

DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LLANTAS.
UNA APLICACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL EN BOGOTÁ D.C.

CRISTIAN FELIPE LARA CRISTANCHO
SANTIAGO ANDRES ROMERO SILVA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2018

DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LLANTAS. UNA
APLICACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL EN BOGOTÁ D.C.

CRISTIAN FELIPE LARA CRISTANCHO
SANTIAGO ANDRES ROMERO SILVA

Proyecto integral de grado para optar por el título
INGENIERO INDUSTRIAL

Orientador

MÓNICA YINETTE SUAREZ SERRANO

Ingeniera Industrial

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO 1

JURADO 2

JURADO 3

Bogotá, D.C. Febrero de 2018.

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario general

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director de Investigaciones

Dr. ARMANDO FERNÁNDEZ CÁRDENAS

Director Programa Ingeniería Industrial

Dr. JORGE EMILIO GUTIÉRREZ CANCINO

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A mi familia, porque sin su educación y consejos no sería la persona que soy hoy en día, además de ser lo más importante para mí.

Cristian Felipe Lara Cristancho

A mis padres y hermano, por su apoyo incondicional y permitir la culminación de esta etapa en mi vida.

Santiago Andres Romero Silva.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios y a nuestras familias, pues sin el apoyo y acompañamiento en los momentos más difíciles, no hubiera podido seguir adelante, igualmente quiero agradecer a la ingeniera Mónica Suarez, por su acompañamiento y conocimiento brindado durante el transcurso del proyecto, finalmente agradecemos a todos aquellos docentes que estuvieron presentes a lo largo de la carrera por su acompañamiento en mi formación como profesionales.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. APROXIMACIÓN AL ESTADO DEL ARTE DE LA GESTIÓN DE RETORNOS LLANTAS EN BOGOTÁ	19
1.1 MARCO CONCEPTUAL	19
1.1.1 Logística	19
1.1.2 Logística Inversa	19
1.1.3 Logística Verde	20
1.1.4 Administración de la Cadena de Suministro Verde	21
1.1.5 Economía Circular	22
1.1.6 Modelo logístico	23
1.1.7 Metabolismo Urbano	23
1.1.8 Ecología Industrial	23
1.2 MARCO TEORICO	25
1.2.1 Llanta	25
1.2.2 Tipos de llantas	26
1.2.3 Clases de llantas	26
1.2.4 Composición de las llantas	26
1.2.5 Ciclo de Vida de las llantas	27
1.2.6 Problemática ambiental de las llantas	28
1.2.7 Gestión de residuos sólidos	29
1.2.8 Gestión de residuos sólidos en Colombia	30
1.2.9 Gestión de residuos Sólidos y llantas en Bogotá	31
1.2.10 Construcción de un modelo de logística inversa	34
1.2.11 Direcciones de la Logística Inversa	35
1.2.12 Diferencias, ventajas y dificultades de la logística inversa	36
1.2.13 Actividades de la Logística Inversa	39
1.2.14 Factores claves de éxito en el proceso de Logística Inversa	40
1.2.15 Modelo de Alineamiento Inverso	41
1.2.16 Prácticas de la Logística Inversa.	42
1.2.17 Impacto Social, Construcción de viviendas de interés social en Bogotá D.C.	45
1.2.18 Usos de material de las llantas en construcción.	47
1.3 MARCO LEGAL	51
1.4 MARCO HISTORICO	58
1.4.1 Cesvi Colombia	60
1.5 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS CON LLANTAS	61
1.6 REVISIÓN DE CASOS DE EXPERIENCIA	61
1.6.1 Diseño de un proceso logístico reversivo de llantas usadas en la ciudad de Pereira año 2012	61
1.6.2 Estrategias de logística inversa que permitan la reutilización de llantas usadas	62

1.6.3 Proceso de logística inversa en la empresa ALIVAL S.A de Pereira	63
1.6.4 Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica	63
1.7 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES RELEVANTES.	64
2. DIAGNOSTICO DE LA GESTION DE RESIDUOS EN BOGOTA	67
2.1 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN FUENTES PRIMARIAS.	67
2.1.1 La Observación	67
2.1.2 Observación Participante	68
2.1.3 La Observación Estructurada	68
2.1.4 Encuesta	68
2.1.5 Entrevista Personal	68
2.1.6 Entrevista telefónica	68
2.1.7 Cuestionario Auto aplicado o por correo	69
2.1.8 Experimentación	69
2.2 MÉTODOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.	69
2.2.1 Hipótesis Dinámica	69
2.2.2 Aplicación a la Hipótesis Dinámica	71
2.2.2.1 Identificación del problema	71
2.2.2.2 Errores en la Gestión de retorno de llantas	71
2.2.3 Técnicas multicriterio (triangulo de Füller) para priorización de causales	82
2.2.4 Aplicación de las técnicas multicriterio	82
2.2.5 Herramientas de validación	94
2.2.5.1 Psicometría TRI (Teoría de Respuesta al Ítem)	94
2.2.5.2 Escala de Likert	94
2.3 RECOLECCION DE INFORMACION A TRAVES DE FUENTES DE INFORMACION PRIMARIA.	95
2.3.1 Método Delphi	96
2.3.2 Calculo número de expertos	97
2.3.3 Validación de datos	98
2.3.4 Trazabilidad de las preguntas	99
2.3.5 Análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas	100
3. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS, VARIABLES Y DINÁMICA PARA EL DISEÑO DE UN MODELO LOGÍSTICO INVERSO PARA LLANTAS COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN BOGOTÁ	115
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS, VARIABLES Y DINÁMICA	115
3.1.1 Caso Recycla	115
3.1.2 Guía de logística Inversa	116
3.1.3 Modelo logístico Tigo	116
3.2 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE MODELOS	117
3.2.1 Develping a theory of reverse logistics	118
3.2.2 Modelo and Applications	118

3.2.3 Perspectives in reverse Logistics	119
3.2.4 Modelo de logística Inversa planteado por STOCK	120
3.2.5 Resultados Parciales de la investigación	121
3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE MODELOS Y DE CASOS	122
3.4 CARACTERIZACIÓN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA.	125
4. DISEÑO DEL MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LLANTAS USADAS	127
4.1 DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA.	129
4.1.1 Modelo desagregado	131
4.1.2 Trazabilidad	136
4.2 OPERATIVIDAD DEL MODELO.	137
4.2.1 Elementos del modelo	137
4.2.2 Almacenamiento.	137
4.2.3 Gestión en los retornos	153
4.2.4 Transporte	156
4.2.5 Estimación Matemática para transportar neumáticos por medio de mínimo costo según las rutas establecidas	157
4.2.6 Identificación de nuevos mercados para el uso de las llantas usadas	164
5. CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE REUTILIZAR UNA LLANTA EN REEMPLAZO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES	166
5.1 BENEFICIO SOCIAL	166
5.2 BENEFICIO ECONÓMICO	167
5.2.1 Estimación de los costos mínimos necesarios para la aplicación del modelo.	167
5.3 BENEFICIO AMBIENTAL	176
6. CONCLUSIONES	180
7. RECOMENDACIONES	182
BIBLIOGRAFÍA	185
ANEXO	193

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Costeo de Fletes por Tonelada, SICE-TAC	143

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición de las llantas	27
Cuadro 2. Diferencias entre la Logística Tradicional, y la Logística Inversa	37
Cuadro 3. Ventajas y Dificultades de la Logística Inversa	38
Cuadro 4. Tipo de víctimas en la ciudad de Bogotá a enero de 2016	45
Cuadro 5. Esquema marco legal	51
Cuadro 6. Marco legal Construcción, y vivienda de interés social	55
Cuadro 7. Casos Identificados	64
Cuadro 8. Factores Identificados	65
Cuadro 9. Relación Caso Factor	65
Cuadro 10. Porcentaje de Incidencia de Factores	66
Cuadro 11. Roturas	80
Cuadro 12. Causas de los errores en la gestión de retornos de llantas	83
Cuadro 13. Criterios de evaluación	83
Cuadro 14. Criterios de evaluación	83
Cuadro 15. Triángulo de Füller	86
Cuadro 16. Matriz Rij	86
Cuadro 17. Matriz Modelo Objetivo	86
Cuadro 18. Matriz Modelo Subjetivo	87
Cuadro 19. Matriz Modelo SD	87
Cuadro 20. Matriz Rij con porcentajes para selección	88
Cuadro 21. Priorización de causas	88
Cuadro 22 Datos	89
Cuadro 23. Formato Matriz Vester	89
Cuadro 24. Grado de Afectación de los Problemas	90
Cuadro 25. Ejemplo de Matriz Vester	91
Cuadro 26. Categorización de intervalos	93
Cuadro 27. Priorización de causas	93
Cuadro 28. Expertos	98
Cuadro 29. Objetivos de las preguntas	99
Cuadro 30. Respuesta de la pregunta de tipo Abierta	102
Cuadro 31. Categorías previstas	103
Cuadro 32. Categorización y subcategorización	104
Cuadro 33. Respuesta de la pregunta de hipótesis (inducida)	107
Cuadro 34. Respuesta de la pregunta de tipo calificación	108
Cuadro 35. Respuesta de la pregunta de tipo selección múltiple	109
Cuadro 36. Escala de Likert equivalente a la técnica multicriterio	110
Cuadro 37. Análisis de convergencia	110
Cuadro 38. Respuestas de la pregunta de tipo de clasificación	113

Cuadro 39. Análisis modal	114
Cuadro 40. Agrupación de Elementos	122
Cuadro 41. Análisis de Casos de éxito	122
Cuadro 42. Análisis de los modelos encontrados	123
Cuadro 43. Análisis de las entrevistas	124
Cuadro 44. Matriz de convergencia	124
Cuadro 45. Convenciones	133
Cuadro 46. Residuos por Zonas	140
Cuadro 47. Identificación de centros de acopio	141
Cuadro 48. Generación actual de llantas usadas por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá por tipo de vehículo	144
Cuadro 49. Metas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas de vehículos, automóviles, camiones, camionetas, buses y tracto mulas	145
Cuadro 50. Estimación de llantas mensuales a recolectar	145
Cuadro 51. Capacidad Instalada Centro de Acopio	146
Cuadro 52. Toneladas de llantas Máxima a Acopiar	147
Cuadro 53. Información de ubicación en coordenadas.	148
Cuadro 54. Toneladas mensuales a recoger	156
Cuadro 55. Costos por trayecto	159
Cuadro 56. Distancia en kilómetros entre nodos	160
Cuadro 57. Costos por flete entre nodos	160
Cuadro 58. Solución Solver	162
Cuadro 59. Restricciones	162
Cuadro 60. Costo de transporte hacia Cesvi	163
Cuadro 61. Estimación de casas a construir	166
Cuadro 62. Nomina	168
Cuadro 63. Porcentaje de cesantías	169
Cuadro 64 Tipos de riesgos laborales	169
Cuadro 65. Costos	170
Cuadro 66. Precio de venta	172
Cuadro 67. Costo total	172
Cuadro 68. Ingresos	173
Cuadro 69. Utilidad	173
Cuadro 70. Presupuesto de vivienda de interés social	174
Cuadro 71. Presupuesto total	175
Cuadro 72. Presupuesto	175
Cuadro 73 Huella de carbono	177
Cuadro 74 Cálculo de emisiones gases de llantas	179

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Gestión de la Cadena de Suministro Verde	22
Figura 2. Interacciones propiciadas por la ecología industrial	25
Figura 3. Integración de la red de logística tradicional y la logística inversa	35
Figura 4. Esquema de alineamiento inverso	41
Figura 5. Los cuatro tipos genéricos de cadenas de abastecimiento	42
Figura 6. Diagrama de Flujo directo e inverso de un producto	44
Figura 7. Plano Cartesiano Matriz de Vester	91
Figura 8. Modelo Caso Recycla	115
Figura 9. Modelo de logística inversa para la recuperación de llantas	128
Figura 10. Modelo de logística inversa para la recuperación de llantas, con niveles de desagregación	132
Figura 11. Desagregación total del modelo	135
Figura 12. Identificación de los Centros de Acopio	139
Figura 13. Ruteo de transporte de llantas al centro de acopio principal cesvi	157

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Ciclo de vida de las llantas	27
Ilustración 2. Banca	47
Ilustración 3. Relleno de llantas con material Seleccionado	48
Ilustración 4. Vista frontal Apilado de las llantas de forma piramidal para darle estabilidad a la estructura	49
Ilustración 5. Sección Transversal	49
Ilustración 6. Especificaciones para construcción de muro	50
Ilustración 7. Contaminación y proliferación de plagas y mosquitos	73
Ilustración 8. Quemadas a Cielo Abierto	74
Ilustración 9. Contaminación Visual en las calles de Bogotá D.C.	75
Ilustración 10. Bodegas de acopio de llantas	77
Ilustración 11. Diagrama causal de los errores en la gestión de retornos de llantas	81
Ilustración 12. Conversor a coordenadas X,Y	148
Ilustración 13. Ingreso de Datos para simulación	148
Ilustración 14. Interacciones necesarias modelo de centro de gravedad	149
Ilustración 15. Coordenadas X Y de punto de localización	150
Ilustración 16. Análisis de SINUPOT en Centro de Acopio	151
Ilustración 17. Centro de acopio y puntos de recolección	152
Ilustración 18. Procedimiento Solver	161
Ilustración 19. Distancia hasta Cesvi	164
Ilustración 20. Solver maximización	173

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Rango para intervalos	88
Ecuación 2. Amplitud de intervalos	89
Ecuación 3. Numero de expertos	97
Ecuación 4. Centro de gravedad	141
Ecuación 5. Cantidad de retorno ingresado	154
Ecuación 6. Cantidad para muros	154
Ecuación 7. Cantidad de techos	155
Ecuación 8. Cantidad de relleno	155
Ecuación 9. Minimización de costos	158
Ecuación 10. Número de casas	166
Ecuación 11. Costo total	171
Ecuación 12. Ingresos	171
Ecuación 13. Maximización de utilidades	171

RESUMEN

La logística inversa como método de planificación, control e implementación tanto de flujo físico como de información y gestión de retornos de material, hace parte fundamental de esta investigación, es así como a partir, de la búsqueda de información, se realiza un análisis de la gestión de retornos de llantas la ciudad de Bogotá y los posibles usos de la llanta como material de construcción. identificando los elementos necesarios con los cuales, se procede a realizar un diagnóstico y análisis del mismo en donde se confrontan resultados de fuentes primarias y secundarias, con el objetivo de poder validarlas para poder identificar los elementos, variables y dinámica, para la construcción del modelo, dando así apertura a la descripción operativa del modelo, y finalmente se cuantifican los beneficios sociales, ambientales y económicos que se pueden presentar con la implementación del proyecto.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ciudad de Bogotá está presentando carencias frente a la gestión del manejo y disposición final de las llantas usadas (LU), ya que anualmente se están generando cerca de 2'500.000 (LU), de las cuales el 48% resulta en las calles ocasionando disminución del espacio público, proliferación de plagas y daños ambientales propiciados por la emisión de gases en su descomposición.

Una vez se ha identificado el problema, se propone como factible solución, la realización del diseño de un modelo de logística inversa, cuya aplicabilidad este enfocada a disminuir los impactos ambientales y a su vez generar un aprovechamiento para el producto en cuestión, considerando el despliegue logístico para recolectar las llantas y posteriormente abastecer a las entidades encargadas de la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Bogotá.

Para la correcta elaboración del modelo, se parte de los hallazgos obtenidos en la recolección de información, la identificación y priorización de causa, y la caracterización de los elementos variables y dinámica que se encuentran inmersos dentro de un modelo de logística inversa, considerando como parte fundamental la debida gestión de retornos que se presenta desde los consumidores finales, hacia las comercializadoras, productoras o los centros de acopio dispuestos en la ciudad.

Finalmente, se calculan los beneficios económicos que se pueden presentar con la implementación del modelo, teniendo en cuenta la capacidad del sistema a la cual estará sujeto este

1. APROXIMACIÓN AL ESTADO DEL ARTE DE LA GESTIÓN DE RETORNOS LLANTAS EN BOGOTÁ

1.1 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se realiza una conceptualización del vocabulario utilizado en la elaboración del trabajo, el cual resulta pertinente para la comprensión de la terminología con la que se desarrollará el presente trabajo. En consecuencia, fue necesario incluir conceptos propuestos por algunos autores, quienes han sido relevantes en el campo de la logística.

1.1.1 Logística. Para efectos y buen desarrollo del trabajo de investigación, se cree pertinente, tener en consideración el concepto otorgado por el Council of Supply Chain of Management Professionals (CSCMP), el cual define, la logística como sección de la gestión de la cadena de suministro la cual planifica, implementa y controla el flujo hacia adelante y hacia atrás y un almacenamiento eficiente y eficaz de servicios, bienes e información desde el punto de origen al punto de consumo del bien o servicio con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes¹.

Así mismo, se cuenta con una segunda definición que describe la logística como un proceso el cual planifica, gestiona y controla los flujos de materiales producto e información relacionados entre sí, y a su vez distingue procesos de aprovisionamiento, distribución y producción².

1.1.2 Logística Inversa. Según Mortiz Fleischman en el año 2000, uno de los pioneros en tratar el tema de logística reversa afirmó que es un proceso eficiente y efectivo en el cual se planifica, se practica y controla flujos en donde existe una recepción y a su vez se almacenan en dirección opuesta de la cadena de valor tradicional, con un propósito fundamental de recuperar valor o realizar una eliminación ambientalmente correcta y responsable³.

Posteriormente Rogers y Tibben-Lembke en el año 1998, dan su concepto referente a la logística inversa definiéndola como, la realización de manera eficiente en los procesos tanto de planificación, implementación y control, que se encuentran arraigados a los costos del flujo físico de las materias primas, productos en procesos, y producto terminado, junto con su almacenaje requerido, teniendo en cuenta la información relacionada, desde su lugar de consumo hacia su punto de inicio, cuyo propósito es recuperar valor al producto o realizar los procesos de eliminación de manera correcta⁴.

¹ Ignasi Ragàs Prat. Centros Logísticos. ES: Marge Books, 2012. p. 19

² SOLER, David. Diccionario De Logística (2a. Ed.). Marge Books, 2009. p. 1859788492442249

³ FLEISCHMANN, Mortiz, et al. A characterisation of logistics networks for product recovery. En: Omega. vol. 28, no. 6, p. 653-666

⁴ ROGERS, Dale S. y TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. Going Backwards & Reverse Logistics Trends and Practices. Reno, Nev: Reverse Logistics Executive Council, 1998. 9780967461908

Asimismo, Dekker y colegas en el 2003, reafirman que la logística inversa es la aplicación, planeación y el control que se tiene sobre el flujo físico de materias primas, insumos, productos en proceso y productos terminados sin dejar de considerar los niveles de inventarios, e igualmente, todos los flujos de información relacionados en los procesos desde el productor, distribuidor y/o consumidor, hacia el destino o centro de tratamiento para realizar su correcta recuperación o eliminación⁵.

Finalmente aparece el concepto otorgado por Monroy y Ahumada en el año 2006, en el cual expresan que la logística inversa hace referencia a todas las actividades tanto físicas como de gestión, las cuales apoyan los procesos de recolección de dichos productos, adecuación, transporte, y manejo, partiendo desde la culminación de los procesos de manufactura, pasando así por la distribución o centros de consumo, hasta el punto de recuperación o de disposición, el cual debe ser adecuado⁶.

Según los conceptos previamente mencionados es necesario ajustar una única definición de logística inversa, que se ajuste al objetivo del proyecto, por ello se tendrán en cuenta las definiciones otorgadas, por Rogers y Tibben-Lembke en 1998 y Dekker y colegas en el 2003:

La logística inversa comprende todos los procesos de planificación, implementación y control de los flujos de material (materias primas e insumos), productos semielaborados y terminados, junto con la cantidad de inventario y su tipo de almacenamiento, teniendo en cuenta los respectivos costos asociados , y el debido control de la información que se relaciona con los procesos, para así llevar el producto desde su punto de consumo final hasta el productor o centro de acopio (donde se inspecciona y clasifica el producto), con el fin de disponer de estos ya sea para generar la recuperación de valor o realizar la debida eliminación.

1.1.3 Logística Verde. Apoyándonos del concepto otorgado por el artículo “UNA REVISION DEL PROCESO DE LA LOGISTICA Y SU RELACION CON LA LOGISTICA VERDE”, el cual describe la logística verde como los procesos para minimizar y mitigar los impactos, tanto de la logística tradicional como de la inversa. La logística verde se destaca por el desarrollo de actividades a favor del medio ambiente, y a su vez persiguiendo los objetivos de reutilización, reciclaje, y

⁵ GONZÁLEZ ALCÁNTARA, Oscar J., et al. Logística Inversa: impacto ambiental y económico en la gestión de la cadena de suministro.

⁶ María Claudia Ahumada y Néstor Monroy. Logística Reversa: “Retos para la Ingeniería Industrial”. En: Revista De Ingeniería. May 1., no. 23, p. 23-33

reducción de materiales, energía y contaminación debido al transporte de sus productos⁷.

Por otro lado, la logística verde la definen Nava y Abreu en el año 2000, como el avance en la utilización de materiales en los procesos logísticos para estimular el desarrollo económico enfocándose tanto en las materias primas como en procesos de almacenamiento, y transporte que favorezcan al medio ambiente reuniendo estrategias de clientes, empresas y estados la cuales se implementen con ánimo de generar la iniciativa de un desarrollo sostenible⁸.

Finalmente, se puede ver a la logística verde, como todos los procesos enfocados a disminuir los impactos ambientales, identificando las materias primas, procesos de almacenamiento y de transporte, con el fin de generar un desarrollo económico a partir de ciertas estrategias que involucran a las empresas, clientes y hasta el mismo estado.

1.1.4 Administración de la Cadena de Suministro Verde. Al momento de generarse la necesidad de implementar alterativas ecológicas en la investigación y práctica de la cadena de suministro, se procede a analizar la literatura y se identifica que el marco de referencia para la gestión de la cadena de suministros no se está desarrollando adecuadamente, así mismo como sucede con los organismos reguladores de medidas creados para satisfacer las preocupaciones sociales y ecológicas, es ahí donde el GrSCM (Gestión de la Cadena de Suministro Verde) actúa como ayuda para todas las partes interesadas en el tema.

