productivo para la transformación de llantas usadas en productos con alto valor industrial bajo el método de criogenia y lineamientos Green Logistic.

4.3.1 Diseño de proceso y manejo de material en términos de producción

Estimación de los recursos necesarios para la conformación del diseño del sistema productivo de transformación de llantas usadas como el método de criogenia, Para poder analizar los recursos necesarios para la producción de polvo de llantas usadas se realiza la teoría de las 8'M se referencian solo 5'M; Esta esta basadas en la mejora continua generando herramientas de recolección, procesamiento y análisis, esta metodología fue implementada por Ishikawa y usada al principio solo en calidad y hoy en día en proceso Lean :

Tabla 18
(8'M) requerimientos para implementación de proceso de producción criogénico de molienda de neumáticos

5'M	Fase	Necesidad General	Necesidad Técnica
1 MAQUINAS	Trituradora de llantas	Maquina encargada de la molienda de las llantas en el momento de llegada a la plata de producción, para poder optimizar el espacio de almacenamiento de las llantas usadas.	Se pueden conseguir de doble o de cuatro ejes para mejorar la eficiencia, capacidad de 200 a 10.000 kg/H; Potencia: 15kw-160kw.
	Bandas transportadoras	Bandas transportadoras rectas, poco mantenimiento, mayor soporte para productos superficies planas.	Bandas metálicas Flat Seat®
	Túneles de Enfriamiento	Estos túneles son necesarios para el proceso de congelación del GCR y es usado para llevarlas a las condiciones necesarias para generar el proceso de destrucción o molienda .	Debe tener ventilación el proceso genera vaporización del N2; resistencia para neumáticos congelados a -120°C a -140°C.
	Molinos de trituración	Estos Molinos son necesarios para poder volver el GCR de las llantas usadas en polvo y hacer la separación correcta de los componentes.	Se requieren molinos con martillos con alta RPM para poder generar la separación total del caucho, fibras y acero.
	Bandas magnéticas	Estas son las encargadas de separar todo el metal después de la moliendo y	Separador magnético autolimpiable de banda DND-AC

		es necesario que sean regulados y de fácil mantenimiento.	
	Separador de Fibras	Esta máquina realiza la separación de las pelusas que trae el polvo de las llantas usadas	La máquina que se requiere necesita una productividad de 0.8 a 1 tonelada por hora
	Cubículos de almacenamiento	Estos cubículos deben tener la capacidad de almacenar , polvo de llantas usadas , fibras de acero o fibras de pelusa de las llantas usadas	Son cubículos de acurdó a la necesidad de almacenamiento
2 METODO	Métodos físicos modelos y tecnología	El modelo de producción a utilizar es Flow Shop, dividió por estaciones de trabajo en línea, ya que las máquinas que se tiene requieren la finalización del anterior proceso para iniciar el propio.	Se dejara planteado el proceso por medio de flow shop en el layout propuesto para el proceso de reciclaje de las llantas por método de criogenia.
3 MANO DE OBRA	Perfil del profesional	El perfil profesional necesario es de técnicos en mecánica, con capacidad de aprendizaje, ya que se utilizara nueva tecnología en el proceso de criogenia.	El perfil profesional debe tener la capacidad de poder generar un mantenimiento preventivo a las máquinas y la capacidad de reaccionar a cualquier problema operativo de la operación.
4 MEDIO AMBIENTE	Ubicación de planta de producción	El lugar más adecuado para poder la planta de reciclaje, se aconseja que es necesario hacer un estudio de los modelos utilizados para crear una planta a la menor distancia de mis proveedores para así optimizar el proceso de transporte.	Las instalaciones deben contar con los sistemas de seguridad necesarios para el manejo de altos voltajes, materiales inflamables y el uso de nitrógeno líquido. Se requiere capacitación constante de manejo adecuado de estos insumos.
5 MATERIA PRIMA	Llantas usadas	La materia prima, son las llantas usadas en etapa de pos consumo, se debe clasificar por tipos de llantas para validar que el proceso no genere cambios de calidad en el resultado del polvo de la llantas como ejemplo solo llantas de vehículos particulares.	Se debe generar un proceso de validación y clasificación de las llantas que llegan como MP para el proceso e molienda

Fuente elaboración propia 2018.

4.3.2 Configuración espacial física para las instalaciones fabriles de las llantas en estado de pos consumo bajo el método de criogenia

4.3.2.1 Diseño de la cadena de Logística

Al diseñar la cadena de logística del proceso de molienda de llantas en estado de pos consumo es necesario poder visualizar de forma correcta y determinar donde está ubicada la manufactura en la cadena logística de las transformación de llanta usadas en la ciudad de Bogotá para ver la

interacción de este proceso con el resto de participantes de la cadena logística y poder prevenir algún problema a futuro en el diseño de la planta.

Figura 10
Flujo de cadena logística

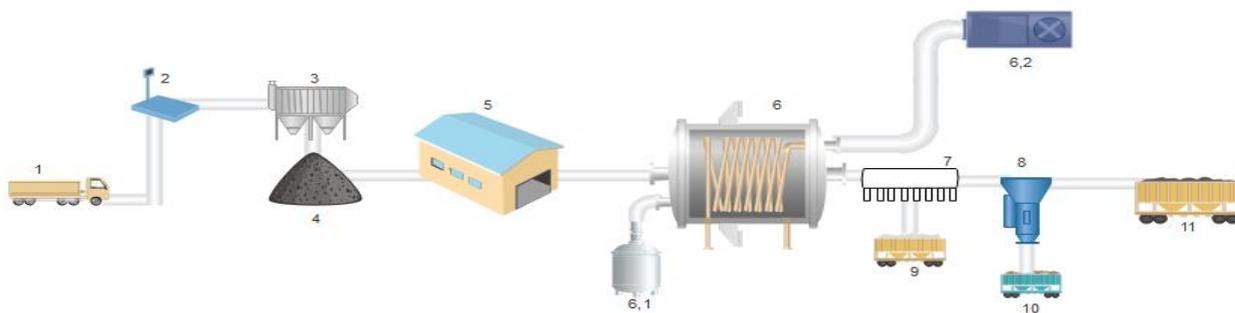


Fuente: elaboración propia uso de Software libre Edraw Max

4.3.3.2 Diseño de la cadena del proceso de criogenia de llantas en estado de pos consumo

En la siguiente figura encontramos el proceso de producción propuesto en el cual tenemos los participantes y requerimientos técnicos que puede tener la planta de producción y el flujo del proceso de manufactura, la interacción que tienen las máquinas y el resultado de cada etapa del proceso.

Figura 11
Flujo de proceso de producción criogénica de MRP propuesto



Fuente: elaboración propia uso de Software libre Edraw Max

1. Transporte de llantas a PR.
2. Validación de Material de ingreso.

3. Molienda mecánica.
4. GCR.
5. Almacenamiento de GCR.
6. Proceso de Criogenia para molienda de GCR.
 - 6.1. Tanque de N2.
 - 6.2 ventilación de proceso de molienda criogénica.
7. Banda Magnética - separación de impurezas.
8. Separador de fibras-separación de impurezas.
9. Metales – Material resultante.
10. Fibras de pelusa – Material resultante.
11. Polvo de llanta reprocesado– Material resultante.

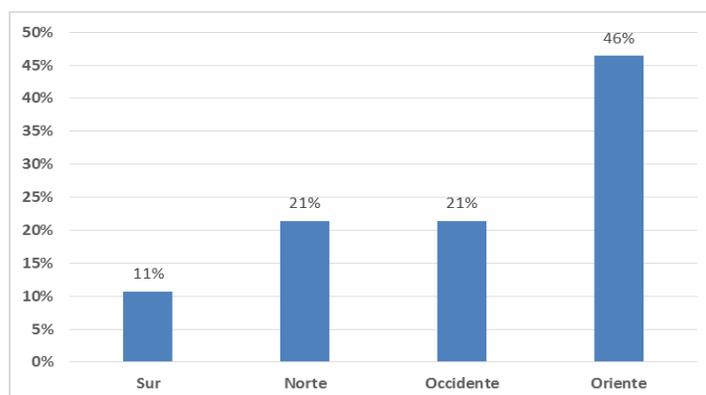
4.3.3 Ubicación de la planta de transformación de llantas en estado de pos consumo

En la ubicación de la planta de producción se debe tener en cuenta los requerimientos técnicos y Geográficos expuestos por la ley el Decreto N° 4066 del 2008 donde el ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial decreta las áreas y normatividades para la localización de plantas de producción, se puede aconsejar que en el momento de requerir ubicar geográficamente y es necesario generar un estudio de arte en temas legales (normativas y decretos) luego de esto proponer un modelos de geo localización de plantas para poder obtener el punto más económico y con ventajas competitivas frente a sus proveedores.

En la siguiente tabla se puede evidenciar la distribución de los 56 puntos de recolección de llantas en estado de pos consumo en la ciudad de Bogotá, ahora en anexo 2 tenemos el total de empresas nombre y dirección de estas en la ciudad de Bogotá para el 2017.

Figura 12

Gráfico de distribución de los puntos de recolección Bogotá.



Fuente elaboración propia 2018.