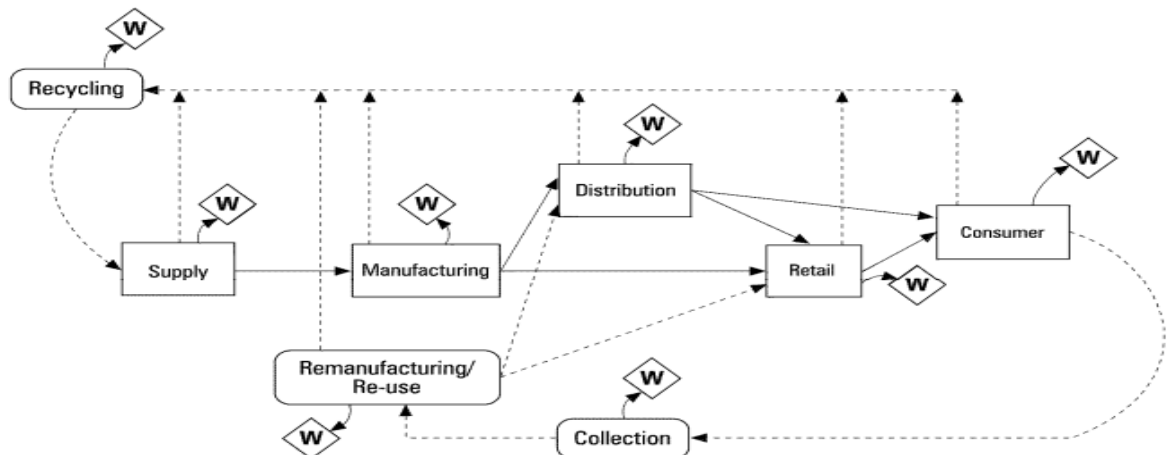
Sin embargo, no solo se trata del medio ambiente, ya que contiene un buen sentido comercial y mayores beneficios, de hecho, este es visto como un controlador de valor de negocio y no un centro de costos, además, las necesidades del consumidor y los requisitos reglamentarios piden la participación de GrSCM, ya que su alcance abarca el monitoreo proactivo de los programas de gestión ambiental hasta las practicas más proactivas implementados a través de las varias R (Reducir, Reutilizar, Reciclar, Recuperar, Re manufacturar, Reverse logística, etc.), donde no solamente se enfoca el interés para generar un proyecto con respecto a la producción y el cuidado del medio ambiente, sino también crear sentido de pertenencia y de solidaridad con los trabajadores que se encuentran ligados con la fabricación del producto, los desechos generados y la organización adecuada en la planta de producción.

⁷ REYES DE LEÓN, Vicente; GÁLVEZ CHOY, Jorge y ZABALA RIO, Daniel. UNA REVISIÓN DEL PROCESO DE LA LOGÍSTICA INVERSA Y SU RELACIÓN CON LA LOGÍSTICA VERDE. En: Revista Ingeniería Industrial. no. 3, p. 85-98

⁸ NAVA CHACIN, Juan Carlos y ABREU QUINTERO, Yoleida Josefina. Logística verde y Economía circular. En: Daena: International Journal of Good Conscience. Diciembre, p. 80-91

Estudios como los de Bloemhof-Ruwaard, Royy Whelan, Lippmann, resultan insuficientes pues, así como se observa en la Figura 1, una gestión de la cadena de suministro verde, en la cual se definen todas las facetas de GrSCM puesto que tienen un enfoque limitado, ya que gran parte del trabajo es empírico y no se centra en los problemas y practicas relacionados con el modelado y diseño de la red. El objetivo de GrSCM es presentar una visión integral sobre los aspectos y facetas adoptando un ángulo de logística inversa para facilitar el estudio, práctica e investigación⁹.

Figura 1. Gestión de la Cadena de Suministro Verde.



Fuente: Vinod N Sambrani y Naveen Pol. Green Supply Chain Management: A Literature Review. En: IUP Journal of Supply Chain Management. Dec 1,, vol. 13, no. 4, p. 6

1.1.5 Economía Circular. Se denomina como economía circular, aquella actividad que se enfoca en la prolongación de la utilidad de los productos o materias, a largo del tiempo, entendiendo los ciclos biológicos y técnicos, para así evitar el desgaste finito que se está desarrollando en la actualidad.

Esta economía abarca la mayoría de problemas y desafíos a los cuales las industrias se están enfrentando, por lo tanto, buscan contrarrestar la problemática presente, a partir de la generación de nuevas alternativas medio ambientalmente sostenibles, dando así una economía que integre los aportes sociales y tecnológicos, para que sea posible toda su transición¹⁰.

En pocas palabras la economía circular se enfoca en generar valor a los materiales que ya ha terminado su vida útil, a partir de la reutilización de estos materiales en

⁹ SRIVASTAVA, Samir K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. En: International Journal of Management Reviews. Mar. vol. 9, no. 1, p. 53-80

¹⁰ [Anónimo]Hacia Una Economía Circular: Motivos Económicos Para Una Transición Acelerada. b.

otros procesos o haciéndolos parte de otro producto, es decir darle el máximo de aprovechamiento al material, cuantas veces sea necesario.

1.1.6 Modelo logístico. Suarez define el modelo logístico como un sistema que puede explicar aquellas sinergias, presentadas en el mundo empírico, el cual muestra la realidad y sirve como patrón o guía de acción en la logística, en aquellos procesos dedicados a la planeación, control y aplicación de los flujos y almacenamientos de materias primas, productos en proceso, y productos elaborados, e igualmente manejar los flujos de información que están arraigado en los procesos previamente hablados, desde el lugar de origen hasta el consumidor final, para así llegar a satisfacer las necesidades de los clientes¹¹.

Finalmente, para el proyecto se apropia el concepto de modelo logístico propuesto por Mónica Suarez, en su publicación “MODELO LOGÍSTICO PARA EL APOYO A LA PERFORACIÓN OFFSHORE COMO UN APOORTE A LA INTERNACIONALIZACIÓN DEL SECTOR HIDROCARBUROS DE COLOMBIA”, ya que globaliza de gran manera la terminología de lo que se pretende llegar a conseguir con la realización de la investigación.

1.1.7 Metabolismo Urbano. El aporte conceptual realizado por Wolman en 1965, hace referencia al metabolismo urbano como los materiales o materias primas que son necesarios para las sociedades en su diario vivir, así mismo, Scott Cook en 1973, se refiere a este como el proceso en el cual todos los miembros que hacen parte de una sociedad, satisfacen sus necesidades y deseos a partir de un apropiamiento y transformación del ecosistema, de igual manera Kennedy, Cuddihy y Engel–Yan, relacionan al metabolismo urbano como la totalidad de los procesos tanto técnicos como socioeconómicos de las ciudades, causando el crecimiento de esta, la producción de energía y la eliminación de desechos¹².

De una manera un poco más técnica el metabolismo urbano, se puede considerar como, el estudio que se realiza a nivel político y económico con el fin de facilitar el entendimiento entre el abastecimiento de materiales y energía, buscando mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos dedicados a la transformación, mitigando así el impacto ambiental¹³.

1.1.8 Ecología Industrial. La ecología industrial investiga cómo el sistema industrial puede ser visto también como un ecosistema, dado que se puede referir a este como una distribución de materiales, energía y flujo de información, así

¹¹ SUÁREZ SERRANO, Mónica, et al. Modelo Logístico Para El Apoyo a La Perforación Offshore Como Un Aporte a La Internacionalización Del Sector Hidrocarburos De Colombia. 2015.

¹² Kennedy, Cuddihy y Engel–Yan. citado por ALVAREZ, Crisatian. Metabolismo Urbano: Herramienta Para La Sustentabilidad De Las Ciudades. 2014.

¹³ ALVAREZ, Crisatian. Metabolismo Urbano: Herramienta Para La Sustentabilidad De Las Ciudades. 2014.

mismo, el sistema industrial, es dependiente de los recursos que son ofrecidos por el mismo medio ambiente¹⁴.

Es así como el objetivo principal de la ecología industrial son los Modelos de sistemas industriales en los cuales los residuos peligrosos de un proceso, son la entrada de otro proceso industrial con el fin de reducir e incluso eliminar el riesgo ambiental. La ecología industrial abarca desde un análisis profundo de materiales y energía a nivel local, regional y nacional, hasta el análisis del producto, su ciclo de vida y finalmente generar una relación entre industrias y sectores en los parques industriales para así realizar una utilización efectiva de recursos para satisfacer las necesidades, aportando al medio ambiente una reducción en el riesgo generado, por otro lado, es importante hacer mención de las distintas áreas prácticas y de estudio, en que se encuentra inmersa la ecología industrial, como se menciona a continuación:

- Estudios de flujo de materiales y energía llamado “Metabolismo Industrial”.
- Cambios de tecnologías y medio ambiente.
- Valoración, diseño y planificación del ciclo de vida del producto.
- Responsabilidad Ambiental del productor.
- Parques Eco-Industriales.
- Políticas medio ambientales enfocadas a la producción y vida útil del producto.
- Eco-eficiencia.

La Ecología Industrial se puede definir como el enfoque de un sistema el cual analiza flujos de materiales y energías enfocándose en: El ciclo de vida de los productos; El diseño de edificios, infraestructura y parques industriales; y la recuperación, reutilización y reciclado en los parques industriales, de manera más limpia y eficiente¹⁵.

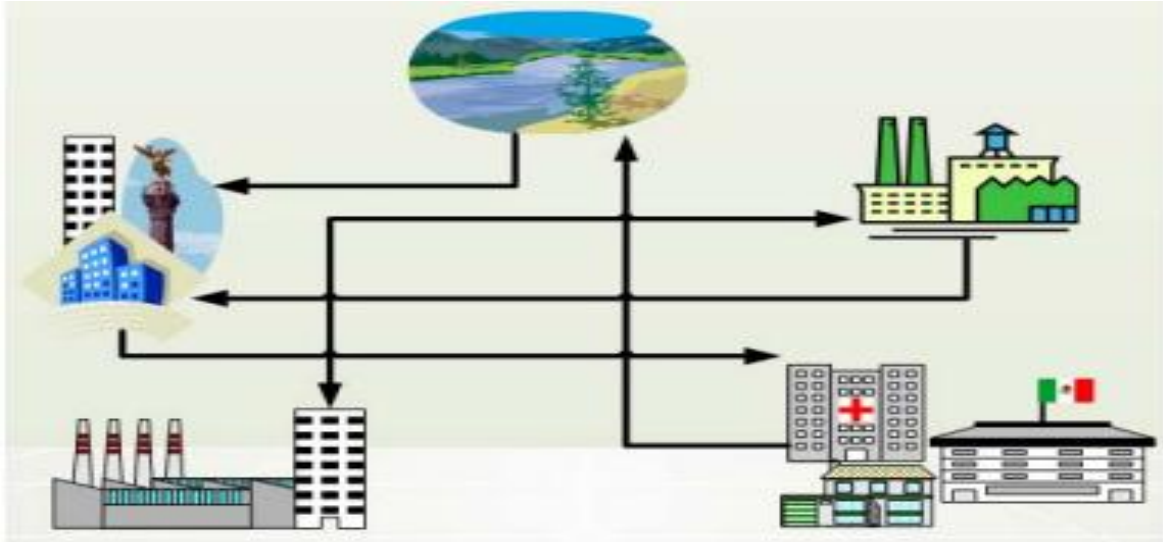
Por otro lado, la ecología industrial también es vista como el “estudio de las interacciones e interrelaciones físicas, químicas y biológicas, dentro de los sistemas

¹⁴ GRAEDEL, Thomas E. y ALLENBY, Braden R. Industrial Ecology. 2. ed. ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2003. 0130467138

¹⁵ GLEICH, Arnim von. Industrial Ecology. 1. Aufl. ed. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. 9783835192256

industriales, naturales, sociales y al mismo tiempo las interacciones entre ellos”, esto se puede ver en la Figura 2¹⁶.

Figura 2. Interacciones propiciadas por la ecología industrial



Fuente: MÖLLER, Andreas, 2008.

1.2 MARCO TEORICO

1.2.1 Llanta. Se puede describir como objeto necesario en donde su función es transmitir movimiento.

La llanta es la comunicación entre el medio de transporte y el terreno por ende debe tener y soportar unas características diferentes, estas se describen así:

- Objeto con gran posibilidad de soportar un gran peso.
- Que contenga la capacidad de amortiguar.
- Influir en gran porcentaje en el torque el cual genera un movimiento y a su vez el frenado.
- Generar elementos de cambio y orientación y con ello generar una contestación dirección efectiva¹⁷.

¹⁶ MÖLLER, Andreas. Environmental Informatics and Industrial Ecology. Aachen: Shaker Verlag, 2008. 3832273131

¹⁷ DOMÍNGUEZ, Esteban José y FERRER, Julián. Circuitos De Fluidos, Suspensión Y Dirección: Electromecánica De Vehículos. Madrid, ES: Macmillan Iberia, S.A., 2009. 9788479429683

1.2.2 Tipos de llantas. Existen dos tipos de llantas genéricas los cuales son:

- Radiales: son las llantas con mayor demanda se forman paralelas entre si y sobre su entorno es colocado un cinturón de acero como soporte, se caracteriza por su gran facilidad al momento de movilizarse, de generar una maniobra y a su vez reducir el consumo de combustible.
- Convencionales: Se incluyen con cinturones de refuerzo y esto hace que tengan una mayor estabilidad en las curvas, y a su vez una mayor estabilidad en el manejo, pero su gran falencia es que siguen siendo débiles frente a la penetración de objetos que la puedan deteriorar¹⁸.

1.2.3 Clases de llantas. Las llantas de autos, se pueden clasificar según diferentes características y diseños, estas se despliegan de la siguiente manera:

- De invierno: Su formación es con un hule más blanco, y con diferentes dibujos sobre este, esto hace que se pueda transitar sobre ambientes congelados o con nieve, aumenta el nivel de consumo de combustible y su ciclo de vida es muy corto.
- Llanta de tracción: su tipología es radial y se caracteriza por su buena tracción y su largo tiempo de vida útil.
- Direccional: se caracteriza por ser una llanta que se adapta a cualquier tipo de uso dependiendo de los gráficos que en ella enmarquen, si es en zigzag o si es recto, el zigzag se recomienda para viajes de larga duración, y el recto, para viajes de corta duración, en zona urbana¹⁹.

1.2.4 Composición de las llantas. Los neumáticos se componen de múltiples materiales, estos dependiendo de las características que el fabricante quiera que el producto final contenga, de igual manera existe una composición general para un neumático de carro que se ve en el Cuadro 1.

¹⁸ [Anónimo]Tipos de llantas. Disponible en: <http://www.tiposde.org/sociedad/655-tipos-de-llantas/>

¹⁹ [Anónimo]Tipos de llantas. Disponible en: <http://www.tiposde.org/sociedad/655-tipos-de-llantas/>

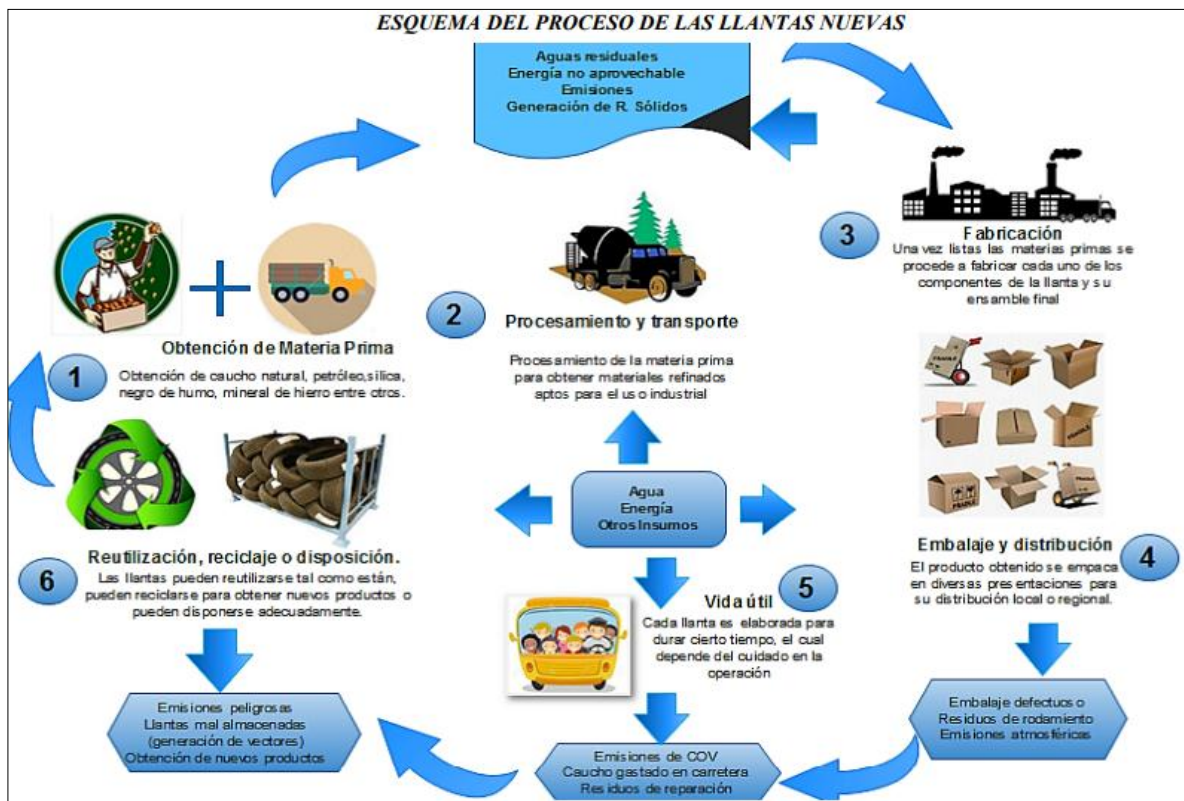
Cuadro 1. Composición de las llantas

Sección	Material
Carcasa	tejido de nylon y poliéster
Flanco y banda de la rueda	Caucho natura, sintético, componentes de vulcanización y anti envejecimiento
Talón	Hilos de acero y goma resistente
Revestimiento	Goma a base de caucho sintético
Cintura	Acero, nylon, kevlar, entre otros.

Fuente: DOMÍNGUEZ, Esteban José y FERRER, Julián. Circuitos De Fluidos, Suspensión Y Dirección: Electromecánica De Vehículos. Madrid, ES: Macmillan Iberia, S.A., 2009. 9788479429683.

1.2.5 Ciclo de Vida de las llantas. Es importante resaltar como se puede entender el ciclo de vida de los productos, el cual se desarrolla mediante etapas las cuales se describen en la ilustración 1, desde su concepción hasta su disposición de cliente final y posteriormente de recolección y reutilización, para efectos de este trabajo se adoptará la siguiente grafica en la cual se especifica el ciclo de vida.

Ilustración 1. Ciclo de vida de las llantas



Fuente: BERNAL SÁNCHEZ, ÁNGELA MARÍA y OVALLE AGUILERA, DIANA YULIETT, 2016.

1.2.6 Problemática ambiental de las llantas. La llanta es un producto el cual en su etapa de post-consumo genera una gran problemática iniciando por la falta de responsabilidad por parte de las empresas productoras y distribuidoras en hacerse cargo de este residuo sólido, y su incertidumbre de la disposición final de este mismo.

La disposición final de las llantas, comienza a afectar la ciudad de Bogotá, invadiendo el espacio público de la ciudad, en donde estas generan inicialmente una contaminación visual en lugares desolados, y termina en los separadores de las calles más importantes de la ciudad, por otra parte otro porcentaje de estos residuos son quemados a cielo abierto lo cual genera una contaminación atmosférica muy alta con el fin de extraer el acero y / o utilizar este medio como combustible lo que no identifican es el sinnúmero de enfermedades de salud de las personas en donde las quemadas a cielo abierto pueden expulsar un material particulado y azufre. Una nueva problemática se crea al momento de que estas

acumulan agua dentro de ellas, esto lo que hace es que se generen insectos los cuales pueden ser transmisores directos de enfermedades²⁰.

1.2.7 Gestión de residuos sólidos. El pensamiento colectivo que se ha generado por la mayoría de las sociedades, ha tenido como consecuencia la confusión entre los conceptos de basura y residuo sólido. Los residuos sólidos son aquellos que han sido materiales en procesos industriales o domiciliarios, que al momento de llegar al final de su vida útil, han quedado como desperdicios que son susceptibles de reintegrarse al ciclo de producción, para generar su aprovechamiento o disposición final inofensiva, sin embargo, las basuras son aquellos desechos que no poseen la cualidad de poder ser recuperados, reutilizados o reciclados y como única solución para disminuir el impacto ambiental que genera, deben tener un tratamiento técnico²¹.

En la actualidad, hay muchos países que no comprenden las diferencias explicadas anteriormente y carecen de compromiso para llevar a cabo programas de aprovechamiento y manejo de los materiales sobrantes. Por tal motivo, los gobiernos han aumentado sus esfuerzos, para aumentar el conocimiento de la problemática tanto económica, como social y ambiental, que se evidencia por la generación de residuos sólidos²².

Una correcta gestión de desechos y residuos sólidos en el mundo es un tema en cuestión bastante importante el cual debe de ser motivo de análisis por todos los dirigentes y delegados encargados de la planificación y ejecución de políticas en las áreas de los diferentes lugares del mundo²³.

Para intentar disminuir la generación de residuos sólidos a nivel internacional, se creó el esquema de Basura Cero, que apunta a maximizar el reciclaje para así disminuir gradualmente los desechos que tendrán una disposición final, garantizando que los productos que se han fabricado puedan ser reutilizados, reparados o reciclados, estableciendo para ello metas concretas con el fin de que vuelvan a la naturaleza o al mercado²⁴.

Según Hoornweg y Bhada-Tata, se espera que para el año 2025, la generación de residuos sólidos urbanos, ascienda a 1,42 kg por habitante, es así como en los próximos 15 años, la generación de residuos pasara de 1.300 millones toneladas

²⁰ MALAVER, Carol. Las Llantas En Desuso, Las Nuevas Invasoras Del Espacio En Bogotá. septiembre 26,.

²¹ AVENDAÑO, Edwin. Panorama Actual De La Situación Mundial, Nacional Y Distrital De Los Residuos Sólidos. Análisis Del Caso Bogotá D.C. Programa Basura Cero. 2015.