4.3.4 Ventajas y Desventajas del reciclaje de llantas por medio de criogenia.

En la siguiente tabla encontramos las ventajas y desventajas que representa tener molienda por medio de criogenia para las llantas en estado de pos consumo para la ciudad de Bogotá:

Tabla 19

Ventajas y desventajas del reciclaje por medio de criogenia

Ventajas			
Año	Nombre	Autor	Descripción
2018	Cryogenic Recycling and Processing.	Norman. R Braton.	Procesos ambientales sostenibles.
			No tiene posibilidad de contaminación.
			Tiempo de ciclo muy reducido.
2017	Comparación del rendimiento energético entre la molienda mecánica y la molienda criogénica aplicada a los neumáticos fuera de uso (NFU).	Sebastián Saavedra Cristancho Juan Guilombo Cruz.	Eficiencia en el proceso, dos veces más que la molienda mecánica.
			Menos energía requerida.
2015	Cryogenic Grinding.	Nibgthoujam Manda.	Partículas más pequeñas.
			Más uniformidad en las partículas para la distribución.
			Mínimiza la pérdida volatilidad del material.
2011	Alternativas de reutilización y reciclaje de neumáticos en desuso.	Andrés Zarini.	Molienda no contaminante; recuperación de materiales que conforman los neumáticos fuera de uso.
Desventajas			
Año	Nombre	Autor	Descripción
2011	Alternativas de reutilización y reciclaje de neumáticos en desuso.	Andrés Zarini	Altos costos operacionales, mantenimiento y un alto costo y complejo proceso de instalación.

2017	Comparación del rendimiento energético entre la molienda mecánica y la molienda criogénica aplicada a los neumáticos fuera de uso (NFU).	Sebastián Saavedra Cristancho Juan Guilombo Cruz	Se requiere una cierta tecnología para la instalación de la plata de transformación e materiales.
------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: elaboración propia 2018.

4.3.5 Validación financiera del sistema productivo propuesto.

Según el modelo propuesto en la siguiente investigación, se validan los resultado y se valida la viabilidad de la ejecución del modelo en Colombia.

Modelo propuesto: Molienda Criogénica.

Criterio estadístico de valoración: Payback, Roi y Tir.

Hipótesis de propuesta: valores hipotéticos para demostrar la efectividad de lo propuesto, se aclara que los valores puestos en esta propuesta son pasados en su totalidad a USD para completar la tabla 20.

- Valor de la maquina 526.000 Usd FOB Anexo 2.
- \$638.500 Col precio por tonelada de MRP.
- Producción Max= 8 Toneladas/día x 6 días x 4 semanas x 12 meses = 2.304 Ton/Año en condiciones de 100% de eficiencia.
- Valor en ventas anuales= (\$638.500 Col/3000 Tc)*2.304 Ton/Año=\$490.560 Usd.
- Precio de llantas en estado de pos consumo= ((232 col Kr x 1.000)/ 3000 Tc) x 2.304 + Flete= \$213.811 Usd.
- Costos de mantenimiento= \$875 Usd mes x 12 meses: \$10.500 Usd x año.
- Publicidad = \$1.000 Usd x año.
- Gastos administrativos = 3 operarios (\$16.800 Usd x año) y 1 administrativo (\$12.000 Usd x año)=\$28.800 Usd x año.
- Cargos financieros, impuestos sobre la compra de llantas usadas = \$34.208 Usd x año.

- Otros (arriendos, servicios) = \$18.000 Usd x año.

Como resultado tenemos los siguientes datos Payback de 2,91 años para la recuperación de la inversión, con una tasa interna de retorno de 51% y un retorno sobre inversión de 30.32% demostrando así que en casi tres años sin tener ganancias se puede recuperar la inversión de la instalación de una máquina que pueda ejecutar el modelo de producción de molienda por medio de criogenia propuesto.

Tabla 20
Calculo de Payback, Tir, Roi.

CONCEPTO	Índice inflacionario		4,1%		Percepción impositiva		2,0%	
	1	2	3	Años 4	5	6	7	
INGRESO ANUAL ESTIMADO	\$ 490.560	\$ 490.560	\$ 490.560	\$ 490.560	\$ 490.560	\$ 490.560	\$ 490.560	
COSTOS OPERATIVOS								
Materia prima	\$ 213.811	\$ 213.811	\$ 213.811	\$ 213.811	\$ 213.811	\$ 213.811	\$ 213.811	
Costos directos de producción	\$ 10.500	\$ 10.500	\$ 10.500	\$ 10.500	\$ 10.500	\$ 10.500	\$ 10.500	
Publicidad y varios	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000	
Gastos administrativos	\$ 28.800	\$ 28.800	\$ 28.800	\$ 28.800	\$ 28.800	\$ 28.800	\$ 28.800	
Cargos financieros	\$ 34.209	\$ 34.209	\$ 34.209	\$ 34.209	\$ 34.209	\$ 34.209	\$ 34.209	
Otros...	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	
TOTAL COSTOS OPERATIVOS	\$ 306.320	\$ 306.320	\$ 306.320	\$ 306.320	\$ 306.320	\$ 306.320	\$ 306.320	
GANANCIA BRUTA	\$ 184.240	\$ 184.240	\$ 184.240	\$ 184.240	\$ 184.240	\$ 184.240	\$ 184.240	
Menos: Depreciación del Capital	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	
Ganancia sin retenciones	\$ 162.727	\$ 162.727	\$ 162.727	\$ 162.727	\$ 162.727	\$ 162.727	\$ 162.727	
Menos: impuestos	\$ 3.255	\$ 3.255	\$ 3.255	\$ 3.255	\$ 3.255	\$ 3.255	\$ 3.255	
GANANCIA NETA	\$ 159.472	\$ 159.472	\$ 159.472	\$ 159.472	\$ 159.472	\$ 159.472	\$ 159.472	
Mas: depreciación del capital invertido	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	\$ 21.513	
Menos: capital de inversión	\$ 526.000							
FLUJO NETO DE CAJA	-\$ 345.015	\$ 180.985	\$ 180.985	\$ 180.985	\$ 180.985	\$ 180.985	\$ 180.985	
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-\$ 345.015	-\$ 164.029	\$ 16.956	\$ 197.942	\$ 378.927	\$ 559.913	\$ 740.898	