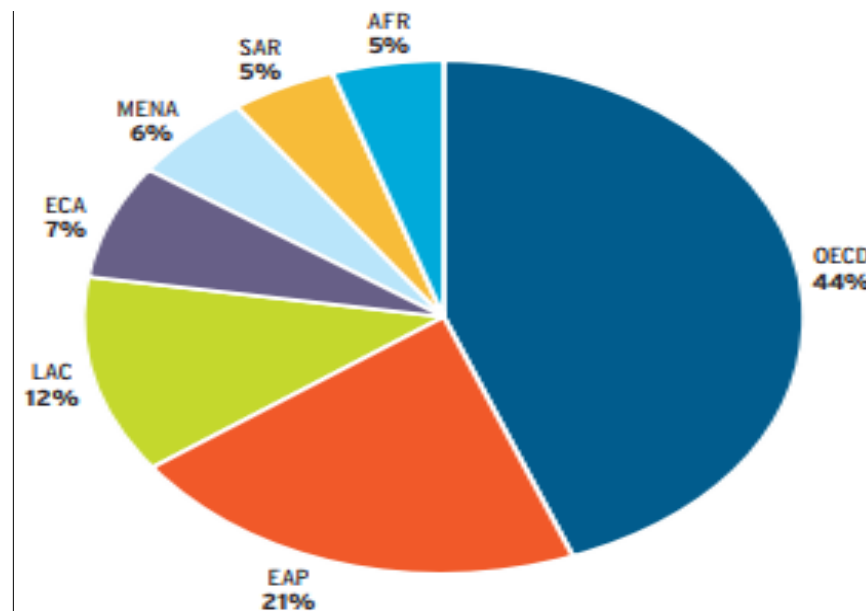
²² AVENDAÑO, Edwin. Panorama Actual De La Situación Mundial, Nacional Y Distrital De Los Residuos Sólidos. Análisis Del Caso Bogotá D.C. Programa Basura Cero. 2015.

²³ Luisa Villalba. La Gestión De Residuos Y Desechos Sólidos En El Área Metropolitana De Caracas. 2013.

²⁴ Horacio Rentería. Basura Cero. El Latino. San Diego, Calif. Jul 17,.

por año será de 2.200 millones de toneladas para el año 2025. Una de las causas de este incremento, se atribuye al alto crecimiento poblacional, al consumo por parte de países industrializados, y a la variabilidad de los cambios en gustos, por parte de los consumidores²⁵. A continuación, se muestra un diagrama en la gráfica número 1 donde se evidencia los porcentajes a nivel mundial de producción de residuos sólidos:

Gráfica 1. Porcentaje aportes por regiones producción mundial de RS año 2012.



Fuente: HOORNWEG, Daniel y BHADA-TATA, Perinaz, Washington, DC, 2012.

1.2.8 Gestión de residuos sólidos en Colombia. Para conocer la producción real de residuos sólidos de un país es necesario que se determinen dos medidas importantes, la cantidad de residuos sólidos y la composición de los mismos.

Por otro lado, más precisamente en el marco de la Política Pública para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, se le atribuye la responsabilidad a cada gobierno municipal para que este pueda formular sus propios Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS cuyo fin sería garantizar la eliminación de basureros a cielo abierto e incentivar el desarrollo de programas y proyectos, con el objetivo de

²⁵ HOORNWEG, Daniel y BHADA-TATA, Perinaz. What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series. World Bank, Washington, DC, 2012.

disminuir los impactos ambientales y a la salud pública que son resultado por el mal manejo de los residuos sólidos²⁶.

Así mismo, la cantidad de toneladas generadas en el 2011 por 1.098 municipios a nivel nacional en promedio fue de 26.537 toneladas diarias de residuos sólidos, un 8% más en comparación con lo que se generó en el año 2010, que corresponde a 24.603 Toneladas por día²⁷.

En Colombia la situación es preocupante, pues según Garzón Nova en 2008 menciona que la implementación de la logística inversa por parte de las organizaciones, se enfoca en pequeños programas de devoluciones que son causadas por daños o vencimiento del producto, debido a que dichas organizaciones no poseen interés en realizar la debida gestión de los residuos, puesto que en Colombia no existe consciencia empresarial sobre este tema. Esto causado por una legislación floja en el tema que no genera consciencia de la importancia de la logística inversa en las organizaciones generando así contaminación²⁸.

Según el panorama que se tiene, a partir de lo que ya ha sido mencionado, se puede inferir que en primer lugar, los residuos sólidos van a seguir aumentando porcentualmente año a año, esto debido al aumento paulatino en la población a nivel nacional, adicionalmente a esto, las organizaciones en su mayoría no poseen aun la conciencia, tanto social como ambiental, para empezar a idear alternativas para el manejo de los residuos que son generados por sus productos, esto debido, a que la potestad de realizar los planes de gestión de integral de residuos sólidos, está a cargo de los entes municipales y distritales, y no de las organizaciones productoras.

1.2.9 Gestión de residuos Sólidos y llantas en Bogotá. A nivel distrital se cuenta con una definición de gestión de residuos sólidos que fue emitida por el Ministerio de Ambiente, en el programa de Sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas, donde dice que es un “Instrumento de control y manejo ambiental que contiene los requisitos y condiciones para garantizar la recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas por parte de productores”²⁹, existen dos tipos de sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas, el cual es el colectivo y el individual, el colectivo hace referencia a la alianza

²⁶ HEBERTH ALEXANDER CHACÓN LEITE y SOFÍA STHEFANY TULCÁN MELO. Caracterización Y Cuantificación De Residuos En El Zoológico De Cali Y Generación De Procesos De Cambio En Torno Al Plan De Gestión Integral De Residuos Sólidos Pgirs.

²⁷ AVENDAÑO, Edwin. Panorama Actual De La Situación Mundial, Nacional Y Distrital De Los Residuos Sólidos. Análisis Del Caso Bogotá D.C. Programa Basura Cero. 2015.

²⁸ GARZÓN NOVA, Jhon Alexander. Logística En Reversa Como Uso Alternativo De Los Recursos Aplicado a La Cadena De Suministro De "Almacenes Éxito". 2008. p. 91

²⁹ [Anónimo] Sistema de recolección selectiva y gestión de llantas usadas Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/zh/elementos-que-deben-contener-los-sistemas-de-recoleccion-selectiva-y-gestion-ambiental-de-llantas-usadas>

de empresas que se encargan de la disposición final del producto, por otro lado, el sistema individual está conformado por las empresas pero de manera individual quienes también se encargan de la disposición final del producto³⁰.

Adicionalmente la Secretaria Distrital de Ambiente otorga ciertos elementos que se deben de tener presente al momento de implementar el sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas estas son:

- Reconocimiento e identificación de los productores.
- Reconocimiento e identificación de los operadores.
- Toda información en cuanto a cantidad, tipo, y peso de llantas que fueron puestas en el mercado en un periodo de dos años anteriores a la fecha que se presenta. Cuando el sistema sea colectivo, se debe de presentar de manera individual como se especificó anteriormente.
- Identificación de los actores tanto públicos como privados que apoyen al sistema y se debe de especificar el tipo de participación en este.
- Reconocimiento geográfico de aplicación del sistema, (Municipios en donde se comercializa el producto, y municipios donde se incluye este sistema)
- Aspectos generales de la estructura administrativa y técnica para la implementación del sistema³¹.

Así mismo, la ciudad de Bogotá decidió adoptar el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, el cual hace mención a la articulación de planes de gestión y resultados de proyectos, programas y actividades que derivan de este plan. Los responsables de realizar este proceso son todas las personas encargadas de otorgar los servicios públicos de aseo, siempre que este se desarrolle en la ciudad de Bogotá³².

Por otro lado, La Alcaldía Mayor de Bogotá, busca adoptar el sistema de responsabilidad social Basura Cero creado por la Alcaldía mayor de Bogotá, fue creado con el propósito de que la ciudadanía Bogotana Reduzca, Separe y Aproveche los residuos sólidos, buscando que los residuos no sean desechados ni

³⁰ BERNAL SÁNCHEZ,ÁNGELA MARÍA y OVALLE AGUILERA,DIANA YULIETT. Diagnóstico Ambiental De La Gestión De Llantas Usadas En La Avenida Centenario De La Localidad De Fontibón Desde Cra 90 Hasta La Cra 140. 2016.

³¹ [Anónimo]Sistema de recolección selectiva y gestión de llantas usadas Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/zh/elementos-que-deben-contener-los-sistemas-de-recoleccion-selectiva-y-gestion-ambiental-de-llantas-usadas>

³² EQUIPO TÉCNICO DE,UAESP y EQUIPO TÉCNICO,PGIRS. Plan De Gestion Integral De Residuos Solidos. 2015. p. 22

enterrados y si devueltos al ciclo de vida productivo en un 100% implementando las 3'R que es reducir, reciclar y reutilizar con una cultura de consumo consciente y responsable³³.

Así mismo, Sandra Pinzón en el programa “La Pepa”, en el que se considera que en Bogotá el esquema de aseo debe involucrar el aprovechamiento para generar beneficios y sostenibilidad a la ciudad, ya que al aprovechar los materiales de la misma ciudad se pueden generar nuevas materias primas, las cuales pueden incorporar a las cadenas productivas, y es ahí donde se resalta la participación de los recicladores, conjuntamente con la reglamentación a nivel nacional de las estaciones de clasificación y aprovechamiento, las cuales según Sandra Pinzón estas deben ser establecidas en el menor tiempo posible en la ciudad de Bogotá D.C³⁴.

De la misma manera, la ciudad de Bogotá cuenta con un plan de recolección de basuras el cual tiene como objetivo informar a todos aquellos habitantes en la ciudad sobre programas de pos consumo de este residuo y así incentivar a más del 60% de importadores y comerciantes a ser parte de grupos de recolección de este residuo y dar una disposición final ambientalmente responsable³⁵. Bogotá dispone de 92 puntos autorizados a lo largo de la ciudad para la recolección de este residuo sólido, pero el problema radica en que 3 de cada 5 de ellos ya no tienen una capacidad de almacenamiento, lo cual hace que la recolección de este sea haga cada vez más ineficiente³⁶.

Por otra parte, realizando el enfoque a las llantas, se considera el concepto otorgado por Bernal y Ovalle en el año 2016, quienes dicen que la gestión de llantas, es la agrupación de las distintas etapas relacionadas con el ciclo de vida útil de las llantas, partiendo así desde la fabricación, distribución y generación de llantas usadas las cuales tienen en cuenta el almacenamiento, disposición final y posterior aprovechamiento de las mismas³⁷.

La gestión de llantas emitida por la guía para el manejo de llantas en el año 2006, menciona que la gestión de llantas es tomada como la estructura que propicia la

³³ Alcaldía Mayor de Bogota. Basura Cero Responsabilidad de todos. Mar 09,. Disponible en: <http://www.bogota.gov.co/article/Programa%20basura%20cero%20un%20estilo%20de%20vida%20en%20los%20bogotanos>

³⁴ Canal Capital. La Pepa - Esquema De Basuras En Bogotá. [Youtube]. Bogota D.C: Canal Capital, 2017.

³⁵ ANDI. Bogotá Ya Cuenta Con 92 Puntos De Recolección De Llantas Usadas.

³⁶ [Anónimo]El Lío De Las Llantas Usadas. El Espectador. Bogotá. Oct 19,.

³⁷ BERNAL SÁNCHEZ,ÁNGELA MARÍA y OVALLE AGUILERA,DIANA YULIETT. Diagnóstico Ambiental De La Gestión De Llantas Usadas En La

Avenida Centenario De La Localidad De Fontibón Desde La

Cra 90 Hasta La Cra 140. 2016.

fabricación, y distribución a mayoristas y usuarios del producto y también la recuperación del residuo al final de su vida útil³⁸.

Finalmente, el objetivo del presente proyecto, es que a partir de los esquemas existentes ayudar a disminuir paulatinamente y controlar la generación de las llantas usadas a nivel distrital, para así poder reintegrarlas a los procesos productivos, con el fin de agregar valor a estas y minimizar el impacto ambiental.

1.2.10 Construcción de un modelo de logística inversa. La construcción del modelo de logística inversa envuelve una serie de fases las cuales están acopladas a teorías descritas por autores y a su vez una serie de observaciones, estas que según STOCK son necesarias para la creación y diseño de un modelo de logística inversa las cuales se comprenden de la siguiente manera:

- Un programa de logística inversa debe de ser desarrollado con el objetivo principal de controlar un retorno que ha sido incontrolable para la parte interesada.
- Un centro de distribución tradicional no está diseñado para una recepción de material en forma inversa al flujo normal.
- Todo producto con una vida útil corta necesita de más atención e implementación de una gestión de retornos en la compañía.

Estas observaciones realizadas con el fin de que se contemple un análisis claro en donde y como se quiere implementar el modelo.

De acuerdo a que la creación de un modelo se caracterice por poder ser acoplado en cualquier condición, se llega a una conclusión en las que se describen 6 fases para la creación y evaluación de un modelo de logística inversa que son:

- Valoración del problema principal.
- Disminución de materiales.
- Disminución de los retornos.
- Recaudación del material.
- Categorización del material.
- Disposición del material.

³⁸ Camara de Comercio de Bogotá. Guía Para El Manejo De Llantas Usadas. 2006.

- Medición y control.

Estas fases contemplan todo un proceso el cual caracteriza y ejecuta un plan para su correcta elaboración³⁹.

1.2.11 Direcciones de la Logística Inversa. Es importante empezar relacionando la integración de la red logística tradicional con la logística inversa, para mostrar la participación que deben tener algunos agentes, para ello, es pertinente resaltar nuevamente el objetivo de la logística inversa, de acuerdo como se observa en la Figura 3, es la encargada de tanto del proceso, de planificación, como de la implementación y posteriormente control, tanto del flujo físico de producto, como del flujo de información desde el punto de origen, hasta el consumidor final, y desde el punto del consumidor hacia el punto de origen, con el fin de satisfacer al cliente final, igualmente, debe poder realizar las actividades de reintegración tanto del producto como de información dentro de la cadena de suministros, realizando el debido proceso de gestión para poder generar nuevamente valor al producto que ha llegado al final de su vida útil, o realizando la debida eliminación del producto, siempre y cuando sea requerido por las características de este⁴⁰.

Figura 3. Integración de la red de logística tradicional y la logística inversa.



Fuente: MAY, Larissa, et al. La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento; En: Academic Emergency Medicine. Jan 1, vol. 21, no. 1, p. 17

³⁹ GARCÍA OLIVARES, Arnulfo Arturo. Recomendaciones Táctico-Operativas Para Implementar Un Programa De Logística Inversa. B - EUMED, 2006. p. 17-23

⁴⁰ MAY, Larissa, et al. La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento; En: Academic Emergency Medicine. Jan 1, vol. 21, no. 1, p. 17

Partiendo de lo dicho anteriormente, recalcar que la logística inversa plantea ciertas motivaciones por las cuales, las organizaciones, adoptan la implementación de la LI dentro de sus sistemas de gestión organizacional, para así de esta manera poder impulsar el cumplimiento de sus objetivos.

- Relación entre el Costo - Beneficio: Recuperar el valor de los productos desechados por la finalización de su vida útil como por ejemplo empaques envases y embalajes.
- Obligaciones legales: Estas se generan debido a la conservación de la salud, y el medio ambiente.
- Responsabilidad Social: Realizado por organizaciones no gubernamentales junto con asociaciones de clientes con el fin de generar actividades que apoyen el desarrollo de productos amigables con el medio ambiente y la salud de los consumidores⁴¹.

Además, se las anteriores motivaciones planteadas por Montenegro en el 2012, también se encontraron otras propuestas por parte de Monroy y Ahumada, quienes no solamente, ven necesarias las tres anteriores, sino que también postulan las siguientes:

- Recuperación de materias primas difíciles de conseguir
- Recuperación de información tanto propia como de la competencia
- Servicio al cliente y garantías
- Ventaja competitiva⁴².

1.2.12 Diferencias, ventajas y dificultades de la logística inversa. A continuación, se pretende resaltar algunas de las diferencias, ventajas y dificultades que se generan a partir de la implementación de la logística inversa dentro de los procesos de la cadena de abastecimiento, en relación con la logística tradicional.

Es importante dar claridad sobre las diferencias existentes entre la logística tradicional y la logística inversa, ya que algunos actores dentro de los procesos logísticos, creen que son similares en todo aspecto, por ello presumen que pueden

⁴¹ MONTENEGRO SOLIS, Lisandra. Aplicación Del Procedimiento Para La Logística Inversa De Los Residuos Sólidos Generados En Las PyMITH Cubanas En El Hotel "Plaza". Universidad Central Marta Abreu de las Villas, 2012. p. 15

⁴² María Claudia Ahumada y Néstor Monroy. Logística Reversa: "Retos para la Ingeniería Industrial". En: Revista De Ingeniería. May 1, no. 23, p. 23-33

implementar el mismo tipo de estrategias, pero no es así, si bien, la logística de manera general se encarga tanto del flujo de materia e información, no posee las mismas características a la hora de la implementación tanto de logística directa, como de la logística inversa, dichas diferencias fueron postuladas por Roger y timbe-lembeke en el año 2002 en su escrito titulado “*Differences between forward and reverse logistics in a retail environment, supply chain management*”, dichas diferencias se ordenaron en el Cuadro 2 ⁴³.

Cuadro 2. Diferencias entre la Logística Tradicional, y la Logística Inversa.

Logística Tradicional (Directa)	Logística Inversa
Los pronósticos de la demanda son relativamente más acertados	Los pronósticos de la demanda son más complejos
La calidad del producto es la "misma"	La calidad del producto no es la misma
Mismo tipo de envase de los productos	Variación física en los envases de los productos, pueden estar dañados o inexistentes
El precio es prácticamente el mismo	El precio varía según ciertos factores
Importancia a la rapidez de entrega	Por lo general no es importante la rapidez de entrega
Los costos son claros y monitoreados por sistemas de contabilidad	Los costos inversos son menos visibles y rara vez se contabilizan
Gestión de inventarios relativamente simple	Gestión de inventarios compleja
Ciclo de vida del producto es gestionable	El ciclo de vida de los productos es más complejo
Métodos bien conocidos sobre el marketing	Complejos sistemas de marketing, varían según ciertos factores

Fuente: TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. y ROGERS, Dale S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. En: Supply Chain Management: An International Journal. Dec. vol. 7, no. 5, p. 271-282

⁴³ TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. y ROGERS, Dale S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. En: Supply Chain Management: An International Journal. Dec. vol. 7, no. 5, p. 271-282

Los pronósticos que se generan en la logística directa hacen referencia a la demanda del mercado, la cual, es un poco más acertada, sin embargo, los pronósticos de la logística inversa, son relacionados con la cantidad de producto que se puede recuperar, y estos pronósticos son realmente inciertos pues no es posible calcular la cantidad real que pueden desechar los clientes, es decir, existe una alta variabilidad en las cantidades que pueden ser generadas.

Por otro lado, uno de los objetivos más importantes de este modelo, es tratar de lograr, que la calidad de los productos sea lo más homogénea posible, y así mismo que los productos que se manufacturen con el material que se ha recuperado y posteriormente reintegrado a la cadena de suministros cuente con la misma calidad de los demás productos.

Además de las diferencias existentes entre la logística tradicional y la inversa, también existen ciertas ventajas y dificultades, que se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Ventajas y Dificultades de la Logística Inversa

VENTAJAS DE LA LOGISTICA INVERSAS	DIFICULTADES DE LA LOGISTICA INVERSA
Obtención de información de retroalimentación acerca del producto.	Falta de atención de la dirección y de políticas de la empresa.
Reaprovechamiento de ciertos materiales.	Ausencia de procesos y tecnologías estandarizadas.
Posibilidad de nuevos mercados.	Escases de personal y recursos financieros.
Mejora de la responsabilidad socio ambiental de la empresa.	Mala administración por integración de varios actuantes.
Fidelización de consumidores.	Las entradas a los procesos de logística inversa sin impredecibles
Disminución de la incertidumbre en la llegada de productos fuera de uso.	No se trata solo de una simple manipulación de producto.
Aumento en la confianza de los clientes al tomar la decisión de compra.	Las devoluciones en pequeñas cantidades tienden a representar mayores costos al integrarlos al sistema.

Fuente: HUNG LAU,Kwok y WANG,Yiming. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. En: Supply Chain Management: An International Journal. Sep 25,. vol. 14, no. 6, p. 447-465 y CURE VELLOJIN,Laila; MEZA GONZALEZ,Juan Carlos y AMAYA MIER,Rene. Logística inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. En: Ingeniería Y Desarrollo. Jul 1,. no. 20, p. 184

Como se puede observar, las ventajas que se generan al implementar la logística inversa son realmente positivas, puesto para la organización es demasiado importante, primero genera fidelización de los clientes, aumentar la participación de su mercado, así mismo, genera una retroalimentación tanto propia como de la competencia, acerca del producto en cuestión.

1.2.13 Actividades de la Logística Inversa. Para una correcta aplicación de la logística inversa existen diferentes actividades las cuales permitirán la elaboración del flujo inverso adicionando que estas actividades pueden ser aún más que las actividades de la logística inversa tradicional. Las cuales son:

- **Recogida.** Es el proceso el cual se reúnen todos los productos que se han devuelto por diferentes causas, de forma que se puedan reunir en un centro de acopio y de allí puedan ser enviados a sus destinos finales. La recogida no solo se da desde el cliente consumidor final, sino por diferentes circunstancias y su forma de llegar al centro de acopio se puede originar desde centros de acopio donde el cliente lleva el producto o la propia empresa recoger el producto en el lugar donde el cliente final elija.
- **Transporte.** El proceso de transporte es uno de los factores que más coste generan en la operación de la logística inversa entre un 30 % a 50 % , es de gran complejidad esta operación, uno de los factores que le hacen compleja es en primer lugar la variedad de productos que se deben de manejar , por otro lado es el cuidado al momento de transportar el producto, y se realiza bajo un sistema de recogida y entregada al mismo tiempo llamado *trade – off* relación directa en utilizar el camión optimo e incrementar la complejidad de las operaciones.
- **Almacenaje.** De acuerdo al almacenaje se debe de tener en cuenta un factor muy importante el cual es el incremento de volumen en paralelo con la cantidad de personas que se necesitan para realizar la descarga de la mercancía en el centro de acopio y allí realizar la recepción, la identificación de la información es decir el registro y la eliminación cuando se proceda.
- **Inspección.** La inspección se realiza con el fin de evaluar el estado en el que llega el producto al centro de acopio.
- **Clasificación.** Posterior al proceso de inspección y de su resultado final, se procede a una clasificación de acuerdo a sus características e identificación de su próximo destino⁴⁴.