PERIODO DE PAYBACK	2,91 AÑO(s)	La inversión se recupera en 2,91 años
TIR	51%	Tasa interna de Retorno
ROI	30,32%	Retorno Sobre inversión

Fuente: (cecilia@planillaexcel.com)

Se Elige calcular el PayBack como una de las posibles forma de poder determinar el tiempo de retorno de la inversión basado en que la investigación no tiene como objetivo el desarrollar el proyecto sin embargo si plantea un solución óptima para el problema propuesto y demuestra de esta forma que puede llegar a ser rentable en un periodo X de tiempo , ahora el método payback es uno de los más simples de utilizar y de forma muy

sencilla puede dar viabilidad financiera a un proyecto si llegase a ser necesario para la puesta en marcha.

Fórmulas para hallar el PayBack:

$$\text{Periodo ultimo con flujo acumulado negativo} = \frac{\text{Valor Absoluto del ultimo flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del Flujo de caja en el siguiente periodo}}$$

Fórmula para hallar el Roi:

$$\frac{\text{Ingresos Generados} - \text{Inversion realizada}}{\text{Inversion realizada}} \times 100$$

Fórmula para hallar el Tir:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

n= número de periodos considerados.

Qn=flujo de caja en el periodo n.

i=valor de la inversión inicial.

CONCLUSIONES

La investigación conlleva y según los estudios realizados sobre el uso de un nuevo modelo de molienda de llantas usadas en estado de pos consumo para Bogotá es viable al presentar una propuesta que puede contribuir con un promedio del 30 % de las llantas que están siendo acumuladas de forma inadecuada para la ciudad., siendo este proceso un modelos de destrucción que puede ser fuente de producción industrial y ventaja competitiva para el país.

En el documento se pudo caracterizar los factores que afectan un nuevo modelo de producción para la molienda de llantas usadas en la ciudad, haciendo una revisión minuciosa de los procesos usados en la ciudad y el impacto que estos tienen y la efectividad de cada uno tiene para las llantas en estado de pos consumo .

Se contrasta los modelos utilizados versus el modelo propuesto y por medio de análisis estadístico se generan unas brechas que muestran las ventajas y desventajas que este proyecto puede traer, luego se validan los precios de venta de GCR vs MRP dando como resultado que es de menor valor y este resultado desmiente el resultado esperado en la investigación, sin embargo muestra que puede ser una ventaja competitiva para la venta de MRP, porque al ser un material con menor valor y mayor impacto positivo en el uso de distintos usos productivos puede tener mayor acogida en el mercado.

Se presenta un proceso para ser implementado en la ciudad de Bogotá y como resultado podemos obtener este documento en el cual está documentado un modelo de producción de molienda de llantas por medio del uso de criogenia, arrojando como resultado MPR que es una materia prima ideal para nuevos proceso de producción en diferentes sectores.

Según el contraste reflejado se afirma que la ciudad no tiene proceso de molienda que usen la criogenia como instrumento de transformación de llantas usadas en estado de pos consumo, comprobando que es un modelo que genera una transformación en los modelos que viene utilizando la ciudad y se brinda una propuesta que puede generar todo un desarrollo de este material para otros materiales que requieran molienda para Bogotá, finalizando se ve que se cumple con lo propuesto al demostrar que el proceso de producción de molienda puede ser fuente de desarrollo cumpliendo los lineamientos de Green Logistic para la ciudad y así portando mejoras ambientales en los procesos de producción para el manejo de estos residuos para la ciudad.

A nivel profesional el proceso de enriquecimiento en la formación al realizar un trabajo de esta magnitud y profundidad, permite conocer nuevos campos de aplicación profesional, nuevos mercados profesionales y de bienes o servicios, permite alcanzar otro tipo de metas como el hacer un trabajo de investigación con propósito de aporte a la ciudad, a la sociedad y al campo de la logística, objeto de la formación profesional lograda. Ahora se presenta el reto de hacer realidad varios aspectos profesionales, pero de cumplir cabalmente la meta de entrega satisfactoria y defensa ante el jurado de este trabajo realizado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para la implementación de este proceso de producción un espacio en el cual se pueda tener un control de todos sus materiales y generar el menor impacto, puede ser fuera de la ciudad de Bogotá en bodegas, dado que la materia prima es almacenada en el GCR y no se requiere espacio al aire libre, además por el fuerte nivel de contaminación que irradia de tipo olfativo y de exposición de partículas contaminantes al medio ambiente.