⁴⁴ FERNÁNDEZ QUESADA, Isabel y Fuente García, David de la. Análisis De La Logística Inversa En El Entorno Empresarial. Una Aproximación Cualitativa. Ediuno - Universidad de Oviedo, 2005. p. 66-679781413570199

Se han descrito los diferentes procesos a los cuales está sometida la correcta realización en un proceso de logística inversa el cual tiene como objetivo realizar las operaciones que ayuden al empresario a tomar valor del producto en su etapa de pos consumo o ya sea por devolución del cliente por diferentes factores

1.2.14 Factores claves de éxito en el proceso de Logística Inversa. Según Ballesteros & Ballesteros, en su artículo llamado “Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente”, existen ciertos factores importantes que se deben considerar, en el momento de implementar la logística inversa, dentro de una organización, estos factores se describen a continuación:

Administración y control: Se debe realizar un seguimiento eficiente a todas las actividades durante el proceso de LI con el fin de disminuir los costos logísticos arraigados a este proceso, con base en un sistema de control, el cual proporcionara información veraz en la menor cantidad de tiempo posible sobre el proceso, esta información puede ser:

- De seguimiento: Está delimitada en un rango de tiempo el cual puede ser, diario o semana, con el objetivo de realizar un seguimiento a la realización de las actividades planteadas con respecto al presupuesto que fue asignado.
- De control: detecta las inconsistencias de funcionamiento de los parámetros que se han establecido para el control.

Indicadores de desempeño: Se puede implementar un sistema ABC o sistema de costeo tomando como referencia las actividades, para esto se debe realizar una asignación por etapas, las cuales son las siguientes:

- En primera instancia se realiza una asignación con todo el costo los cuales deben de ser generales al proceso y abarcar todas las etapas como recepción, clasificación en los centros de acopio.
- En segunda instancia las etapas que se basan en estas cantidades de actividades relacionadas con la finalización o destinación final del producto.

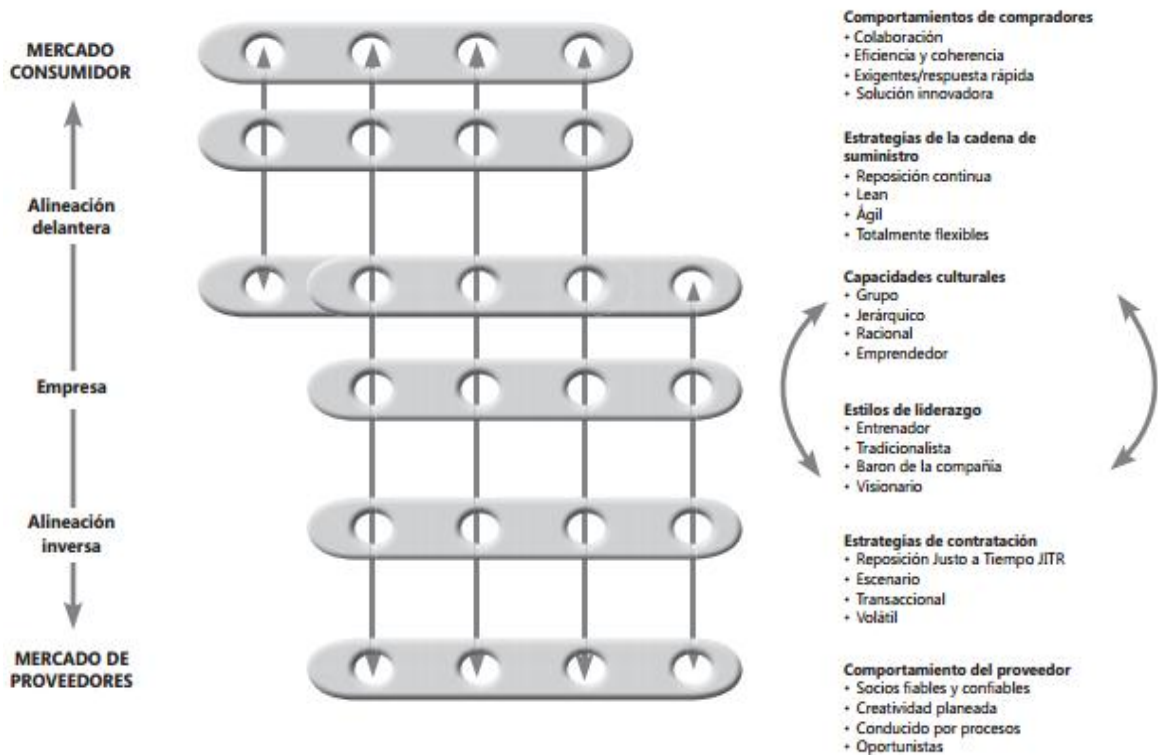
Aspectos financieros: Para llevar a cabo los procesos de logística inversa, se debe asignar ciertos presupuestos financieros, para como mínimo poder cumplir con las siguientes actividades.

- Realizar un análisis y revisión a cada eslabón perteneciente.
- Innovar con propuestas amigables con el medio ambiente.

- Realizar un aporte tecnológico en cuanto a la recuperación de productos para reciclar⁴⁵.

1.2.15 Modelo de Alineamiento Inverso. Según Gattorna en su libro “CADENAS DE ABASTECIMIENTO DINAMICAS” resalta como punto importante la alienación inversa con los proveedores. Pues menciona que el proceso inverso actúa como una réplica de información, desde la empresa (punto focal) hacia el proveedor⁴⁶, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Esquema de alineamiento inverso.



Fuente: GATTORNA, John. Cadenas de abastecimiento dinámicas (living supply chains). Bogotá.

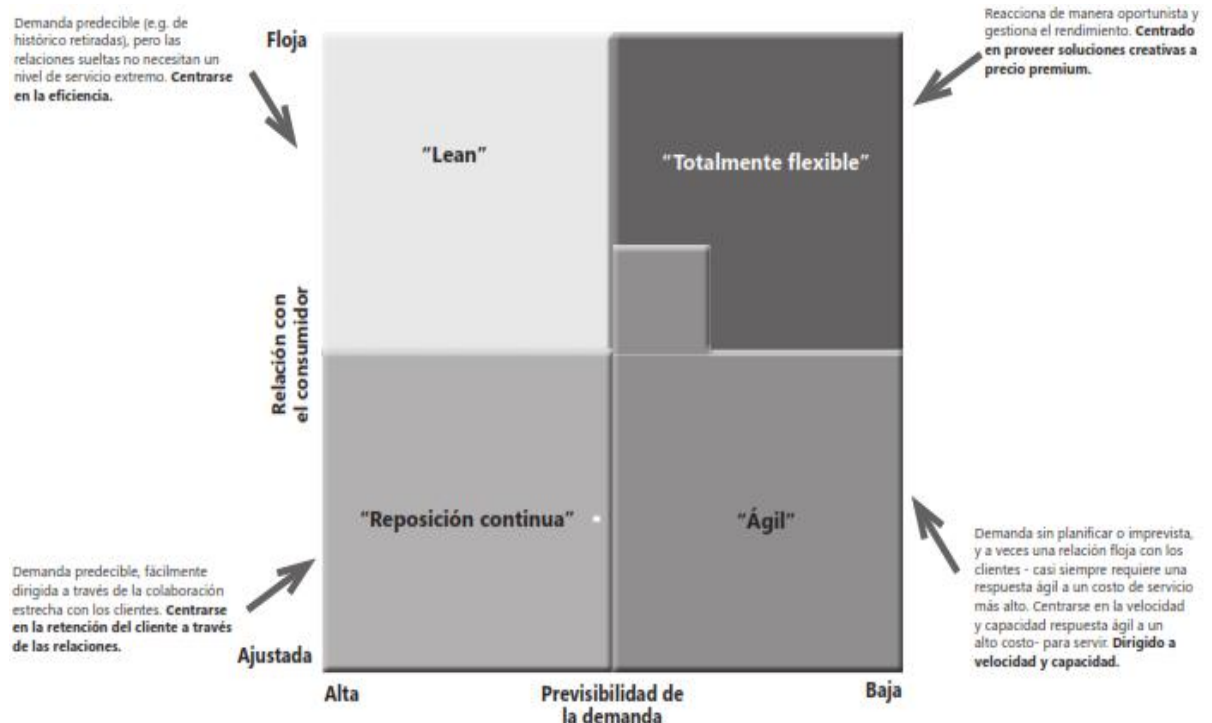
Como se visualiza en la Figura 4, debe existir una relación inversa en los modelos genéricos por parte de los productos, hacia el proveedor, para así generar una mayor capacidad de respuesta por parte de la compañía focal hacia sus clientes, que en algunos casos pueden cambiar la conducta de compra y sus gustos debido a la variabilidad del mercado.

⁴⁵ BALLESTEROS RIVEROS, Diana Paola y BALLESTEROS SILVA, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. En: Scientia Et Technica. vol. 5, no. 37, p. 315

⁴⁶ GATTORNA, John. Cadenas de abastecimiento dinámicas (living supply chains). Bogotá.

Al hacer mención a los modelos genéricos de supply chains, Gattorna especifica que son 4 realmente importantes, que son; lean, totalmente flexible, reposición continua y ágil, que, en primera instancia para el autor, solo son relevantes debido a que estas deben ser adaptadas por parte de las organizaciones con el fin de que el nivel de incertidumbre para los pronósticos de producción de un bien o servicio, disminuya y se empiece a ajustar al cambio dinámico que se genera por parte del mercado.

Figura 5. Los cuatro tipos genéricos de cadenas de abastecimiento.



Fuente: GATTORNA,John. Cadenas de abastecimiento dinámicas (living supply chains). Bogotá.

Por otro lado, al generar este alineamiento de manera adecuada se pueden evidenciar mejoras significativas tanto en la práctica financiera como en la operativa, pues al establecer la segmentación de los clientes y proveedores junto con unas cadenas de suministro genéricas, se puede realizar una adecuada gestión de la red de valor. En la cual una empresa gestiona un segmento de proveedores en el mismo sentido hacia los clientes, logrando establecer estándares con la suficiente capacidad para gestionar cualquier cambio que se presente en los comportamientos de sus clientes y proveedores⁴⁷.

1.2.16 Prácticas de la Logística Inversa. Enfocándonos en los aspectos de la logística inversa para la recuperación de los productos, se pueden resaltar tres

⁴⁷ GATTORNA,John. Cadenas de abastecimiento dinámicas (living supply chains). Bogotá.

grupos importantes los cuales son; a) Los que amplían la vida del producto, b) Los que extienden la vida del material y c) otras.

a) Los que amplían la vida del producto.

- **Reutilización:** Cuando se hace reutilización de un producto, lo único que conlleva este es apenas unas actividades de limpieza y/o mantenimiento ya que en esta etapa el producto no se modifica en su composición química o física, es decir el producto es devuelto a las existencias disponibles tal y como se encuentra en ese momento, un ejemplo de reutilización pueden ser los envases de vidrio de bebidas, las cuales se recolectan y se envían a la fabricas para ser lavadas y puestas de nuevo en el mercado.
- **Reventa:** En este proceso se lleva a cabo una transferencia de propiedad es decir se recolecta el material y se vende de nuevo otorgando un alargamiento de vida del material⁴⁸.
- **Reparación:** En esta etapa lo que se quiere realizar es aumentar la vida útil del producto, realizando restauraciones presentados por defectos o averías sin importar que se presente perdida en cuanto a su calidad.
- **Reacondicionamiento:** Se enmarca dentro de la actividad de desensamblaje cuyo propósito es realizar cambios a nivel tecnológico dentro de sus componentes para así aumentar su nivel de calidad y la sustitución de partes anticuadas, un ejemplo pueden ser los ordenadores, en cuyo sistema se puede ampliar o modificar sus partes internas para aumentar su velocidad.
- **Re fabricación:** Operación en la cual el producto que ya ha sido usado retoma características que lo hacen como un producto nuevo en donde se realiza un desmontaje completo, se identifican las partes útiles e inútiles las cuales son reemplazadas por nuevas, con el fin de fabricar un producto que iguale e incluso supere el nivel de calidad y rendimiento de uno totalmente nuevo, es importante resaltar que este hace parte del inventario de partes útiles.
- **Mejora:** Operación la cual se puede confundir con la Re fabricación o Re acondicionamiento, ya que en esta la diferencia radica en tomar el producto y devolverle su funcionalidad original e igualmente otorgarle nuevas características.

b) Los que extienden la vida del material.

⁴⁸ DE LA FUENTE GARCÍA, David; QUESADA, Isabel Fernández. Distribución en planta. Universidad de Oviedo, 2005.

- **Carnavalización:** Cuyo propósito es desensamblar y posteriormente realizar una selección de componentes reutilizables para su recuperación y clasificación las cuales pueden ser utilizadas para la reparación, reacondicionamiento o re fabricación de otros productos generando una reducción de costos.
- **Reciclado:** Existen dos tipos de reciclado, el primario y secundario dependiendo del punto de vista ambiental, con el objetivo de recuperar material que hace parte de un producto, este por lo general se presenta cuando el producto ha llegado al final de su vida útil, pues es entonces el momento en el que este pierde su estructura original⁴⁹.
- **Sustitución de Materiales:** Toma fuerza a través de la innovación que se presenta dentro de los procesos de reciclado, por este motivo se realiza la sustitución en los materiales más pesados por unos más ligeros, un ejemplo de esto se presenta en el sector automotriz, ya que en este se realiza la sustitución de partes metálicas o de vidrio por productos plásticos o en este caso el cambio de materiales de construcción convencionales por llantas de automóviles rin 13 y 15 para la construcción de viviendas⁵⁰.

c) Otras.

- **Incineración:** Proceso en el cual se realiza quema del producto para generar energía.
- **Vertido:** Operación en donde se desecha el producto ya sea al aire libre o a botaderos protegidos⁵¹.

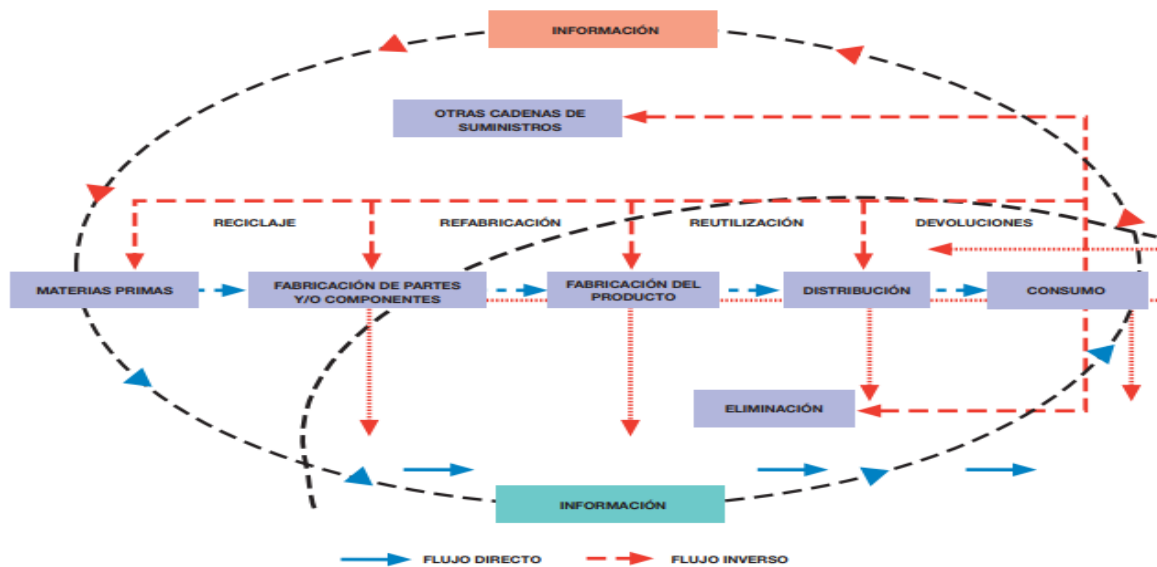
En la Figura 6 se muestra la forma en la que se articula tanto el flujo directo como el flujo inverso de los productos y en las distintas etapas en las que llega la operación que se ejerza dependiendo del producto.

Figura 6. Diagrama de Flujo directo e inverso de un producto.

⁴⁹ FERNÁNDEZ QUESADA, Isabel y Fuente García, David de la. Análisis De La Logística Inversa En El Entorno Empresarial. Una Aproximación Cualitativa. Ediuno - Universidad de Oviedo, 2005. p. 66-679781413570199

⁵⁰ CURE VELLOJIN, Laila; MEZA GONZALEZ, Juan Carlos y AMAYA MIER, Rene. Logística inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. En: Ingeniería Y Desarrollo. Jul 1, no. 20, p. 184

⁵¹ FERNÁNDEZ QUESADA, Isabel y Fuente García, David de la. Análisis De La Logística Inversa En El Entorno Empresarial. Una Aproximación Cualitativa. Ediuno - Universidad de Oviedo, 2005. p. 66-679781413570199



Fuente: CHAMORRO MERA, Antonio y RUBIO LACOPA, Sergio. Los sistemas de distribución inversa para la recuperación de residuos: su desarrollo en España. En: *Distribución Y Consumo*. vol. 14, no. 76, p. 59-73.

1.2.17 Impacto Social, Construcción de viviendas de interés social en Bogotá

D.C. La federación Nacional de Comerciantes (Fenalco), según estudios al sector inmobiliario el cual concluyó con que en Colombia el 45,9% de las familias viven en casa propia y que un 37,3% viven en arriendo. Por otro lado, asegura que la ciudad de Bogotá y el Valle del Cauca se les atribuye el porcentaje más alto de hogares que pagan arriendo siendo este, para la ciudad de Bogotá, el 48,4% de familias en la ciudad y el 43,9 % para el Valle del Cauca. Sin embargo, se asegura que el sector inmobiliario obtuvo un crecimiento para el primer trimestre del 2016 del 3,2% y que a su vez es el sector con mayor aporte de empleo en el país⁵².

Según el plan de desarrollo distrital, en el 2015 Bogotá recibió una cantidad de aproximadamente 636.824 personas en condición de desplazamiento, otorgándole así el segundo lugar a nivel nacional con mayor cantidad de desplazados, esto debido al conflicto interno que se presenta en el país, pues el factor que generó la mayor cantidad de víctimas, fue el desplazamiento forzoso, así como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tipo de víctimas en la ciudad de Bogotá a enero de 2016

⁵² Redacción Negocios y economía. Fenalco Dice Que El 45,9% De Los Hogares Colombianos Tienen Casa Propia. *El Espectador*. Bogotá. Jun 14, .

Hecho victimizante	Personas Ocurrido en Bogotá	Personas Declaradas en Bogotá
Abandono o Despojo Forzado de Tierras	-	2.897
Acto Terroristas/Atentado/Combate/Hostigamiento	1.462	5.008
Amenaza	2.012	29.601
Delitos contra la Libertad e Integridad Sexual	75	1.367
Desaparición Forzada (directa)	301	4.324
Desaparición Forzada (indirecta)	891	9.456
Desplazamiento Forzado	10.490	547.341
Homicidio (directa)	1.509	22.307
Homicidio (indirecta)	3.816	49.230
Minas Antipersonal/Munición sin Explotar/Artefacto Explosivo	21	1.031
Pérdida de Bienes Muebles o Inmuebles	3.709	3.628
Secuestro (directa)	197	1.706
Secuestro (indirecta)	49	412
Tortura	60	1.086
Vinculación de Niños, Niñas y Adolescentes	112	2.236

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016.

Con base en el Cuadro 4, se concluye que Bogotá es un territorio directamente ligado al recibimiento de la población desplazada, más allá del tipo de desplazamiento, se convierte en el punto de encuentro de miles de familias que no cuentan con una vivienda propia y que han sido desubicadas de sus tierras, igualmente es necesario analizar el índice de presión para Bogotá, pues para el primero de enero del 2016 este índice tuvo un valor promedio de 3,71, este valor hace referencia a que 4 de cada 1000 personas han sufrido de desplazamiento forzoso, este indicador demuestra que realmente Bogotá es un lugar propicio para seguir soportando la inminente recepción de población desplazada⁵³.

Este dato demuestra que en primera instancia las poblaciones desplazadas que puede ser beneficiada con el proyecto, son de aproximadamente 636.824 personas, pero es necesario, tener presente que esta población damnificada puede seguir generando un aumento paulatino de destinatarios en la ciudad.

Según estos datos, se puede señalar la ciudad de Bogotá como la principal ciudad con la necesidad de viviendas de interés social para ayuda de los habitantes. La realización de este proyecto ayudara a reducir ese 45,9% de personas que aún

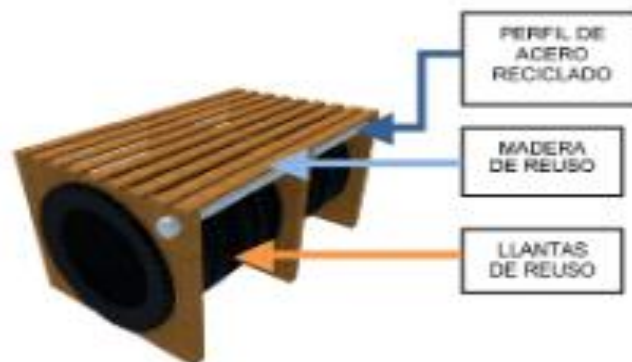
⁵³ Alcaldía Mayor de Bogotá. Proyecto Del Plan De Desarrollo Distrital Bogotá Mejor Para Todos 2016-2019. Bogotá: 2016.

viven en arriendo y adicional a ello eliminar la incertidumbre con la población desplazada que ingresa a la ciudad continuamente y paralelo a ello la correcta manipulación a las llantas como residuo sólido peligroso para el medio ambiente.

1.2.18 Usos de material de las llantas en construcción. Como bien se sabe el uso de llantas en su etapa de post-consumo, es una alternativa encaminada a la mitigación del riesgo ecológico. Hecho generado por la insuficiente gestión de retornos de estos residuos. En este sentido, a continuación, se realiza una breve descripción sobre los distintos usos o aplicaciones de las llantas; una vez culminado su ciclo de vida funcional.