Se recomienda al momento de evaluar la creación de una planta de producción, estas máquinas que vienen con una garantía de fábrica de máx. 10 años de uso y poder tener la posibilidad de mirar nuevas tecnologías para afrontar estos desperdicios después de este tiempo

Se recomienda este modelo como una propuesta para el desarrollo de nuevas investigaciones que sobre procesos de molienda ya que puede ser validado para otros materiales como los son plásticos y minerales.

Se recomienda a los entes gubernamentales explorar modelos de destrucción para los materiales vistos, ya que es un problema ambiental que presenta grandes efectos sociales y de salubridad, para poder ser fuente de desarrollo en la implementación de nuevas tecnologías en la ciudad de Bogotá.

Se recomienda tener como base esta investigación en la creación de plantas de molienda por medio de criogenia al contener desarrollada una propuesta y flujo económico como posible solución al problema tratado.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed Belgacem*, M. B. (2013). Characterization, Analysis and Comparison of Activated Carbons Issued from the Cryogenic and Ambient Grinding of Used Tyres . *chemical engineering transactions*, 1705/1710.
- Alcaldía Mayor De Bogotá. (29 de 06 de 2016). Modificación del Decreto Distrital 442 de 2015. *decreto 265 de 2016*. Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (26 de 01 de 2016). *www.ambientebogota.gov.co*. Obtenido de *www.secretariadelmedioambiente.gov.co*: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/alertas/llantas-usadas-en-bogota-dejan-de-ser-problema-y-ahora-son-parte-de-la-solucion>
- Ambientum. (3 de 12 de 2008). *El portal profesional del medio ambiente* . Obtenido de <http://www.ambientum.com/#>: <http://www.ambientum.com/boletino/noticias/Un-nuevo-sistema-de-reciclaje-de-neumaticos-mediante-termolisis-evita-las-emisiones-a-la-atmosfera.asp>
- Andrea Corti, L. L. (2004). End life tyres: Alternative final disposal processes compared by LCA. *Energy*, 2089-2108.
- Angeles Gil, M. A. (03 de 10 de 2017). *Propuesta de una metodología de Lean Logistics para ser aplicada en los procesos de operadores logísticos en cadenas de suministros en Colombia*. Obtenido de Universidad de la Sabana : <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/31537>
- Argos. (11 de 04 de 2016). <https://www.argos.co/noticias>. Obtenido de <https://www.argos.co/noticias/se-acaba-el-problema-de-las-llantas-usadas-en-bogota>
- Argos, C. (2016). *Nueva planta de Rioclaro*. Bogotá : Comunicado de alianza con el Distrito.
- Argos, J. d. (24 de 01 de 2017). *blog 360° en concreto*. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/asi-funciona-coprocesamiento-llantas/>
- B Adhikari, D. D. (2000). Reclamation and recycling of waste rubber. *Progress in Polymer Science*, 909-948.
- B. Adhikari*, D. D. (2000). Reclamation and recycling of waste rubber. *Progress in Polymer Science*, 909-948.
- Balas, M. S.-L. (2012). Progress in used tyres management in the European Union: A review. *Waste Management*, 1742-1751.
- Calderón, L. á., ocampo, e. m., & echeverry, m. g. (2012). diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica. *ciencia e ingeniería neogranadina*, 153-177.

- cecilia@planillaexcel.com. (s.f.). *www.planillaexcel.com*. Obtenido de <https://www.planillaexcel.com/planilla-de-excel-de-periodo-de-repago-payback>
- Chunguang, Q., Xiaojuan, C., Kexi, W., & Pan, P. (2008). Research on Green Logistics and Sustainable Development . *IEEE*, 162-165.
- Conpes 3874, C. (21 de 11 de 2016). *Consejo nacional de política economica y social*. Obtenido de www.andi.com.co:
<http://www.andi.com.co/Ambiental/SiteAssets/Paginas/default/CONPES%203874.pdf>
- Consulting, W. T. (1999). <https://weibold.com/about/>. Obtenido de <https://weibold.com/>
- Dale S. Rogers, D. M.-D. (2002). The Returns Managment Process. *The International Journal of Logistics Management*, 1-18.
- Decreto 113, A. M. (20 de 03 de 2013). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=52363>
- Decreto 265, A. M. (29 de 06 de 2016). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de www.andi.com.co:
<http://www.andi.com.co/Ambiental/SiteAssets/Paginas/default/DECRETO%20265%20DE%202016-Llantas%20Usadas.pdf>
- Decreto 312, A. M. (15 de 08 de 2006). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21059>
- Decreto 349, A. M. (27 de 08 de 2014). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59277>
- Decreto 359, A. M. (22 de 10 de 2008). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=33265>
- Decreto 442, A. A. (09 de 11 de 2015). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=63644>
- Decreto 456, A. M. (27 de 10 de 2010). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40643>
- Decreto 612, A. M. (28 de 12 de 2007). *Alcalde Mayor de Bogota*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=28148>