- **Bancas.** Son bancas diseñadas con material reciclado, donde su cuerpo o estructura central está hecha a base de llantas usadas, junto con un perfil para darle estabilidad, y para darle el contorno exterior, se utiliza madera de reusó, así mismo, la banca ha sido concebida no solo como un asiento tradicional, sino que está también puede ser utilizada por los niños como tobogán ya que la estructura central es hueca⁵⁴, así como se observa en la ILUSTRACIÓN número dos.

Ilustración 2 Banca.



Fuente: ROMERO,Angela y AHUMANA,Nelson. Desarrollo Autosostenible De La Implementación De La Construcción De La Escuela “porvenir” Con La Utilización De Material Reciclable. Universidad Católica de Colombia, 2014.

⁵⁴ ROMERO,Angela y AHUMANA,Nelson. Desarrollo Autosostenible De La Implementación De La Construcción De La Escuela “porvenir” Con La Utilización De Material Reciclable. Universidad Católica de Colombia, 2014.

- **Construcción.** Dentro de los usos que en la construcción se les está dando a las llantas, se encuentra la cimentación, esta consiste en colocar las llantas en una forma de zapata corrida, de forma alterna y las que posteriormente serán llenadas con tierra, que se debe apisonar con el fin de lograr la mayor compresión posible dentro de las llantas para poder asegurar una estructura estable para poder hacer el levantamiento de muros.

Ilustración 3 Relleno de llantas con material Seleccionado.



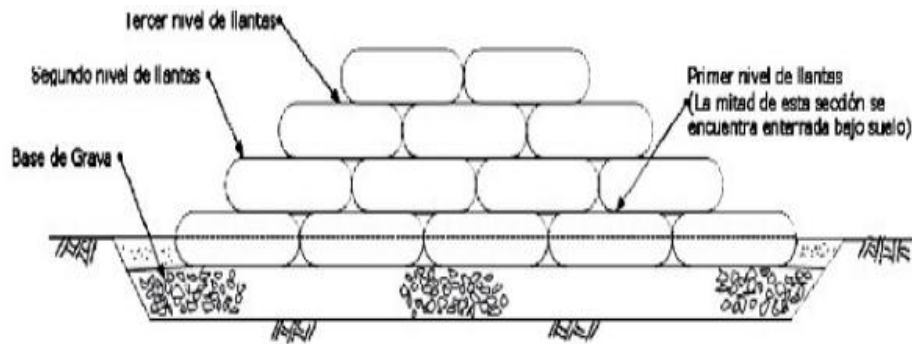
Fuente: ROMERO,Angela y AHUMANA,Nelson. Desarrollo Autosostenible De La Implementación De La Construcción De La Escuela “porvenir” Con La Utilización De Material Reciclable. Universidad Católica de Colombia, 2014

Por otro lado, dentro de las labores de construcción de viviendas de interés social, se encuentra el aprovechamiento de este material, en este caso los autores proponen que este material sea utilizado como componente para la construcción de las vías o también para darle firmeza y estabilidad a muros de contención, barreras, entre otros, para así poder disminuir los riesgos de deslizamientos, generando beneficios económicos al reducir los costos de material y a su vez ayudar a minimizar los daños ambientales⁵⁵.

Con el fin de reducir el riesgo de deslizamientos, la apelación de las llantas puede presentar ciertas formas de apilamiento, ya sea en forma piramidal o seccional lateral, como se muestra a continuación.

⁵⁵ TORRES,Diana y ACOSTA,Alejandro. PROTOTIPO DE VIVIENDA DE BAJOS COSTOS CON MATERIAL RECICLADO.

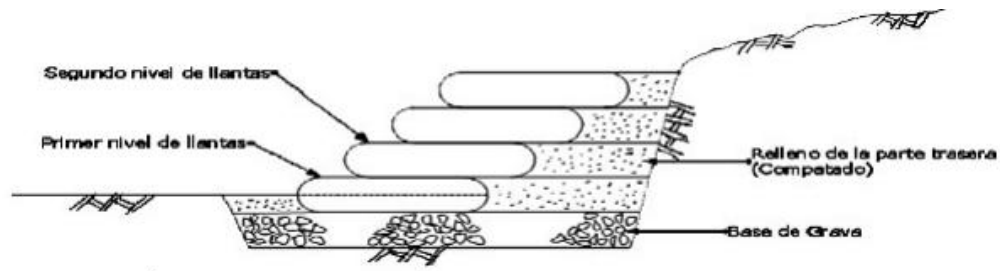
Ilustración 4. Vista frontal Apilado de las llantas de forma piramidal para darle estabilidad a la estructura.



Fuente: GUÍA DE CONSTRUCCIÓN de muro de contención con llantas usadas. Bogotá. Disponible en Internet: <URL:http://www.jica.go.jp/project/all_c_america/001/materials/pdf/manual_01.pdf>.

En la ilustración 4, se puede observar la forma en la que se apilan las llantas con el fin de obtener firmeza y estabilidad en la construcción del muro, los cimientos son rellenos con piedras y adicionalmente con cemento y arena, con el fin de evitar posibles filtraciones de agua.

Ilustración 5. Sección Transversal



Fuente: GUÍA DE CONSTRUCCIÓN de muro de contención con llantas usadas. Bogotá. Disponible en Internet: <URL:http://www.jica.go.jp/project/all_c_america/001/materials/pdf/manual_01.pdf>.

Adicionalmente en la ilustración 5, se puede observar de qué forma se pueden apilar las llantas para realizar muros de contención y escaleras, rellenándolas de piedras y cemento. La puesta en marcha de un proyecto de construcción cuenta con una serie de recursos iniciales, recursos técnicos y humanos. Según la Guía de Construcción, estas son las características necesarias.

Ilustración 6. Especificaciones para construcción de muro.

No	Artículo	Contenido	Notas
1	Duración de la construcción	20 de Julio del 2010 hasta el 5 de Agosto del 2010 (Total de días de trabajo: 17)	Horario de Jornada 8:00~15:00
2	Especificaciones	Longitud : 2 2 m. Altura : 2 m~3 m	
3	Número de Participantes	3 9 1 personas	Miembros de la comunidad de "La Canaán"
4	Cantidad de llantas utilizadas	<ul style="list-style-type: none"> • 2 4 0 llantas • Apilamiento de llantas • Punto mas alto 9 filas • Punto mas bajo 6 filas 	Diámetro de llantas : 75cm ~50cm de 3 tipos Grosor de llanta : 32cm ~19cm Patrocinio gratis de AMDC
5	Cemento	2 2 bolsas (935kg)	Demanda de cemento por llanta : 3.9kg
6	Grava utilizada en los cimientos	Aproximadamente 1 0 m3	
7	Varillas	2 Varillas (1 2 m x 2)	Diámetro : 0.5 pulgadas En la llanta mas alta se entierran
8	Herramientas Utilizadas	Carretas : 5 Palas : 1 0 Piochas : 3 Compactadores : 2 Cubetas (2 0 litros) : 6 Balanza para medir Cemento : 1	

Fuente. Guía de construcción citado por ES, Diana y ACOSTA, Alejandro. PROTOTIPO DE VIVIENDA DE BAJOS COSTOS CON MATERIAL RECICLADO.

Como se puede identificar en la ilustración 6 para la realización de un muro de vivienda o de contención, con características de 2,2 m de longitud y 2 metros de altura, se necesitan alrededor de 240 llantas.

Otros usos que pueden ser generados por el aprovechamiento de las llantas, son los siguientes:

- **Pavimentos Deportivos.** Al tomar el neumático se tritura, generando gránulos de caucho los cuales son utilizados como uno de los componentes básicos en la composición de la mayoría de los pavimentos deportivos utilizados como liga elástica o material suelto.
- **Pistas Multiusos.** Unas de las características que deben cumplir los pavimentos deportivos son elasticidad, resistencia al deslizamiento y gran durabilidad, es algo que el caucho granulado y las capas elásticas proporcionan y ofrecen a las pistas deportivas.

- **Canchas de Tenis.** El sistema asfáltico más aceptado para la realización de canchas de tenis de alta competición tiene que tener una infraestructura flexible, en el cual se aplican unas láminas finas en donde estas tienen como componente principal polvo de caucho el cual proviene de la trituración de neumáticos.
- **Campos de hierba artificial.** Campos implementados en deportes como fútbol, fútbol americano y rugby rellenos por 25 cm de granulo de caucho aglomerado por poliuretano.
- **Pavimentos de seguridad.** Su uso es principalmente se da en forma de baldosa para utilizarse en parques para niños, jardines y ancianitos las cuales son realizadas a base de gránulos de caucho junto con resinas de poliuretano.
- **Pared de Aislamiento de ruido e impacto.** Para realizar una correcta eliminación o aislamiento de ruidos se realiza por la construcción de paredes con materiales compuestos por gránulos de caucho los cuales se adhieren entre los ladrillos convencionales y el suelo por debajo de la capa de pavimento⁵⁶.

1.3 MARCO LEGAL

Es de gran importancia para este proyecto el identificar las diferentes normas legales vigentes, las cuales se harán parte del proyecto como fundamento para el cuidado del medio ambiente con respecto a los residuos sólidos, y su tratamiento enfocado a los neumáticos como residuo sólido.

Cuadro 5. Esquema marco legal.

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Artículo 79	1991	Constitución Política Colombia	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

⁵⁶ AGUADO ALONSO, Luis. Reciclado de neumáticos para la fabricación de láminas impermeabilizantes en la construcción. Disponible en: <http://oa.upm.es/5497/>

Cuadro 5. (Continuación)

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Decreto 2811 Artículo 34	Diciembre 18 de 1974	Presidencia de la Republica	Reglas emitidas para el control manejo de residuos solidos
Decreto 2811 Artículo 35	Diciembre 18 de 1974	Presidencia de la Republica	Habla acerca de la prohibición de descargar o depositar en la calle los residuos, basuras y desperdicios en general, de desechos que deterioreen los suelos, o causen daños o molestias a las personas.
Decreto 2981	Diciembre 20 de 2013	El Presidente de la Republica de Colombia	Sistemas de almacenamiento colectivo de residuos sólidos. Todo usuario agrupado del servicio público de aseo, deberá tener una unidad de almacenamiento de residuos sólidos que cumpla como mínimo con ciertos requisitos.
Decreto 312	Agosto 15 de 2006	Alcalde Mayor de Bogotá D.C	Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para la ciudad de Bogotá.
Decreto 349	Agosto 27 de 2014	Alcalde Mayor de Bogotá D.C	Por el cual se reglamenta la imposición y aplicación del Comparendo Ambiental en el Distrito Capital.
Decreto 442	de noviembre de 2015	Alcalde Mayor de Bogotá D.C	Por medio el cual crea el programa de aprovechamiento o valorización de llantas usadas y estas adoptan otras disposiciones, mediante un proceso integral del manejo de los residuos sólidos estableciendo centros de acopio con la normatividad y condiciones necesarias para hacer de esto un proceso eficiente y saludable para el medio ambiente.

Cuadro 5. (Continuación)

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Decreto 4741, Artículo 10, 11, 12, 16, 17, 18, 21, y 22	2005	Ministerio de Ambiente vivienda y desarrollo territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
DECRETO 620 Artículo , 22, 23, y 25	Diciembre 28 de 2007	Alcalde Mayor de Bogotá D.C	Por medio del cual se complementa 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 la ciudad de Bogotá.
Ley 1333	de Julio de 2009	Congreso de la Republica	Emite y explica el procedimiento sancionatorio ambiental en Colombia, para toda persona natural o jurídica que viole la normatividad legal vigente a favor del cuidado del medio ambiente y dentro de ella establece sanciones que pueden llegar a ser hasta el cierre definitivo del establecimiento, o multas diarias de hasta por cinco mil (5.000) salarios mínimos legales vigentes.
Ley 1259	Diciembre 19 de 2008	Congreso de la Republica	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

Cuadro 5. (Continuación)

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Ley 9	Enero 24 de 1979	Congreso de la Republica	Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del ambiente.
LEY 99 Artículo 65	de diciembre 22 de 1993	El Congreso de Colombia	Funciones de los Municipios, de los Distritos y del Distrito Capital de Santafé de Bogotá. Corresponde en materia ambiental a los municipios, y a los distritos con régimen constitucional especial, además de las funciones que le sean delegadas por la ley o de las que se le deleguen o transfieran a los alcaldes por el Ministerio del Medio Ambiente o por las Corporaciones Autónomas Regionales.
Resolución 0325	de mayo del 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible	Por el cual se aprueba un sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de llantas usadas y se adoptan otras determinaciones proponiendo las funciones previstas y las obligaciones señaladas en la resolución 1457 de 2010.
Resolución 1457	de Julio de 2010	Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial	El cual tiene como objeto delegar la responsabilidad de implementar y desarrollar los sistemas de recolección de llantas en su etapa de post-consumo, sobre los productores y comercializadores de llantas en el país, con el fin de prevenir y controlar la degradación del medio ambiente.

Cuadro 5. (Continuación)

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Resolución 1488	de 2003	Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo sostenible	El cual establece condiciones y límites permisibles para la emisión y disposición final de llantas usadas y nuevas desviadas por calidad en hornos de producción de Clinker de plantas cementeras. El cual quiere mantener y ejercer un control medio ambiental responsable para el uso y disposición final en esa operación.
Resolución 2875	de agosto de 2015	Ministerio de comercio, industria y turismo	En la que delega a los productores y comercializadores, verificar la disposición final que se le está dando a tales productos que se hayan establecido.
RESOLUCIÓN 6981	Diciembre 27 de 2011	Secretarios Distritales de Ambiente y movilidad	Por la cual se dictan lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no conforme en el Distrito Capital.

Estas normas se resaltan su importancia a nivel general y específico en el desarrollo de la investigación como soporte legal para su correcto desarrollo.

Por otro lado, fue necesario identificar el marco legal referente a la construcción y viviendas de interés social, ya que es de gran importancia para el proyecto conocer de antemano los lineamientos legales que rigen el sector de la construcción.

Cuadro 6. Marco legal Construcción, y vivienda de interés social.

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Constitución política de Colombia Artículo 51	1991	Constitución Política Colombiana	Se estipula el derecho a todos los colombianos de tener una vida digna.
Ley 400	1997	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio	Se establecen normas de sismo resistencia para la construcción.

Cuadro 6. (Continuación)

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Ley 25	1981	El congreso de Colombia	Se identifican las funciones y entes por los cuales se registrará y se crea la Superintendencia de subsidio Familiar.
Ley 21	1982	El congreso de Colombia	Se establecen los beneficiarios, y se define el subsidio familiar como prestación social y adicional se establece el régimen para la conformación de cajas de compensación.
Ley 49	1990	El congreso de Colombia	Establece la obligatoriedad de entregar viviendas de interés social por parte de las cajas de compensación.
Ley 708	2001	El congreso de Colombia	Se establecen normas para asignar y entregar viviendas de interés social
Ley 388	1997	El congreso de Colombia	Se identifican las zonas y territorios en los cuales se pueden desarrollar proyectos de viviendas de interés social.
Ley 3	1991	El congreso de Colombia	El instituto Nacional de Reforma Urbana, integra al banco central hipotecario, el cual se origina como subsistema de vivienda de interés social.

Cuadro 6. (Continuación)

Norma	Fecha	Emitida por	Descripción
Resolución 2413	1979	Ministerio de trabajo y seguridad social	Se establecen reglamentos de higiene y seguridad para el sector de construcción.
Acuerdo 20	1995	Consejo de Santa fe de Bogotá.	Se establecen las políticas y lineamientos nacionales por medio del código de construcción de Distrito Capital de Bogotá.

Fuente: RODRIGUEZ,Jenni. Estado Del Arte De La Auto-Construcción Sostenible En Colombia. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas., 2016. p. 28-29 e HIGUERA,Leonardo. POLÍTICAS SOBRE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y VIVIENDA DE INTERÉS PRIORITARIA EN COLOMBIA sp; Universidad Militar Nueva Granada., 2013. p. 6.

Una vez analizada toda la normatividad vigente en Colombia enfocada al cuidado del medio ambiente con respecto a los residuos sólidos, se puede identificar que el artículo 79 superior, es, o debería ser el eje de formación central de todas las normas que regulan el tema, y que si de entrada la norma es inestable lo que de ella se desencadene resultaría de la misma forma, ahora, cabe la posibilidad que este artículo sea insuficiente para abarcar toda la problemática , esto se debe a que si bien la norma le da responsabilidad de cuidado y protección, el estado no establece que órgano estará encargado de la vigilancia y control para que las personas gocen de un ambiente sano, ni mucho menos como procederá dicho órgano para velar por el cumplimiento la norma, lo que genera que las personas a las cuales la norma les impone el deber de cuidado simplemente lo ignoren; ahora bien, tenemos el Decreto 2811 del año 1974 que nos habla acerca de la protección de los recursos naturales renovables y el cuidado del medio ambiente, y se hace necesario resaltar que en la actualidad dicho acto administrativo está vigente aun cuando es pre-existente a la norma superior, lo que nos lleva a pensar que probablemente el incumplimiento se deba a la necesidad de expedir otro decreto ajustado a la actualidad y que no solamente este en consonancia con la constitución, sino que lo complemente; el problema de la mayoría de las normatividades vigentes no se encuentra en cómo debe regir el sistema de recolección de residuos sólidos, si no, en que forma de debe actuar para castigar el incumplimiento, ya que si bien la norma tiene un lado positivo que es el de crear orden, también tiene un lado negativo, y es el que busca sancionar al ciudadano o persona jurídica la cual incurrió en una violación de la norma, que en ultimas

también es positivo, ya que si un ciudadano ve de qué forma es sancionado otro por incumplir la norma o recurrir en determinada conducta, este, seguramente no querría ser sancionado de la misma manera por incurrir en el mismo actuar, lo que indirectamente daría un resultado positivo en pro del cumplimiento de la norma.

Es por ello que el impacto directo que tiene el marco legal sobre esta problemática central no se evidencia de una forma eficiente, según El Tiempo, existen vacíos jurídicos, en la resolución que el Ministerio de Ambiente regula, no se evidencia entre el gobierno, y los comercializadores de llantas quien es un responsable claro en la recolección y disposición final de este residuo⁵⁷.

1.4 MARCO HISTORICO

Según lo dicho por Giraldo en el 2008, la logística inversa tomó fuerza a partir de los años 80's, consecuencia de las protestas que se generaron por parte de los grupos ecologistas del momento, quienes acusaron a las grandes cadenas de distribución como responsables de los daños causados al medio ambiente, de acuerdo a Ballesteros y Ballesteros fue entonces cuando los empresarios tuvieron que adoptar la logística inversa dentro de sus procesos, con el fin de atender los retornos y devoluciones de sus productos elaborados, reciclaje de envases, los desperdicios peligrosos, e igualmente, tuvieron que tener en cuenta el tratamiento de productos obsoletos e inventarios estacionales, a lo largo de la cadena de suministros, con el fin de generar una recuperación efectiva y económica⁵⁸.

Para complementar lo mencionado anteriormente, se precisó realizar una revisión histórica de aproximadamente 45 años, donde se indagó desde los primeros aportes de flujos inversos, hasta los últimos aportes de autores y académicos en términos de modelos de logística inversa para llantas.

Comenzando a mediados de los años 70, Gultinan y Nwokoye, Ginter y Starling estudian la estructura de los canales de distribución para el reciclaje, concluyendo que existen una cantidad elevada de consumidores y un número escaso de actuantes encargados para la recuperación de los bienes, posteriormente a esto en los años 90's se ahonda sobre la gestión del retorno de los productos que han terminado su ciclo de vida, donde se analizaron las ventajas que contrae la recuperación y reutilización de bienes utilizados en las organizaciones, pero es hasta 1992 que se utiliza por primera vez el concepto de Logística Inversa, el cual fue otorgado por Stock, fundamentado a partir de preceptos de eliminación de residuos, re fabricación y restauración de productos.

⁵⁷ ALFGUE. El 'Tsunami' De Llantas, Sin Solución a La Vista. El Tiempo. Bogotá. Feb 28,.

⁵⁸ BALLESTEROS RIVEROS, Diana Paola y BALLESTEROS SILVA, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. En: Scientia Et Technica. vol. 5, no. 37, p. 315

Así mismo, Pholen y Farris en 1992, realizaron una contribución significativa al campo de la logística reversa, determinando los flujos inversos desde una óptica del marketing. Sin embargo, algunos autores y académicos, enmarcaron este término como un flujo opuesto en cada uno de los actuantes de la red de valor⁵⁹, consecutivamente, en 1995 aparece el ideal de generar una política organizacional que tenga por objetivo *la gestión de productos recuperados*, todo esto con la intención de administrar el flujo de los productos fuera de uso, desde los consumidores hasta los productores; sin afectar la operación normal de las compañías focales⁶⁰.

En relación al aprovechamiento de llantas usadas en Colombia, aparece en el 2010, una iniciativa liderada por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) en trabajo conjunto con el operador Corpaul, quienes desarrollaron un programa a nivel nacional para el manejo y aprovechamiento para llantas usadas en su etapa de pos consumo, este programa se empezó a ejecutar tanto en el Valle del Cauca, como en el eje cafetero y en el sur del país, donde lo que se logra es reintegrar las llantas usadas a la cadena productiva, y generar el máximo aprovechamiento de sus componentes, para así utilizarlos como materia prima en otros sistemas productivos y cerrar el ciclo de vida de estos componentes⁶¹.

Por otro lado, en el 2012 aparece un aporte académico realizado por Quintero y Ramírez de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde realizaron una tesis encaminada al diseño de un proceso logístico reverso para llantas usadas en la ciudad de Pereira, cuyo fin es analizar la posibilidad de abrir una empresa que cumpla con los lineamientos establecidos en la resolución 1457, y así mismo aprovechar los componentes de las llantas como materia prima para generar un impacto económico positivo a la organización⁶².

Finalmente aparece Ruiz en el 2016, donde realiza un trabajo de investigación, denominado “Estrategias de logística inversa que permitan la reutilización de las llantas usadas”, por una parte en dicho documento pretende evidenciar la semejanza existente entre la reutilización de productos fuera de uso y la logística inversa, así mismo establece una serie de estrategias para el aprovechamiento de las llantas usadas para realizar el debido retorno y reutilización de las llantas fuera de uso en la ciudad de Bogotá, con el fin de generar una reintegración a la cadena

⁵⁹ GONZÁLEZ ALCÁNTARA, Oscar J., et al. Logística Inversa: impacto ambiental y económico en la gestión de la cadena de suministro.