- Decreto 620, A. M. (28 de 12 de 2007). *Alcalde Mayor de Bogota* . Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co>:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=28150>
- Dehghanian, F., & Mansour., S. (2009). Designing sustainable recovery network of end-of-life products using genetic algorithm. *Resources, Conservation and Recycling*, 559-570.
- Dekker, R. F. (2004). *Reverse logistics: Quantitative models for closed-loop supply chains*.
- Departamento nacional de planeacion Compes. (Noviembre 2016). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*. Bogota: Documento Compes.
- Direccion de Transporte Conae. (s.f.). Manual de informacio y , tecnicas de neumaticos.
- Eduardo, C. O., José, C. C., & Camilo, C. D. (2017). Diseño de un modelo matemático de logística inversa para la gestión del manejo de llantas usadas. *Universidad Autónoma de Occidente*.
- Empresa nacional de reciclagem de pneus, I. (s.f.). www.recipneu.com/. Obtenido de <http://www.recipneu.com/>
- Govindan, K. S. (2014). Reverse Logistics and Closed-Loop Supply Chain: A Comprehensive Review to Explore the Future. *European Journal of Operational Research*, 603-626.
- Guide, V. V. (2002). *The Reverse Supply Chain*. *Harv. Bus*, 25-26.
- inc, r. c. (2017). *rticryocanada*. Obtenido de <https://www.rticryocanada.com/>:
<http://www.rticryocanada.com/technologies/>
- J. Norambuena-Contreras, E. S.-R.-T.-M. (2017). Experimental evaluation of mechanical and thermal properties of. *Journal of Cleaner Production*, 85-97.
- Jayaramana, V., Patterson, R. A., & Rolland., E. (2003). The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. *European Journal of Operational Research*, 128-149.
- Jiuh-Biing Sheu, Y.-H. C.-C. (2005). An integrated logistics operational model for green-supply chain management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 287-313.
- Johansson, G., & Sundin, E. (15 de diciembre de 2014). Lean and green product development: two sides of the same coin? *Journal of Cleaner Production*, 104-121.
- Khan Syed, Qianli, D., Yu, Z., & Shahid, K. S. (2008). Research on the Development of a Sustainable Green Logistics System from the Perspective of Pakistan. *International Journal of Economic Behavior and Organization*, 209-210.

- LLC, g. e. (s.f.). *www.green-earth-recycling.com/*. Obtenido de <http://green-earth-recycling.com/>
- Luttwak, E. (1971). *Dictionary of Modern War*. Harper & Row. *New York, N.Y.*
- Marian, R. G., & Inés, P. M. (2016). Estrategias de Logística inversa que permitan la reutilización de llantas usadas. *Universidad Rosario de Colombia*.
- Median Maldonado Carol Andrea, V. R. (01 de 03 de 2016). *Factores relevantes en la intención de compra de vehículos del segmento Premium en Bogotá*. Bogota: CESA. Obtenido de Magister en Dirección de Marketing-CESA: <http://repository.cesa.edu.co/handle/10726/1092>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo, . (2012). *Diagnostico nacional de salud ambiental*. Bogota: Minambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente sostenible. (06 de 07 de 2017). *minambiente.gov.co*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d9-res%201326%20de%202017.pdf>
- Murcia Correa, J. C., & Romero Mendoza, A. R. (2016). *Diseño de un sistema primario en el proceso de trituración de llantas usadas desalambradas*. Bogota: Fundación Universidad de América.
- Murphy, P. R., & Poist, R. F. (2003). Green perspectives and practices: a “comparative logistics” study. *MCB UP Ltd*, 122-131.
- Perez, L. F., Ariño, S. J., & Games, M. G. (2015). *Diseño físico del sistema de producción y operaciones enfocado en el aprovechamiento de llantas usadas para la obtención de grano de caucho reciclado (GCR)*. Bogota: Universidad Sergio Arboleda.
- Ping, L. (2016). Strategy of Green Logistics and Sustainable Development . *Automation Science and Engineering IEEE Transactions* , 1471-1479.
- Programa de las las Naciones Unidas para el Desarrollo, P. (s.f.). *Diagnostico ambiental sobre el manejo actual de las llantas y neumaticos usados generados por el parque automotor en Bogota*. Bogota: PNUD Colombia.
- Ramírez, M. A., & Diego Fernando Hernández Losada, P. (2014). Logística inversa en ciudades, las redes de recolección de artículos en pos-consumo. *LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*.
- Recycling, L. T. (s.f.). *Liberty Tire Recycling*. Obtenido de <https://libertytire.com/about-us/>: <https://libertytire.com>
- Resolucion N° 1457 (29 de 07 de 2010).
- Resolucion N°1326 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 06 de 07 de 2017).