⁶⁰ SALOMON, Marc; VAN NUNEN, Jo y VAN WASSENHOVE, Luk. Strategic Issues in Product Recovery Management. En: OR Spektrum. vol. 28, no. 1, p. 1-2

⁶¹ BERNAL SÁNCHEZ, ÁNGELA MARÍA y OVALLE AGUILERA, DIANA YULIETT. Diagnóstico Ambiental De La Gestión De Llantas Usadas En La Avenida Centenario De La Localidad De Fontibón Desde Cra 90 Hasta La Cra 140. 2016.

⁶² RAMIREZ SALGADO, JHONATAN y QUINTERO LOPEZ, ALEJANDRO. Diseño De Un Proceso Logístico Reverso De Llantas Usadas En La Ciudad De Pereira Año 2012. Editorial Universitaria, 2012.

de suministros como materia prima, y ayudar a disminuir las adversidades ambientales generadas por estos residuos sólidos⁶³.

1.4.1 Cesvi Colombia. El Centro de Experimentación y Seguridad Vial Cesvi Colombia S.A. es una compañía dedicada desde hace 18 años a brindar a sus clientes productos y servicios que con el fin de satisfacer sus necesidades y generar valor en sectores como; el asegurador, el automotor, el reparador y de la seguridad vial tanto en Colombia como en el exterior, esto lo logra mediante la investigación, experimentación e innovación lo largo de la cadena de valor automotriz, por lo cual ha sido reconocida por Colciencias⁶⁴.

Cesvi está conformada por 9 aseguradoras las cuales son: Mapfre Colombia, Allianz, BBVA Seguros, Equidad Seguros, Liberty Seguros, Previsora Seguros, Aseguradora Solidaria de Colombia, Seguros Bolívar y SURA, a nivel nacional cuenta con agencias regionales en Cali, Medellín y Barranquilla, además de atender a 18 ciudades a nivel nacional, es miembro del RCAR, el cual cuenta con 24 miembros en 18 países, su objetivo se centra en ejercer influencia sobre los fabricantes para mejorar el diseño automotor, para así aumentar la seguridad pública y disminuir los costos humanos y económicos asociados con la propiedad y uso del automóvil⁶⁵.

Actualmente Cesvi lleva a cabo proyectos enfocados al reciclaje y aprovechamiento de vehículos fuera de uso, con el fin de ayudar a disminuir paulatinamente la contaminación ambiental generada por estos desechos, y adicional, se encargan del desmontaje de productos contaminantes, los cuales son catalogados como RESPE (residuos peligrosos), que hacen parte de los vehículos, como lo son, aceites, combustibles, baterías, entre otras, que posteriormente se deben disponer ambientalmente con gestores certificados para que estos mismos realicen la destrucción controlada de estos y mitigar en lo mínimo la contaminación al medio ambiente⁶⁶.

En relación a lo mencionado anteriormente, es importante hacer alusión a que la ejecución del presente proyecto se pretende realizar en conjunto con la empresa Cesvi, ya que es esta organización, la que ha tomado como iniciativa generar el aprovechamiento de las llantas usadas, que están dispuestas en sus terrenos para realizar construcciones de viviendas de interés social.

⁶³ RUIZ GRANADOS, Dolana. Estrategias De Logística Inversa Que Permitan La Reutilización De Llantas Usadas. 2016.

⁶⁴ CESVI COLOMBIA S.A. CESVI COLOMBIA S.A. enero 1,. Disponible en: <http://www.cesvicolombia.com/cesvi/#nosotros>

⁶⁵ Cesvi Colombia. Cesvi Colombia, Vídeo Corporativo. [Youtube]. Bogotá D.C: Cesvi Colombia, 2013.

⁶⁶ Cesvi Colombia. Cesvi Repuestos - Proyecto De Vehículos Fuera De Circulación. [Youtube]. Bogota D.C: Cesvi Colombia, 2011.

1.5 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS CON LLANTAS

Según, Julio Alejandro Calva, director del proyecto Fuego Nuevo el cual se realizó en Monterrey en el mes de Febrero del año 2009, describió que la construcción de viviendas a base de llantas inicia hace aproximadamente 30 años, y que inexplicablemente en México no se ha dado este tipo de viviendas masivamente, pero es una alternativa de otorgar a familias marginadas una vivienda digna⁶⁷. Por otro lado la revista EcoHabitar comunica que por medio del Arquitecto Michael Reynolds en el año 1978 en Nuevo México comienza la construcción de viviendas a base de llantas con el fin de encontrar un modelo de vivienda eficiente a base de artículos reutilizados⁶⁸ es así como se puede concluir que la construcción de viviendas ecológicas a base de llantas se origina hace más de 35 años, en Colombia según El Tiempo, oficialmente se construye la primer casa por parte de la ecologista Alexandra Posada, quien en el municipio e Choachi lleva a cabo un proyecto de vivienda a base de llantas y botellas de vidrio⁶⁹ es así como en el año 2015 las viviendas a base de llantas llegan oficialmente al país Colombiano.

1.6 REVISIÓN DE CASOS DE EXPERIENCIA

El propósito de este análisis es resaltar los elementos y variables principales, relacionados con el diseño de la logística inversa, ya que estos podrán ayudar a la identificación de variables y validación de estas mismas con relación a lo expresado por los expertos en las entrevistas realizadas, para así categorizar de manera más objetiva, los factores que se tendrán presente para el desarrollo del diseño del modelo.

1.6.1 Diseño de un proceso logístico reversivo de llantas usadas en la ciudad de Pereira año 2012. Este proyecto tiene relación directa con el nuestro, ya que los autores tienen como objetivo el diseñar un proceso logístico reverso de llantas, pero para la ciudad de Pereira, de la información encontrada en este documento se hará un enfoque sobre los elementos principales que fueron de gran importancia para la realización del proyecto y que a su vez pueden ser posibles factores influyentes para el diseño del modelo de logística inversa para llantas usadas en Bogotá.

Identificación de Factores.

En cuanto a la identificación de los factores se evaluaron las alternativas o elementos que pueden ser parte del modelo logístico, estos son:

⁶⁷ Julio Alejandro Calva citado por Tecnológico de Monterrey. Profesor Y Alumnos De Arquitectura Del Campus Estado De México Participan En El Proyecto "Fuego Nuevo"(Construcción De Viviendas Hechas Con Llantas , Botellas De Vidrio Y PET). Monterrey.: 2009.

⁶⁸ EcoHabitar. Viviendas Recicladadas. En: EcoHabitar. Marzo 3,.. p. 1

⁶⁹ RW.ERROR - Unable to find reference:doc:5a0a1a11e4b0e70d304d981c

- **Sistemas de Recolección del Fabricante:** Como único responsable de implementar el sistema de gestión de retorno de las llantas en su etapa de pos consumo, esto con una visión de responsabilidad legal con respecto a la resolución 1457, por otro lado, la responsabilidad ambiental que debe de tener el cual debe de otorgar, adecuar e instaurar las estrategias necesarias para el proceso de recolección, inspección y acopio del material.
- **Sistemas de Recolección de los Distribuidores:** Tiene la responsabilidad de distribuir y entregar correctamente el material, así mismo como asumir el almacenamiento de los residuos sólidos para ser entregados ya sea a la empresa fabricante o a la aprovechadora, de igual manera es importante hacer mención que la resolución 1457 también los acoge dentro de los responsables.
- **Sistemas de Recolección de los Consumidores Finales:** Son todos aquellos que pertenecen al último eslabón de la cadena productiva, y encargados finales del buen uso del material, cuando este material culmina su vida útil, son ellos quienes deciden qué hacer con el producto, y más allá de eso, tienen una responsabilidad social y ambiental al tomar una buena decisión sin afectar la salud ni seguridad de cualquier otro individuo.
- **Producción de residuos en etapa de Clasificación Empresas de aprovechamiento del material.** Se nombra así a los diferentes grupos industriales encargados de la utilización de este material en su etapa de pos consumo, ya estos pueden ser generadores de este residuo y están directamente implicados en el proceso de gestión de retorno de la llanta.
- **Frecuencia de recolección:** La Frecuencia se origina de acuerdo a la necesidad y la oferta del producto, ocasionando la generación anual de este residuo sólido, y recolección del mismo, y su vez se identifica la relación existente entre la frecuencia de recolección y los costos asociados, es decir, entre menos sea la frecuencia, menos es el costo de recolección, y asegurando que la capacidad sea totalmente abastecida.
- **Capacidad de los Vehículos:** La utilización de la capacidad de los vehículos en su totalidad, es relacionada con la eficiencia de estos.
- **Mejora Ruta a Ruta.** Análisis de los nodos de recolección desde el centro de acopio a los destinos, y eligiendo la ruta más corta por medio del método de ruta más corta.

1.6.2 Estrategias de logística inversa que permitan la reutilización de llantas usadas. Este proyecto principalmente realiza un análisis desde el punto de vista logístico, de la forma en la que un residuo el cual está siendo desaprovechado por falta de mercado, se puede acopiar de nuevo y así mismo clasificarlo y darle un

nuevo uso, es una implementación clara de la economía circular ya que lo que se trata de evidenciar es la forma de alargar la vida útil del material al momento de reintegrarlo a la cadena productiva nuevamente en su etapa de pos consumo.

En este proyecto se evidenciaron los siguientes elementos logísticos.

- **Recolección y acopio de llantas usadas:** Se realiza la recolección en los centros de acopio de los fabricantes y comercializadores a través de sus propios modelos de logística inversa.
- **Clasificación de llantas:** Como objetivo principal de la clasificación, es realizar una inspección para así poder identificar el uso correcto que se le dé al material, ya sea para reciclaje, reutilización o una disposición final (destrucción del material), estos procesos se deben realizar dentro de los centros de acopio, con el fin de no aumentar los costos en otros eslabones de la cadena productiva.
- **Generación Nueva materia prima:** La generación de nueva materia prima a partir de apertura de nuevos mercados y de la clasificación obtenida.

1.6.3 Proceso de logística inversa en la empresa ALIVAL S.A de Pereira.

Aunque no es directamente un diseño para el aprovechamiento de las llantas, se identificaron ciertos elementos de la logística inversa, nombrados en el proyecto el cual concluye una serie de estrategias de mejoramiento en cuanto al proceso de logística inversa de productos lácteos que son distribuidos por la empresa Alival S.A.

- **Ubicación del centro de Acopio.** La ubicación del centro de acopio es esencial ya que debe estar en un lugar óptimo a las rutas de recolección y de despacho, con el fin de no incurrir en altos costos de transporte dentro del proceso logístico.
- **Capacidad del centro de acopio.** Su recepción mensual de material debe ser acorde con su capacidad e infraestructura con la que cuenta el centro de acopio, con el objetivo de no incurrir en inconsistencias de seguridad y almacenamiento.
- **Tecnologías de transporte.** Debe ser más una fortaleza que una debilidad para las organizaciones tanto en sus procesos internos como externos, es decir, al tener un buen sistema de transporte, los costos asociados tienden a disminuir, igualmente que sus riesgos de manipulación.

1.6.4 Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica. En este artículo lo que presentan es una revisión a los distintos modelos matemáticos de programación con el fin de dar solución a los problemas presentes en los diseños de redes logísticas inversas, así mismo, centra el caso de

estudio al aprovechamiento y mejoramiento de la gestión de llantas en desuso en las ciudades de Pereira y Dosquebradas, donde evalúan las distintas posibilidades de recuperación para disminuir costos y a su vez generar beneficios a la región.

En el trabajo los autores hacen mención a los problemas con mayor regularidad que se presentan dentro de los procesos de logística inversa, los cuales se presentan a continuación

- **Diseño de redes de logística inversa y localización de instalaciones.** Aquí se resalta la importancia que tienen el número de instalaciones con las que se cuenta y la ubicación de estas mismas, pues es allí donde se realiza el tratamiento de los residuos sólidos, por otro lado, nombran la relevancia existente en factores como, la incertidumbre en cantidad de retorno del producto que ha culminado su ciclo de vida útil, así mismo, relacionan la importancia de la gestión de residuos con la capacidad de acopio de las instalaciones.
- **Gestión de inventarios en flujos de retorno.** Los problemas relacionados con la gestión de inventarios nuevamente se enfocan con el nivel de incertidumbre de retornos existente a lo largo de la red de valor, pues al desconocer las causas de los retornos tampoco se puede controlar la cantidad que será devuelta, generan una posible ocurrencia en costos logísticos.
- **Planificación y control de actividades de producción.** Estas actividades hacen mención a las relacionadas con la recolección, distribución, desensamble, acopio, entre otras, con el fin de generar un máximo aprovechamiento del material recogido.

1.7 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES RELEVANTES

Posterior a realizar una identificación de casos relacionados con la aplicación de la logística inversa, es pertinente, realizar una identificación de factores, que son incidentes dentro del marco del proyecto, para ello, se realizó una descripción de los casos y de los factores encontrados previamente, como se muestra en el Cuadro 7 y el Cuadro 8, respectivamente.

Cuadro 7. Casos Identificados

Caso base de estudio	
Caso 1	Diseño de un proceso logístico reverso de llantas usadas en la ciudad de Pereira año 2012
Caso 2	Estrategias de logística inversa que permitan la reutilización de llantas usadas.
Caso 3	Proceso de logística inversa en la empresa ALIVAL S.A de Pereira

Caso 4	Diseño de redes de logística inversa: una revisión del estado del arte y aplicación práctica.
--------	---

Cuadro 8. Factores Identificados.

Factores relacionados con la logística inversa	
Factor 1	Sistemas de recolección
Factor 2	Almacenamiento (Acopio)
Factor 3	Sistema de clasificación
Factor 4	Localización de los centros de acopio
Factor 5	Gestión de inventarios de retornos
Factor 6	Rutas de transporte
Factor 7	Producción/ Aprovechamiento

A continuación, en el Cuadro 9, se muestra la matriz de relación de casos con factores para así poder identificar los más relevantes, para la lectura de la matriz es necesario, decir que cuando aparece el número uno (1), es porque el caso tiene relación con el factor, pero cuando aparece el número cero (0), hace referencia a que no existe ningún tipo de relación entre el caso y el factor.

Cuadro 9. Relación Caso Factor.

Relación caso- factor							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
Caso 1	1	0	0	0	1	1	1
Caso 2	1	1	1	0	0	0	1
Caso 3	0	1	0	1	0	1	0
Caso 4	0	1	0	1	1	1	1

Después de haber realizado la matriz, se obtuvo como resultado la identificación de los factores de logística inversa con mayor nivel incidencia dentro de los casos analizados, como se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Porcentaje de Incidencia de Factores.

Nivel porcentual de incidencia de los factores						
Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
50%	75%	25%	50%	50%	75%	75%

Como se puede observar los factores más relevantes encontrados, hacen mención al almacenamiento (acopio), las rutas de transporte y los procesos de producción o aprovechamiento del material, dichos hallazgos, serán tomados en consideración más adelante, para ser validados, con expertos y así mismo, identificar la relevancia para el desarrollo del modelo.

2. DIAGNOSTICO DE LA GESTION DE RESIDUOS EN BOGOTA

Con respecto al diagnóstico, es importante caracterizar las fallas que se están presentando actualmente, frente a la gestión de retornos de llantas usadas en la ciudad de Bogotá, posterior a esto, se debe realizara una validación por medio de una fuente primaria, es decir, una entrevista a expertos, donde las preguntas realizadas, estarán relacionadas con aquellos hallazgos derivados de la búsqueda en fuentes secundarias, ya que el objetivo de ello es poder encontrar ciertas características o factores relacionados tanto con la gestión de retornos como con la logística inversa.

Para poder desarrollar adecuadamente este apartado, es necesario identificar en primer lugar las herramientas de recolección de información como se muestra a continuación.

2.1 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN FUENTES PRIMARIAS

Dentro de los aspectos más relevantes encontrados en los procesos de investigación, se resalta la importancia que adquiere la búsqueda y adquisición de la información, pues al realizar el levantamiento de datos verídicos, aumenta la confiabilidad del estudio, ya que de estos se depende la importancia del análisis que se procede a realizar. Por otro lado, cuando se refiere a las fuentes de recolección de información se resalta la importancia de las fuentes primarias y secundarias, donde se dará un breve énfasis en las fuentes primarias, ya que, para efectos de este apartado, será el levantamiento de esta información la que se sea realmente beneficiosa para la identificación de variables necesarias.

No obstante, se trae en consideración lo dicho por Gallardo y Garzón en su escrito titulado “Aprender a Investigar”, donde se resalta, que para generar un levantamiento de información adecuada, el investigador debe tener un contacto directo con aquellos expertos que se tengan relación con el objeto de estudio⁷⁰, entre las herramientas para la obtención de información primaria se destacan las siguientes.

2.1.1 La Observación. Según Abraham Kaplan “Es la búsqueda deliberada, llevada con cuidado y premeditación, en contraste con las percepciones causales y en gran parte pasivas, de la vida cotidiana”⁷¹.

⁷⁰ GALLARDO DE PARADA, Yolanda y MORENO GARZON, Adonay. Serie APRENDER A INVESTIGAR.

⁷¹ KAPLAN, Abraham citado por GALLARDO DE PARADA, Yolanda y MORENO GARZON, Adonay. Serie APRENDER A INVESTIGAR.

2.1.2 Observación Participante. Este tipo de observación es la que día a día se realiza, es decir, se enfoca en algunas aspectos que se generan por curiosidad o por criterios propios y esta se encuentra dentro del tipo de observación que no es estructurada la cual se basa en la primer fase del experimento que es el exploratorio y acercamiento de un fenómeno de estudio⁷².

2.1.3 La Observación Estructurada. La observación estructurada, a diferencia de la no estructurada, el investigador tiene claro sus objetivos y se restringe el grado de libertad enfocándose en lo relevante para su objetivo, esta información parte de formulaciones específicas⁷³.

2.1.4 Encuesta. Se define la encuesta como un punto medio que se encuentra entre lo que se observa y lo que se experimenta, ya que acopia información de lo que fue observado y por otro lado se cuestiona al experimentador. Se concluye la encuesta como método descriptivo en el cual se pueden identificar una variedad de objetivos propuestos en su desarrollo. Así mismo se destacan 4 características fundamentales en una encuesta:

- La encuesta se da como observación que no es directa de algún hecho obtenido de acuerdo a lo que digan los interesados.
- Método el cual es preparado para una investigación
- Se desarrolla masivamente por medio de sistemas de muestreo.⁷⁴

2.1.5 Entrevista Personal. Esta entrevista se genera casi siempre por dos actantes llamados el entrevistador y el entrevistado, y como herramienta de registro de información se da promedio de un cuestionario o una grabadora para registrar la información. Por otro lado, cuando el cuestionario es desarrollado personalmente se denomina Cara a Cara, adicional a esto cuando se tiene unas preguntas fijas se denomina entrevista dirigida, y cuando el entrevistador plantea un tema con anterioridad y deja que sea una narración espontanea, es una narración no dirigida⁷⁵.

2.1.6 Entrevista telefónica. Es prácticamente la misma entrevista personal, con el factor diferenciador de que esta es realizada vía telefónica. Tiene una gran desventaja y es que el entrevistador no puede analizar los gestos ni la forma de la

⁷² Serie APRENDER A INVESTIGAR. Op cit., p. 60.

⁷³ Serie APRENDER A INVESTIGAR. Op Cit., p.64.

⁷⁴ ABRIL, Vctor Hugo. Técnicas de Instrumentos de la Investigación. En: Recuperado De [Http://S3.Amazonaws.Com/Academia.Edu.Documents/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.Pdf](http://S3.Amazonaws.Com/Academia.Edu.Documents/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.Pdf).

⁷⁵ ABRIL, Vctor Hugo. Técnicas de Instrumentos de la Investigación. En: Recuperado De [Http://S3.Amazonaws.Com/Academia.Edu.Documents/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.Pdf](http://S3.Amazonaws.Com/Academia.Edu.Documents/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.Pdf).

cual el entrevistado otorga la información, así que fácilmente este puede negarse a contestar una pregunta o entregar información falsa⁷⁶.

2.1.7 Cuestionario Auto aplicado o por correo. Consiste en enviar la información directamente a el entrevistador creado con preguntas claras y fácil entendimiento, se corre el riesgo de que no sea contestado por la persona dirigida o que no tenga una respuesta satisfactoria⁷⁷.

2.1.8 Experimentación. Método de obtención de información en el cual las variables investigadas pueden ser manipuladas y así mismo, conocer los estímulos recibidos para su valoración y posterior a ello identificar las relaciones causales entre variables y descartando información para llegar al objetivo⁷⁸.

Una vez identificadas y descritas las herramientas de búsqueda de información primaria, es importante realizar la aplicación de los métodos necesarios para el análisis de dicha información, sin embargo, se debe destacar la importancia de la hipótesis dinámica, ya que esta será la herramienta para realizar la identificación de las fallas de la gestión de retornos, con base a la búsqueda de información en fuentes secundarias, por ello a continuación se explicara el funcionamiento de dicha herramienta.

2.2 MÉTODOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

2.2.1 Hipótesis Dinámica. Es una metodología utilizada para el análisis del comportamiento de sistemas complejos, es decir, ayuda a identificar de manera teórica la conducta que presentan los distintos sistemas para así mismo poder dar solución a los problemas específicos que se hayan presentado, esto, mediante la caracterización tanto de las variables como la de las relaciones existentes entre estas, y a su vez las consecuencias generadas por las relaciones, con el fin de poder efectuar un diagrama que sirva como apoyo para una mejor comprensión del comportamiento del sistema y posterior validación de la hipótesis, ya que esta se puede aceptar o rechazar, e incluso en algunos casos puede llegar a ser modificada⁷⁹.

Para desarrollar adecuadamente la hipótesis dinámica, se presentan ciertas reglas en cuanto a las interacciones de las variables y a la toma de decisiones basados en el modelo, que se fundamenta en la existencia y estructuración de dos fases en las cuales se puede describir la metodología presente:

En primer lugar se encuentra la fase cualitativa de la hipótesis dinámica, donde los resultados se evidencian a partir de un diagrama causal, el cual muestra las

⁷⁶ Técnicas de Instrumentos de la Investigación. Op cit., p. 6.

⁷⁷ Técnicas de Instrumentos de la Investigación. Ibíd., p. 6.

⁷⁸ Técnicas de Instrumentos de la Investigación. Ibíd., p. 7.

⁷⁹ Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. Madrid, España: Edison.

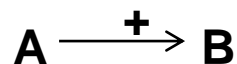
relaciones existentes entre las variables, y a su vez la retroalimentación que se presenta dentro del sistema⁸⁰. Es por esto que no existe como tal el uso de la simulación, puesto que esta es considerada como una opción suficiente para el desarrollo y descripción de la hipótesis, ya que ayuda a concluir los comportamientos presentes dentro del modelo de una manera intuitiva⁸¹, además, es notable la intervención que se genera para ilustrar lo que algunos autores denominan como “simulación mental”, ya que esta interviene y rediseña los sistemas, que se han sido de los distintos entendimientos.

En segundo lugar, se encuentra la fase cuantitativa de la hipótesis dinámica, dicha fase se fundamenta en la necesidad de obtener elementos matemáticos que ayuden a la elaboración del entendimiento del sistema, basado en el diseño de un modelo matemático, cuyo objetivo es identificar de forma matemática el comportamiento de las relaciones que se presentan entre las distintas variables, con el fin de realizar una simulación, que sirva para analizar el comportamiento del sistema en distintas condiciones, pues como bien se sabe, los sistemas no son estáticos en el tiempo⁸².

Sin embargo, el realizar solamente el diagrama causal no es suficiente para analizar verdaderamente el comportamiento del sistema estudiado, por eso, algunos autores consideran necesario el poder pasar del diagrama causal a un diagrama de Forrester, ya que a partir de este se puede obtener el modelo matemático y así simular el comportamiento de las variables del modelo e identificar su variabilidad a lo largo del tiempo⁸³.

Para estructurar el diseño del diagrama de Forrester de las causas encontradas, es importante, identificar la relación de incidencia que tiene una variable sobre otra dentro del sistema estudiado, donde se pueden evidenciar dos tipos de relaciones, como se presenta a continuación.

- Existe una relación positiva, si al generar un incremento en **A** se evidencia un incremento en **B**, o, por otro lado, si se presenta una disminución de **A**, así mismo lo hará **B**.



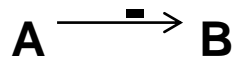
⁸⁰ Iñaki Morlán Santa Catalina. Modelo De Dinámica De Sistemas Para La Implantación De Tecnologías De La Información En La Gestión Estratégica Universitaria. 2011.

⁸¹ MEJÍA, Andrés, et al. Ser Directo Puede Traerte Problemas, Pero Ser Indirecto También: Las Realimentaciones En Dinámica De Sistemas Cualitativa Y Cuantitativa. Universidad de los Andes,

⁸² Dinámica De Sistemas Cualitativa Y Cuantitativa. Op cit., p. 69.

⁸³ Dinámica De Sistemas Cualitativa Y Cuantitativa. Ibíd., p. 69.

- Existe relación negativa, si al hallarse un incremento de **A**, se presenta una disminución en **B**, y viceversa⁸⁴.



Además de lo dicho anteriormente, el diagrama de Forrester cuenta con algunos elementos de naturaleza endógena o exógena al sistema, estos elementos son cuantitativos pues tienen valor numérico y su respectiva magnitud, los elementos también pueden ser variables, las cuales pueden ser de tres clases, como lo son; las variables de nivel, las variables de flujo y las variables auxiliares.

Una vez identificada y explicada la herramienta que será utilizada para el diagnóstico, se procede a aplicarla como se muestra a continuación.

2.2.2 Aplicación a la Hipótesis Dinámica. Posterior a la caracterización de la herramienta de diagnóstico, y el levantamiento de información en fuentes secundarias, se procede a realizar la aplicación de la hipótesis dinámica, donde su estructura se fundamenta en la identificación de las causas primordiales, las cuales propician los errores en la gestión de retorno de llantas usadas en la ciudad de Bogotá.

A continuación, se identifica el problema a tratar en el presente apartado.

2.2.2.1 Identificación del problema. El objetivo principal del estudio en cuestión, se basa en entendimiento de los procesos de la gestión de retornos de llantas, con el fin de identificar los factores con mayor nivel de incidencia, que se encuentren presentes en los retornos de dicho producto, para ello se realizó una indagación en fuentes de información secundaria, con el fin de poder caracterizar la situación actual se presenta en la ciudad de Bogotá, frente a la gestión de los residuos sólidos, más específicamente las llantas usadas.

Como consecuencia de la información encontrada, se evidenciaron ciertos errores relacionados con la gestión de los retornos de llantas, los cuales se mencionan a continuación.

2.2.2.2 Errores en la Gestión de retorno de llantas. El proceso de retorno de llantas, aun no se encuentra debidamente gestionado debido a que existen ciertas inconsistencias en cuanto a la implementación y al control que se debe realizar en dicho proceso, un ejemplo de ello, es la falta de información con la que cuentan los usuarios, ya que los comercializadores no se encargan de comunicar a sus clientes, cuales son los mecanismos correctos para realizar una buena

⁸⁴ Donado campos, Juan de Mata; DORMIDO CANTO, Sebastian y MORILLA GRACIAS, Fernando. Fundamentos De La Dinámica De Sistemas. 2005.

disposición del producto al final de su vida útil⁸⁵, así mismo, existen ciertas falencias en las características de los centros de acopio dispuestos para almacenar las llantas usadas, debido a que no cuentan con la infraestructura y la capacidad necesaria para albergar dicho producto⁸⁶, todo esto provocando que se originen acumulaciones de llantas usadas en espacios públicos, generando riesgos al medio ambiente y a la salud humana.

Sin embargo, dentro de la gestión de retornos también se contemplan otros errores intrínsecos al proceso, los cuales harán parte importante para la estructuración de la hipótesis dinámica, y serán explicados a continuación.

2.2.2.3 Causales de error en la gestión de retornos de neumáticos en la ciudad de Bogotá. A continuación, se presentan las causales evidenciadas a lo largo del desarrollo de este trabajo.

C1: Carencia de información en los consumidores por parte de los comercializadores. Según la revista Teknos, alrededor de solo el 7% de los comercializadores, transmite información clara a los usuarios finales, de cómo manejar y donde entregar el producto en etapa de pos consumo⁸⁷, actualmente en la ciudad de Bogotá cuenta con alrededor de 100 puntos de recolección de residuos sólidos, sin embargo, el concejal Diego García a través del periódico el Tiempo, denuncia la falta de capacidad e infraestructura de estos lugares para realizar un acopio eficiente y seguro, pues asegura que solo 1 de cada 10 puntos recibe llantas usadas sin condición alguna⁸⁸, ¿esto que genera?, efectivamente un manejo inadecuado de este residuo sólido que se sintetiza en 4 impactos directamente asociados, los cuales son:

Proliferación de plagas, mosquitos y enfermedades dado por el estancamiento de aguas e inestabilidad del lugar de acopio: La proliferación de plagas y mosquitos se origina en el momento en el que el usuario deja las llantas en zonas a cielo abierto o lugares húmedos, en el cual el agua estancada origina principalmente los mosquitos, como se puede observar en la ilustración 7, es esta una posible forma de contaminación y por otro lado generación de las plagas ya que hacen de este su habitat⁸⁹.

⁸⁵ GOMEZ,Luis. ¿Están Funcionando los Programas de Recolección Selectiva de Residuos Post-Consumo? Caso: Percepción en Bogotá. En: Teknos. 10,diciembre,. p. 14

⁸⁶ El Tiempo. Denuncian Fallas En Puntos De Recolección De Llantas En Bogotá. Bogotá D.C. Sep 30,. p. 1

⁸⁷ GOMEZ,Luis. ¿Están Funcionando los Programas de Recolección Selectiva de Residuos Post-Consumo? Caso: Percepción en Bogotá. En: Teknos. 10,diciembre,. p. 14

⁸⁸ El Tiempo. Denuncian Fallas En Puntos De Recolección De Llantas En Bogotá. Bogotá D.C. Sep 30,. p. 1

⁸⁹ JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES y JULIÁN TORRES TRUJILLO. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C. a.

Ilustración 7. Contaminación y proliferación de plagas y mosquitos.



Fuente. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C, 2015.

Generación de incendios los cuales pueden llegar a ser incontrolables y así mismo daño en la capa atmosférica irreparables: La quema a cielo abierto ocasiona daños irreparables en la salud y el medio ambiente, al realizar la quema de una llanta, este emite gases y material particulado, tales como, Monóxido de Carbono, Óxidos de azufre, Óxidos de nitrógeno adicionando compuestos peligrosos volátiles, las personas que se someten a este tipo de circunstancias, desarrollan impactos significativos negativos a corto y largo plazo en la salud⁹⁰.

⁹⁰ JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES y JULIÁN TORRES TRUJILLO. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C. a. *Ibíd.*, p.40.

Ilustración 8. Quemadas a Cielo Abierto.



Fuente. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C, 2015.

Alto riesgo de daño físico al momento de apilar grandes cantidades y que estas se derrumben: Al momento de apilar grandes cantidades de llantas, estas pueden generar un riesgo físico directo, ya que estas acciones se realizan en establecimientos que no cuentan con las características, y adicional las personas no cuentan con estudios ni conocimientos del cómo tratar este material y es allí donde caen grandes torres de neumáticos los cuales pueden ocasionar lesiones graves⁹¹.

Contaminación visual por mal apilamiento en calles: La contaminación visual, como se observa en la ilustración 9, Contaminación visual en las calles de Bogotá D.C, es una clara muestra que el problema en la ciudad de Bogotá D.C es latente y altamente peligroso, además de ocasionar problemas ambientales y de salud, generan en una invasión del espacio público, por apilamiento inadecuado en las vías de Bogotá, ocasionando estas, hasta accidentes de tránsito al interrumpir el tráfico.

⁹¹ JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES y JULIÁN TORRES TRUJILLO. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C. a.

Ilustración 9. Contaminación Visual en las calles de Bogotá D.C.



Fuente. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C, 2015.

C2: Incumplimiento de la resolución 1457 del 2010. La resolución 1457 del año 2010 emitido por el Ministerio de Ambiente, la cual dirige a los productores y comercializadores la responsabilidad de establecer e implementar Sistemas de recolección selectiva y Gestión ambiental de llantas usadas, y de comunicar a los usuarios finales sobre este método de recolección. Para Implementar este sistema, se deben tener cuenta con las siguientes características:

a) Crear puntos de recolección accesibles a los consumidores finales, y así mismo permitirles a estos depositar las llantas usadas; b) Por ningún motivo cobrarle al consumidor final algún valor por la recepción de llantas, o hacerlo comprar otras nuevas en este punto; c) Identificar alternativas y medios de reutilización de este elemento⁹².

Según El Espectador, denuncia en el año 2014, la ANDI con su programa de pos consumo no tiene toda la responsabilidad de la recolección de este producto, afirman que aun hacen falta alrededor de 130 empresas para implementar este

⁹² SYSTEM OF SELECTIVE COMPILATION y ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF SECOND HAND TIRES DEVELOPED THE ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI). Análisis Del Sistema De Recolección Selectiva Y Gestión Ambiental De Las Llantas Usadas Desarrollado Por La Asociación Nacional De Empresarios De Colombia (Andi).

sistema y continúan funcionando con normalidad sin ninguna sanción por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales⁹³.

Así mismo, el periódico El Tiempo en el año 2015, vuelve a denunciar que cada día terminan alrededor de 2050 llantas en las calles de la ciudad, que el sistema establecido por la ANDI aún no es contundente⁹⁴. Por otro lado, Cardozo quien se encuentra al frente del programa Rueda Verde, por medio del periódico El Tiempo denuncia que hasta el momento existen 82 empresarios entre comercializadores y productores, y asegura que hay alrededor de 150 empresas de este sector, que no han querido someterse a esta regulación lo que concluye en la inexistencia de una responsabilidad socio ambiental por parte de los productores y comercializadores y que a su vez no hay un control del Ministerio de Ambiente con la resolución emitida en el año 2010⁹⁵.

Este es un factor que se ha convertido en una causa fundamental de la problemática ambiental, ya que no se identifica un compromiso por parte de las empresas quienes son responsables de implementar un sistema de recolección, y por otro lado no se identifica compromiso por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ni el Ministerio de Ambiente los cuales no ejercen un control certero ni eficaz sobre las compañías que no están cumpliendo la resolución emitida desde el año 2010.

C3: Centros de acopio de llantas usadas Inadecuados. El Ministerio de Ambiente en el año 2010 atestiguó que los almacenajes de estas llantas usadas son regularmente recogidas de las calles y llevadas a puntos de acopio clandestinos, como techos, patios de viviendas y bodegas sin la infraestructura ni reglamentación adecuada, lo cual pone en riesgo directo la afectación de la salud y medio ambiente⁹⁶.

Por otro lado, Cardozo en el año 2015 por medio del periódico El Tiempo; asegura que existen lugares de acopio, creados con el fin de reciclar este tipo de productos, pero que a lo largo del tiempo estos establecimientos no logran un posicionamiento en el mercado, así que tienen que tomar la decisión de deshacerse de estas llantas, y la solución más fácil es abandonarlas en las calles⁹⁷.

En el año 2015 el periódico El Tiempo denuncia que tres bodegas fueron cerradas por la Secretaría de Ambiente abandonando alrededor de 1'200.000 llantas,

⁹³ [Anónimo] El Lío De Las Llantas Usadas. El Espectador. Bogotá. Oct 19,.

⁹⁴ Ibíd.,ALFGUE. El 'Tsunami' De Llantas, Sin Solución a La Vista. El Tiempo. Bogotá. Feb 28,.

⁹⁵ Cardozo citado por ALFGUE. El 'Tsunami' De Llantas, Sin Solución a La Vista. El Tiempo. Bogotá. Feb 28.

⁹⁶ SYSTEM OF SELECTIVE COMPILATION y ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF SECOND HAND TIRES DEVELOPED THE ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI). Análisis Del Sistema De Recolección Selectiva Y Gestión Ambiental De Las Llantas Usadas Desarrollado Por La Asociación Nacional De Empresarios De Colombia (Andi).

⁹⁷ Ibíd.,ALFGUE. El 'Tsunami' De Llantas, Sin Solución a La Vista. El Tiempo. Bogotá. Feb 28,.

corriendo el riesgo de incendiarse de la misma manera de la que sucedió en la localidad de Fontibón en noviembre del año 2014⁹⁸ en donde esta emergencia ambiental afectó alrededor de 4 millones de habitantes y se aseguró que es algo que ya se había anunciado, este lugar violaba todas las normas ambientales y de seguridad ya que eran almacenadas en un lugar donde se albergaban carros con gasolina y sometidas al aire libre, después de esto se declaró en alerta naranja, sobrepasando un 200% el límite ambiental permisible⁹⁹.

Ilustración 10. Bodegas de acopio de llantas.



Fuente. Liberan cuota de importación de llantas usadas, 2017.

Adicional a esto en enero del año 2015 se incendió por segunda vez el mismo centro de acopio en la localidad de Fontibón en donde el periódico El Tiempo aseguró que esta operaba ilegalmente desde el año 2013¹⁰⁰. Según Hernández asegura que la emisión de sustancias tóxicas pueden llegar a ser cancerígenas¹⁰¹.

⁹⁸ LUCGOM. Por 1,2 Millones De Llantas Usadas Bogotá Sigue En Riesgo Ambiental. El Tiempo. Bogotá. Jan 15,.

⁹⁹ Noticias Caracol. Incendio De Una Bodega De Llantas En Fontibon, Una Emergencia Anunciada. Bogotá: 2014.

¹⁰⁰ El Tiempo. Por Segunda Vez Se Incendio Bodega De Llantas En Fontibon. Bogotá D.C. Enero 16,.

¹⁰¹ Hernández citado por ALFGUE. El 'Tsunami' De Llantas, Sin Solución a La Vista. El Tiempo. Bogotá. Feb 28.

Finalmente, El Tiempo denuncia fallas en los puntos de recolección selectiva instaurados en varias localidades de la ciudad, en donde el concejal Diego García resalta que alrededor del 10% de los lugares establecidos para este objetivo se pudo conformar, que solo 1 de 12 de estos conoce el plan y recibe los residuos sin problema alguno, pero que los demás ya no cuentan con la capacidad para seguir recibiendo llantas usadas, o simplemente no conocen el programa de recolección selectiva¹⁰².

C4: Falta de explotación del mercado del reciclaje de llantas: El reciclaje de las llantas, es una labor necesaria para el medio ambiente y la salud humana, pues el mal manejo que se le da a este residuo en su etapa de pos consumo, está generando daños irreparables en el medio ambiente y en la salud humana.

Según Cardozo la falta de incentivo y de creación del mercado en el uso de material reciclado en específico del caucho, el cual es un material que contiene materiales y precios que lo hacen muy llamativo en el sector industrial hace que empresas que trituran las llantas se vean enfrentados a una realidad, la cual es llevar esto y enterrarlo en un relleno sanitario, al no hallar mercados y teniendo en cuenta todos los costos que infiere el procesar este producto¹⁰³.

El reciclaje es una actividad económica que no ha sido explotada a profundidad y la cual contiene grandes oportunidades para desenvolverse en el sector industrial del país, contribuyendo a mitigar el impacto ambiental que se genera, en el sector del reciclaje, existen varias empresas, pero muy pocas se atreven a manejar el desecho especialmente de las llantas es por ello que se debe de incentivar ideas que promuevan el mercado¹⁰⁴.

Las llantas reutilizadas otorgan la oportunidad de mercados y entradas económicas, sin embargo, no ha sido un mercado explotado adecuadamente, este es un material que hace parte de la materia prima de otros y así transformarse en productos novedosos y nuevos, según investigación del Resumen Analítico de educación RAE, tiene múltiples usos como lo son las canchas sintéticas, baldosas de caucho, entre otros¹⁰⁵.

Es claro que el mal uso que se le está dando a las llantas usadas, genera un impacto ambiental negativo, que pone en riesgo la salud humana, así mismo, es importante resaltar que al implementar medios de explotación de este recurso haría que miles

¹⁰² El Tiempo. Denuncian Fallas En Puntos De Recolección De Llantas En Bogotá. Bogotá D.C. Sep 30,. p. 1

¹⁰³El Tiempo. El Reciclaje De Llantas, Un Mercado Que Todavía Falta Por Explorar. El tiempo. Octubre 24 ,, p. 1

¹⁰⁴ JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES y JULIÁN TORRES TRUJILLO. Alternativas Para El Manejo De Llantas Usadas En La Ciudad De Bogotá D.C. b.

¹⁰⁵ RIUCaC. Resumen Analítico En Educación - Rae -.

de familias pudieran tener un ingreso económico adicional y posterior a ello fomentar el reciclaje en las personas que aún no poseen conciencia socio ambiental.

C5: Implementación del plan de gestión integral de residuos sólidos está a cargo de los entes gubernamentales: El gobierno le ha otorgado la potestad a los municipios y entes gubernamentales de realizar los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)¹⁰⁶, por este motivo es que las organizaciones no realizan sus propios programas para la gestión de retorno de sus productos, lo cual conlleva al incumplimiento de las normas establecidas como por ejemplo la resolución 1457, así mismo, es importante resaltar nuevamente lo mencionado en apartados anteriores, como la falta de control por parte del ministerio de ambiente y las fallas por parte de la ANLA al no sancionar a las organizaciones que están incumpliendo con la implementación de las normatividad establecida.

Adicionalmente, la finalidad de la implementación del PGIRS es ayudar a disminuir el porcentaje de residuos sólidos, y a su vez generar un aprovechamiento de estos mismo, e incluir a aquellos actuantes encargados del reciclaje¹⁰⁷, para así, tener mayor control sobre la disposición final para la re-utilización de los residuos.

C6: Poca conciencia Socio Ambiental. Debido a los costos establecidos por el ente gubernamental, al cual las personas deben incurrir, con el objetivo que las llantas tengan una debida disposición final, ocasiona que los usuarios decidan dejarlas abandonas en los senderos peatonales, pues para ellos es más práctico y menos costoso, dejarlas en las calles, pensando que los sistemas selectivos de recolección de basuras, harán la debida disposición, lo cual no es así, ya que como bien se sabe, las llantas al ser un residuo de características especiales, no pueden terminar en rellenos sanitario¹⁰⁸.

Por otro lado, es importante volver a mencionar, lo que ya se ha dicho previamente, lo cual es, que las empresas, no están generando actividades que permitan el reintegrar los productos al final de su vida útil, a las cadenas productivas, así mismo, no realizan la comunicación debida a los usuarios, para que estos lleven las llantas usadas a los debidos centros de acopio, pues en una entrevista realizada por el periódico El Tiempo, se evidencia esto, al ver que un usuario, desconoce de la existencia de estos lugares¹⁰⁹.

ROTURAS

¹⁰⁶ Minivivienda. Guía Para La Formulación, Implementación, Evaluación, Seguimiento, Control Y Actualización De Los PGIRS. Bogota.:

¹⁰⁷ Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Planes de gestion integral de residuos solidos - PGIRS. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos>

¹⁰⁸ MOTOA FRANCO, Felipe. Sin Conciencia Civil, El Problema De Llantas no Se Va a Solucionar. El Tiempo. Bogotá D.C. Agosto 2, . p. 1


¹⁰⁹ Sin Conciencia Civil, El Problema De Llantas no Se Va a Solucionar Ibíd., P.1.

Una vez identificadas las causas que ocasionan fallas en la gestión de retornos de llantas, se proponen algunas roturas, con el fin de poder ayudar a disminuir algunos de los impactos negativos que se tienen dentro del sistema estudiado, a continuación, en el Cuadro 11, se mostraran dichas roturas.