- Rolando Andrés Acosta, S. J.-M. (2013). *ESTUDIO PRELIMINAR DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE Y CARBÓN MEDIANTE PIRÓLISIS INTERMEDIA DE CAUCHO DE LLANTAS USADAS*. Santander: Universidad Industrial de Santander.
- Rubio, A. C. (2008). Characteristics of the research on reverse. *International Journal of Production Research.*, 1099-1120.
- Rues. (21 de 11 de 2017). Registro Unico Empresarial y Social. Colombia.
- Schultmanna, F., Zumkeller, M., & OttoRantz. (2006). Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. *European Journal of Operational Research*, 1033-1050.
- Solanilla, I. J. (4 de 8 de 2005). <http://www.construdata.com>. Obtenido de <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/E/equipopropioalquilado2/equipopropioalquilado2.asp>
- Technologies, L. (11 de 04 de 2013). <http://www.lehightechnologies.com/>. Obtenido de <https://www.fwrpg.org/doc/Lehigh%20Tech%20for%20FT%20Rubber%20Division%20Meeting.pdf>
- Villamizar, A. M. (05 de 2014). Evaluación del conocimiento y cumplimiento de la resolución 1457/2010. *Evaluación del conocimiento y cumplimiento de la resolución 1457/2010*. Bogota: Repositorio institucional Universidad Javeriana.
- X.Colom1*, J. S. (2017). Procesado y caracterización de nuevos materiales elastoméricos Estireno-Butadieno mezclados con neumáticos fuera de uso (GTR) desvulcanizados mediante microondas. . *Revistes Catalanes amb Accés Obert (RACO)*, Vol 74, No 577 .
- Y.Ljungberg, L. (2007). Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials & Design*, 466-479.

Anexos

Anexo 1

ANEXO III. TABLAS DE REPORTE DE INFORMACIÓN

Tabla 1. Relación de la cantidad de llantas usadas recolectadas y gestionadas (CRR).

Número o código del certificado de gestión expedida por el gestor ⁽¹⁾	Origen del residuo ⁽²⁾	Nombre del gestor ⁽³⁾	Número de llantas usadas entregadas al Gestor ⁽⁴⁾	Cantidad en kilogramos entregada al Gestor ⁽⁵⁾	Tipo de Gestión (proceso) ⁽⁶⁾	En Colombia o en el exterior ⁽⁷⁾	Cantidad gestionada (número de llantas y peso en kilogramos) ⁽⁸⁾
Certificado 1							
Certificado 2							
Certificado n							
Valores totales							
Medios de verificación:							
⁽¹⁾ Hace referencia al número del certificado que expide el gestor.							
⁽²⁾ Hace referencia al productor de llantas usadas.							
⁽³⁾ Hace referencia a la empresa o instalación que realiza la gestión del residuo.							
⁽⁴⁾ Hace referencia al número de llantas usadas entregadas al gestor.							
⁽⁵⁾ Hace referencia a la cantidad en peso de las entregadas al gestor.							
⁽⁶⁾ Hace referencia a la actividad desarrollada en Colombia o en el exterior por el gestor (ej. reencauche, reciclaje, valorización energética, etc.).							
⁽⁷⁾ Hace referencia a informar si la gestión es realizada en Colombia o en el exterior (soportado a través de copia de la declaración de exportación y certificación de destino donde conste el tipo de aprovechamiento y quien lo realiza).							
⁽⁸⁾ Hace referencia a la cantidad en número de llantas y peso de las llantas gestionadas por el gestor.							

Tabla 2. Base de Cálculo de Recolección y Gestión Ambiental (BCR)

Parámetro	Año	No. total de llantas fabricadas en Colombia (A)	No. total de llantas importadas (B)	No. total de llantas exportadas (C)	Cantidad total introducida en el mercado nacional en Kilogramos (E = A+B-C)
Año de evaluación	2017				E ₁
Primer año inmediatamente anterior al año de evaluación	2016				E ₂
Segundo año inmediatamente anterior al año de evaluación	2015				E ₃
BCR = (E ₂ +E ₃)/2					

Anexo 2

Ciudad	Nombre del Establecimiento	Dirección en la Ciudad
Bogotá	Oil Filter'S	Calle 17 # 103 A - 02
Bogotá	La Rueda S.A - Fontibón	Calle 17 # 120 - 60
Bogotá	Full Cars Service	Calle 171 # 20 A - 08
Bogotá	Comercializadora Internacional De Llantas Sa - Sótano Éxito	Calle 175 No. 22 - 13 Sótano Éxito De La 170
Bogotá	Tecnicentro Santa Mónica	Calle 185 N 45 03 Centro Comercial Santa Fe
Bogotá	Multillantas La Sabana	Calle 195 # 20 - 95
Bogotá	El Mundo De Las Llantas Y Los Rines	Calle 195 # 41 - 35 Entrada 6 - 113 Centro Comercial Puerto Norte
Bogotá	Inversiones Cadena Ballesteros (Autospeed)	Calle 22c # 68 D - 20
Bogotá	Reencauchadora Del Sur E.U.	Calle 29 A Sur N° 29c - 52
Bogotá	Servisexta (Grupo Guerrero G.)	Calle 3 # 19 A - 16 B. Eduardo Santos
Bogotá	Distribuidores De Llantas Canuma	Calle 35 Sur # 72 - 21
Bogotá	Inversiones Mvr - Petrobras 45	Calle 45 # 16 - 40
Bogotá	Energiteca 56 - 7 De Agosto	Calle 63f # 26 - 49
Bogotá	Hyundaautos Sas	Calle 67 # 28 B 20
Bogotá	Oil Filter'S	Calle 68 # 28 B - 03
Bogotá	Alena S.A.S. Tire Market	Calle 72 # 20 B 36
Bogotá	Inversiones Aesa S.A.S.	Calle 72 # 21 - 14
Bogotá	Inversiones Aesa S.A.S.	Calle 72 # 21 - 14
Bogotá	Tyre Plus Colombia	Calle 72 # 26 - 28
Bogotá	Energiteca L8 - Avenida Chile	Calle 72 # 31 - 28
Bogotá	Compañía Promotora Nueva Gran América S.A.S	Calle 76 # 20b - 24 Oficina 301
Bogotá	Todo frenos Camilo Pedraza Ltda.	Calle 76 # 23 - 38
Bogotá	Llantas Y Rines El Caminante	Calle 8 # 22 - 26
Bogotá	Rines Y Llantas Ag	Calle 8 # 23 - 14
Bogotá	Solo Rines Y Llantas	Calle 8 # 23 - 25
Bogotá	Autolago Express (Jose Vicente Uruña Y Cia Ltda,	Calle 80 # 20 - 19/Avenida
Bogotá	Comercializadora Distribuidora R Y R Ltda.	Calle 97 A N° 58 - 44 Barrio Rio Negro
Bogotá	Autolago Express (Jose Vicente Uruña Y Cia Ltda,	Caracas # 17 A - 44 Sur
Bogotá	La Rueda Calle 80	Carrefour Calle 80
Bogotá	Tecnicentro Columbia 2 (Tediscol)	Carrera 10 # 8 A - 28 Sur
Bogotá	Lubrillantas El Dorado Sa	Carrera 100 # 24 F - 04
Bogotá	Reencauchadora Del Sur E.U.	Carrera 129 # 15 A - 86
Bogotá	Reencauchadora Reensur S.A.S.	Carrera 129 # 15 A 86 Fontibón
Bogotá	Llantas Bogota Ltda	Carrera 16 # 61 A - 48
Bogotá	Tecnirines La 17	Carrera 17 # 68 - 81
Bogotá	Inversiones Aesa S.A.S.	Carrera 20 # 74 - 07
Bogotá	Llantas Y Servicios Los Héroes	Carrera 20 B # 76 - 79
Bogotá	Comercializadora Toto Tire Sas	Carrera 23 # 7 - 37
Bogotá	Almacén La Llanta Ltda.	Carrera 23 # 7 - 52
Bogotá	Autos Mongui Sas	Carrera 23 # 8 - 62
Bogotá	Autofax Norte	Carrera 24 # 70 - 19 Alcázares
Bogotá	Tire Depot	Carrera 29 B # 65 - 54
Bogotá	Energiteca 25 - Paloquemao	Carrera 30 # 15 - 82 (1179 - 1180)
Bogotá	La Rueda - Paloquemao	Carrera 32 # 18 - 10
Bogotá	Master S.A.	Carrera 33 # 13 - 35
Bogotá	Autorines Y Llantas Ltda. (2 Ptos)	Carrera 38 # 6 - 25
Bogotá	Inversiones Cadena Ballesteros (Autospeed)	Carrera 50 # 18 A - 15
Bogotá	Inversiones Leardi S.A. (Ardillantas)	Carrera 52 # 29 - 29 Sur B. Alcalá
Bogotá	Éxito Calle 80 - Serviteca	Carrera 59 A No. 79 - 30 Sótano Éxito Calle 80
Bogotá	Home Center Calle 80	Carrera 68 D # 80 - 70
Bogotá	Guerreros 161 (Grupo Guerrero G.)	Carrera 7b # 161 - 11
Bogotá	Autofax Sur	Carrera 84 # 11 B - 57 Valladolid
Bogotá	La Rueda - Hayuelos	Carrera 86 # 26 - 50 Jumbo Hayuelos Sótano
Bogotá	Italiana De Llantas S En C.	Cl 72 # 56 B - 05 Barrio San Fernando
Bogotá	Tire Depot	Diagonal 15 # 25 - 35
Bogotá	Llantas Y Rines El Boyaco	Diagonal Séptima # 38 - 37

Anexo 3

Quotation Introduction

Items	TSP-1000 Tire Recycling System
Quotation :.	USD526000.00
Delivery term:	FOB SHANGHAI
Delivery time:	3-4 months after receiving down payment
Payment terms:	30% down payment,10% every month after Shredwell present production report;Balance payment before shipment after clients make inspection in our factory.
Package:	N/A

EMAIL: brian@shredwell-recycling.com

TEL: +86-18674058672

ShredWell Recycling, China