Cuadro 11. Roturas

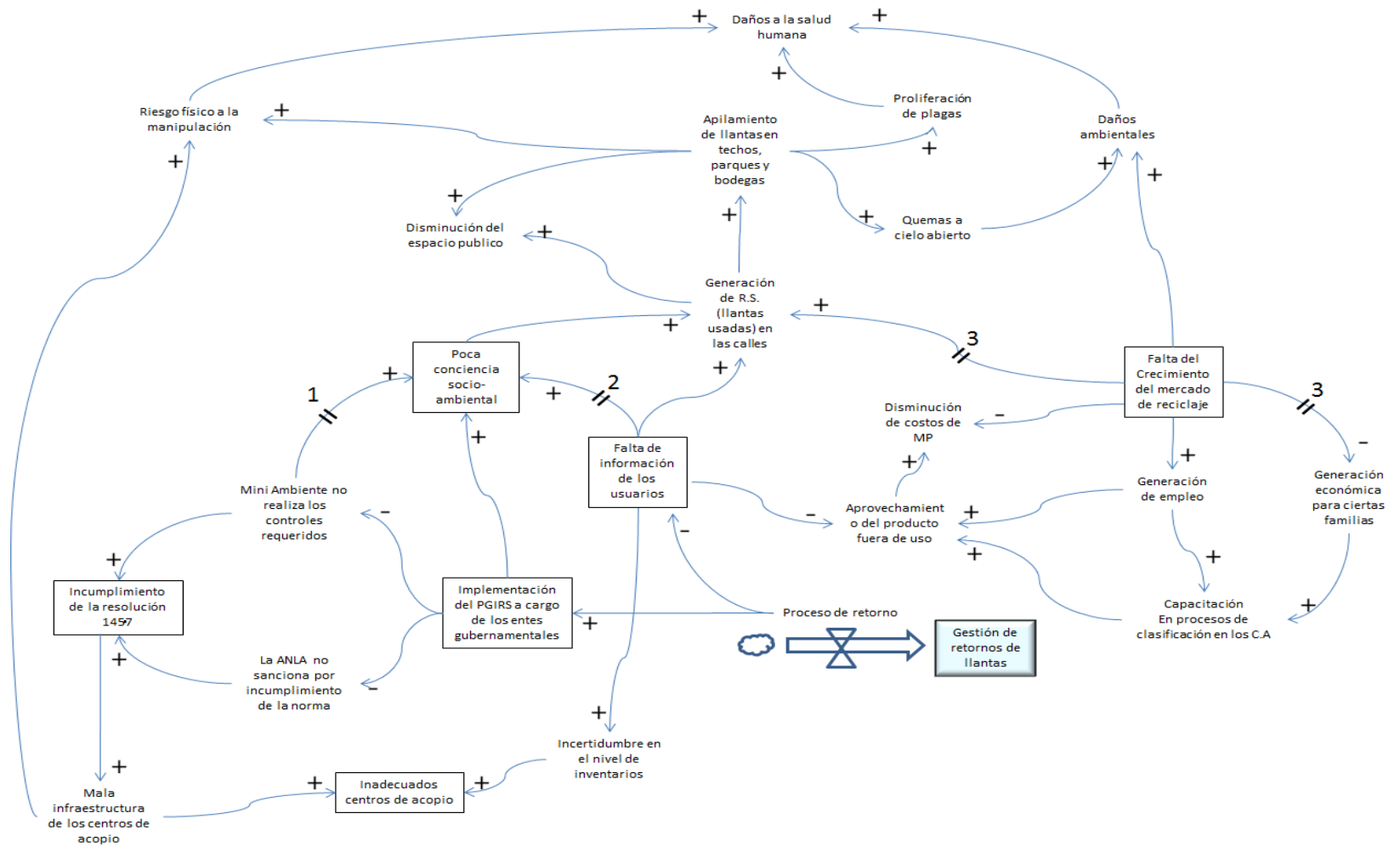
ROTURA	
N°	Descripción
1	Campañas de concientización socio- ambiental
2	Campañas de información
3	Fomento del reciclaje

Dentro de la elaboración del diagrama de Forrester, las roturas serán graficadas en las causas, a las cuales su aplicación puede ser benéfica, al momento de disminuir los impactos negativos que se evidencian, el símbolo de representación de las roturas es la siguiente.

✓ Roturas. 

Con motivo de realizar adecuadamente el análisis en cuanto a las fallas que se presentan en la gestión de retornos, fue necesario estructurar en primer lugar la fase cualitativa, la cual sirve como base para diseñar el diagrama de Forrester, que servirá para dar un mejor entendimiento, de lo encontrado en la fase anterior, como se muestra a continuación.

Ilustración 11 Diagrama causal de los errores en la gestión de retornos de llantas.



El objetivo de haber realizado el diagrama anterior, es poder, evidenciar, de una mejor manera, lo que se había estipulado mediante el levantamiento de información en fuentes secundarias.

Es así, que, con la finalidad de poder validar adecuadamente las causas encontradas, es necesario realizar una priorización de las variables, para ello, se utilizaran las técnicas de multicriterio (el triángulo de Füller), que se explicaran a continuación.

2.2.3 Técnicas multicriterio (triángulo de Füller) para priorización de causales. Es una técnica que permite identificar de manera idónea el nivel de importancia que poseen ciertos criterios frente a otros, eliminando criterios subjetivos de los investigadores, esto se logra a partir de la obtención del peso de los atributos que caracterizan a dichos criterios, es así como se verifica el proceso de elección y comportamiento del decisor¹¹⁰.

Para llevar a cabo de manera satisfactoria la aplicación del método es necesario seguir la siguiente secuencia general de pasos.

- Determinar la cantidad de criterios a comparar y definirlos.
- Realizar una comparación de los criterios por parejas, para conformar el triángulo
- Calcular el valor de ponderación¹¹¹.
- Posterior a la descripción general de la técnica, se da procedencia a la aplicación un poco más específica de esta herramienta como se muestra a continuación.

2.2.4 Aplicación de las técnicas multicriterio. Una vez identificadas las causas presentes en los errores de la gestión de retornos de llantas, mediante el diseño de la hipótesis dinámica tanto en su fase cualitativa como cuantitativa, es necesario dar procedencia a la priorización de dichas causas, para ello, se utilizará las técnicas multicriterio del triángulo de Füller el cual será adaptado para el desarrollo de esta fase.

Las causas que se validaran, son aquellas que se encontraron mediante la búsqueda de información en fuentes primarias, más específicamente serán las

¹¹⁰ Vicente Ripoll Feliu Universidad de Valencia Yasel Monzón Valdés. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Cuba. C. Osmany Pérez Barral Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Sede Ambato. Análisis De Variables Que Influyen En La Implementación Del Sistema De Gestión Y De Costos Basado En Las Actividades (Abc/Abm): Estudio De Un Caso.

¹¹¹ FRIAS JIMENEZ,Roberto Argelio y CUETARA SANCHEZ,Leonardo. Paquete Informático De Apoyo a La Toma De Decisiones Gerenciales En La Solución De Problemas no Estructurados. 2002.

causas descritas en la fase cualitativa de la hipótesis dinámica, a continuación, en el Cuadro 12, se muestran secuenciadas las causas a validar.

Cuadro 12. Causas de los errores en la gestión de retornos de llantas.

Causas / Variables	
Variable 1 (V1)	Falta de información de los usuarios
Variable 1 (V2)	Incumplimiento de la resolución 1457
Variable 1 (V3)	Inadecuados centros de acopio
Variable 1 (V4)	Crecimiento del mercado de reciclaje
Variable 1 (V5)	Implementación del PGIRS a cargo de los entes Gubernamentales
Variable 1 (V6)	Poca conciencia socio ambiental

Posteriormente, se establecerán los criterios de evaluación junto con su correspondiente escala de valoración, con el fin de evaluar cada una de las causas para así poder priorizarlas adecuadamente.

Cuadro 13. Criterios de evaluación.

Criterios de calificación	
Criterio 1 (c1)	Generación de llantas usadas en espacio público
Criterio 2 (c2)	Afectación al medio ambiente y a la salud humana
Criterio 3 (c3)	Legislación
Criterio 4 (c4)	Aprovechamiento de llantas usadas
Criterio 5 (c5)	Beneficio económico

En relación a la identificación de los criterios requeridos para la evaluación de las causas, es necesario precisar que estos han sido tomados bajo los criterios encontrados en las fuentes de información secundaria, y que, en gran medida, se encuentran relacionados de manera directa o indirecta con las causas halladas, por tal motivo, se determinó la importancia de establecerlas como criterios de calificación.

A continuación, en el Cuadro 14, se explicarán las escalas de calificación que se utilizarán para cada criterio.

Cuadro 14. Criterios de evaluación.

ESCALA DE VALORACIÓN			
CRITERIOS	NIVEL	PUNTOS	VALORACIÓN
C1	ALTO	1	Es generador potencial de llantas usadas en espacio público.
	BAJO	2	No es generador potencial de llantas usadas en espacio público.
C2	ALTO	1	Por su mala disposición final de las llantas generan quemas a cielo abierto, proliferación de plagas y enfermedades
	MEDIO	2	Por su mala disposición final de las llantas generan descomposición paulatina, proliferación de plagas y enfermedades
	BAJO	3	No generan ningún daño ambiental ni de salud humana
C3	ALTO	1	3 o más leyes, normas o decretos que sancionen las malas disposiciones de llantas usadas
	MEDIO	2	1 o 2 leyes, normas o decretos que sancionen las malas disposiciones de llantas usadas
	BAJO	3	Ninguna ley, norma o decreto que sancionen las malas disposiciones de llantas usadas
C4	BAJO	1	No es posible que genere aprovechamiento de las llantas usadas
	ALTO	2	El cumplimiento de la ley podría generar aprovechamiento de llantas, ya sea como material reciclado, reencauche, material de asfalto, entre otros.
C5	BAJO	1	No genera afectación en los costos de MP, por la debida disposición final de las llantas usadas
	ALTO	2	Realizando la debida disposición final de las llantas usadas, es potencia para disminuir los costos de MP, en algunos sectores,

En relación a la descripción utilizada en la escala de calificación del criterio número uno, está orientada a una condición cualitativa, mediante la cual se pretende validar si la causa evaluada propicia o no la generación de llantas usadas en los espacios

públicos, con el objetivo de hacer uso de la información encontrada en la búsqueda de fuentes secundarias, como se realizó previamente.

En cuanto a la descripción del criterio número dos, su enfoque también es tipo cualitativo, con el fin de poder validarlo con la información suministrada, en este punto el objetivo es validar el impacto ambiental, y a la salud humana que puede generar las causas, cuando no se da una debida disposición final a las llantas usadas, este criterio se validara con respecto a la información levanta en la fase cualitativa de la hipótesis dinámica.

En tercer lugar, se encuentra la descripción del criterio de evaluación número tres, el cual toma una característica un poco más cuantitativa, en la cual lo que se pretende validar, es la cantidad de leyes, normas o decretos, que estipulen en su contenido sanciones que se puedan presentar por las malas disposiciones que les dan a las llantas al final de su vida útil.

Por otro lado, el criterio número cuatro, lo que pretende validar es, que si al realizar del cumplimiento del marco normativo, de las causas halladas, estas puedan ser un potencial generador del aprovechamiento de la llanta en su etapa de pos consumo.

Finalmente, el criterio número cinco, lo que pretende validar, es que, si se pueden generar disminución en los costos de materia prima e insumos, considerando que las causas evaluadas en cierto caso generen un cumplimiento frente a la gestión de retornos.

Es importante precisar, que por efectos de la herramienta y a criterio de los investigadores, entre menor sea el valor numérico de la calificación, mayor será el impacto que este ocasiona.

Posteriormente al haber establecido los criterios a evaluar y su descripción pertinente, se da procedencia a la realización del triángulo de Füller, en el cual la metodología establece que se debe establecer un criterio de relevancia entre los factores, propuestos, como se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Triángulo de Füller.

TRIANGULO DE FULLER					
Ci	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0	1	1	1	1
C2	1	1	1	1	1
C3	0	0	1	1	1
C4	0	0	0	1	1
C5	0	0	0	0	1

En seguida de haber planteado el triángulo de Füller, es necesario el plantear la matriz R_{ij} , en la que se puede evidenciar el impacto que tiene cada criterio propuesto, frente a la problemática evidenciada en la gestión de retorno de llantas, así mismo la metodología propone realizar, el modelo objetivo y subjetivo, con el fin de dar un mayor nivel de confianza al momento de poder priorizar en este caso las causas halladas, como se muestra a continuación.

Cuadro 16. Matriz R_{ij} .

R_{ij}					
	C1	C2	C3	C4	C5
V1	1	1	2	1	2
V2	1	1	2	1	2
V3	1	2	2	2	2
V4	2	3	3	2	2
V5	2	3	3	2	1
V6	1	2	1	1	2

Cuadro 17. Matriz Modelo Objetivo

MODELO OBJETIVO (S_o)			
Ci	Ei	Di	S_o
C1	-2,000	3,000	0,10
C2	-6,755	7,755	0,26
C3	-7,755	8,755	0,30
C4	-3,000	4,000	0,14
C5	-5,000	6,000	0,20
Sumatoria Di		29,510	1,00

Cuadro 18. Matriz Modelo Subjetivo

TRIANGULO DE FULLER								
Ci	C1	C2	C3	C4	C5	Sumatoria	Sb	
C1	0	1	1	1	1	4	0,27	
C2	1	1	1	1	1	5	0,33	
C3	0	0	1	1	1	3	0,20	
C4	0	0	0	1	1	2	0,13	
C5	0	0	0	0	1	1	0,07	

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el modelo objetivo y subjetivo, se procede a realizar el modelo Sd, el cual se enfoca en otorgar un porcentaje adecuado, para cada uno de los criterios evaluados, con el fin de disminuir, factores que dependan de la perspectiva de los investigadores, así pues, poder encontrar de una manera acertada las causas más relevantes a partir del porcentaje de validez en cada criterio, como se muestra a continuación.

Cuadro 19. Matriz Modelo SD

So	Sb	So*Sb	Sd
0,102	0,267	0,027	13,18%
0,263	0,333	0,088	42,59%
0,297	0,200	0,059	28,85%
0,136	0,133	0,018	8,79%
0,203	0,067	0,014	6,59%
	Sumatoria	0,206	

La realización de la matriz Sd, tiene como objetivo, quitar del método de priorización, cualquier característica subjetiva que se pueda presentar, esto con el fin de dar un resultado veraz, frente a los criterios evaluados.

Cuadro 20. Matriz Rij con porcentajes para selección.

	13,18%	42,59%	28,85%	8,79%	6,59%
	C1	C2	C3	C4	C5
V1	1	1	2	1	2
V2	1	1	2	1	2
V3	1	2	2	2	2
V4	2	3	3	2	2
V5	2	3	3	2	1
V6	1	2	1	1	2

Cuadro 21. Priorización de causas.

Priorización de Causas						
	C1	C2	C3	C4	C5	Ponderado
V1	0,131812	0,42591	0,576997	0,087874	0,131811	1,35
V2	0,131812	0,42591	0,576997	0,087874	0,131811	1,35
V3	0,131812	0,851819	0,576997	0,175749	0,131811	1,87
V4	0,263623	1,277729	0,865496	0,175749	0,131811	2,71
V5	0,263623	1,277729	0,865496	0,175749	0,065906	2,65
V6	0,131812	0,851819	0,288499	0,087874	0,131811	1,49

Después de haber realizado adecuadamente la metodología, de la técnica multicriterio del triángulo de Füller, se cree pertinente especificar los rangos de importancia para determinar la priorización de los problemas encontrados por medio de la aplicación de la hipótesis dinámica, para ello se utilizará la herramienta estadística de la estimación de intervalos.

Lo primero que se hará es identificar el rango en el cual se encuentran los valores ponderados, hallados anteriormente, para ellos es necesario identificar primero el valor mínimo y el valor máximo para así poder calcular el rango existente entre dichos valores.

Para calcular es rango fue necesario aplicar la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Rango para intervalos.

$$\text{Rango} = \text{Valor Máx} - \text{Valor Mín}$$

$$\text{Rango} = 2,71 - 1,35$$

$$\text{Rango} = 1,37$$

Cuadro 22 Datos

Valor Min	1,35
Valor Max	2,71
Rango	1,360004

Posterior a realizar la definición del rango, se procede a calcular el número de intervalos, sin embargo, que para efectos de este proyecto serán cuatro (4) los intervalos requeridos, y con este valor se realizara la amplitud de los intervalos, el cual se muestra a continuación, para poder categorizar los niveles para terminar con la priorización.

Ecuación 2. Amplitud de intervalos.

$$\text{Amplitud de intervalos} = \text{Rango}/4$$

$$\text{Amplitud de intervalos} = 1,37/4$$

$$\text{Amplitud de intervalos} = 0,3425$$

Gracias a la estipulación de la amplitud de los intervalos, se puede calcular los niveles pertinentes para la priorización, sin embargo, antes de esto es necesario hacer mención que se realizará un homologo entre los rangos definidos, a partir de los resultados obtenidos de la aplicación de las técnicas multicriterio, con respecto cuadrantes de la matriz Vester, la cual se describirá a continuación.

- **Matriz Vester.** Es una herramienta elaborada por el científico alemán Frederic Vester, con el fin de priorizar y determinar cuáles serían los problemas críticos que necesitan mayor nivel de atención, para ello se realiza primero una matriz que pueda facilitar la identificación y la determinación de los problemas a partir de las relaciones de causa y efecto¹¹².

La matriz Vester es básicamente un formato con doble entrada, en donde se identifican los problemas con su número correspondiente el cual será ubicado tanto en la posición de las filas como en las columnas, como se muestra a continuación¹¹³.

Cuadro 23. Formato Matriz Vester

¹¹² BEJARANO, Oscar y ROJAS, Diana. Priorización de Impactos de la quebrada la salitrosa a través de la matriz vester.

¹¹³ MALAGÓN MANRIQUE, Ricardo y PRAGER MOSQUERA, Martín. El Enfoque De Sistemas: Una Opción Para El Análisis De Las Unidades De Producción Agrícola. Universidad Nacional de Colombia,

	Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	...	Problema n
Problema 1	0					
Problema 2		0				
Problema 3			0			
Problema 4				0		
...					0	
Problema n						0

Fuente. Centro de Desarrollo Territorial.

Posterior de plantear la matriz se procede a dar un grado de afectación a cada problema en relación a otro, esto se hace tanto para las filas como para las columnas. El grado de afectación se clasifica de la siguiente manera¹¹⁴:

Cuadro 24. Grado de Afectación de los Problemas

0	No afecta O no es causa.
1	Es causa indirecta.
2	Es causa medianamente indirecta.
3	Es causa muy directa.

Fuente: El Enfoque De Sistemas: Una Opción Para El Análisis De Las Unidades De Producción Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, 2001.

Posteriormente, se realiza la sumatoria de todos y cada uno de los problemas, tanto en las filas (Pasivos y), como en las columnas (Activos X), como se muestra en el Cuadro 24, y después de haber determinado la calificación para cada problema, es necesario diferenciar los cuatro tipos de problemas, como son:

- Problemas críticos. Son problemas que pueden afectar considerablemente el desarrollo del sistema, pues son influyentes sobre los demás y viceversa, por ello su intervención debe ser inmediata.

¹¹⁴ El Enfoque De Sistemas: Una Opción Para El Análisis De Las Unidades De Producción Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Op cit., p.144.

- Problemas Activos. Son causas importantes del problema, ya que tienen afectación sobre los demás.
- Problemas Pasivos. No son problemas que tengan un alto nivel de influencia sobre los demás, así mismo, pueden servir como indicadores del cambio realizado sobre los problemas activos.
- Problemas indiferentes. No generan ninguna afectación sobre los demás problemas.¹¹⁵.

Cuadro 25. Ejemplo de Matriz Vester.

	Problema 1	Problema 2	Problema 3	...	Problema n	Total Activos (X)
Problema 1	0					Suma P1
Problema 2		0				Suma P2
Problema 3			0			Suma P3
...			
Problema n					0	Suma Pn
Total Pasivos (Y)	Suma P1	Suma P2	Suma P3	...	Suma Pn	

Fuente: El Enfoque De Sistemas: Una Opción Para El Análisis De Las Unidades De Producción Agrícola. Universidad Nacional de Colombia.

Figura 7. Plano Cartesiano Matriz de Vester.

¹¹⁵ El Enfoque De Sistemas: Una Opción Para El Análisis De Las Unidades De Producción Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. *Ibíd.*, p. 144.



Fuente: Guía Metodológica para la formulación de proyectos ambientales escolares un reto más allá de la escuela.

Después de haber explicado la herramienta Matriz de Vester, y definido la amplitud de los intervalos para aplicarlo a las técnicas multicriterio, es importante volver a traer los criterios que serán homólogos en ambas herramientas, y que se consideraran necesarios para aplicarlos definitivamente a la técnica de priorización utilizada, los criterios son los siguientes.

- Problemas críticos. Son problemas que pueden afectar considerablemente el desarrollo del sistema, pues son influyentes sobre los demás y viceversa, por ello su intervención debe ser inmediata.
- Problemas Activos. Son causas importantes del problema, ya que tienen afectación sobre los demás.
- Problemas Pasivos. No son problemas que tengan un alto nivel de influencia sobre los demás, así mismo, pueden servir como indicadores del cambio realizado sobre los problemas activos.
- Problemas indiferentes. No generan ninguna afectación sobre los demás problemas¹¹⁶.

¹¹⁶ El Enfoque De Sistemas: Una Opción Para El Análisis De Las Unidades De Producción Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. *Ibíd.*, p. 144.

La categorización será la siguiente, todos aquellos valores que se encuentren entre 1,35 y 1,625, se consideraran problemas críticos es decir, que serán causas más importantes, y como mayor nivel de relevancia, así mismo, los valores encontrados entre 1,6926 y 2,035, serán consideradas problemas activos, es decir que son causas que poseen un alto nivel de incidencia sobre otras y que pueden ser atendidas en segunda instancia, por otro lado, los valores encontrados entre 1,036 y 2,3775, son considerados problemas pasivos, son problemas que no son tan incidentes dentro del sistema pero que igual son necesarios tenerlos presentes para el análisis a efectuar, y finalmente, los valores encontrados entre 2,3776 y 2,72, harán relación los problemas indiferentes, es decir, que no tienen ninguna afectación sobre el sistema, pero igualmente, son considerados importantes para el desarrollo del proyecto, a continuación se mostrara la categorización de dichos intervalos, los cuales han sido homólogos con los cuadrantes de la matriz Vester.

Cuadro 26. Categorización de intervalos.

Categorización de los intervalos	
1,35-1,6925	Problemas Críticos
1,6926-2,035	Problemas Activos
2,036-2,3775	Problemas Pasivos
2,3776-2,72	Problemas Indiferentes

Cuadro 27. Priorización de causas.

Priorización de Causas						
	C1	C2	C3	C4	C5	Ponderado
V1	0,131812	0,42591	0,576997	0,087874	0,131811	1,35
V2	0,131812	0,42591	0,576997	0,087874	0,131811	1,35
V3	0,131812	0,851819	0,576997	0,175749	0,131811	1,87
V4	0,263623	1,277729	0,865496	0,175749	0,131811	2,71
V5	0,263623	1,277729	0,865496	0,175749	0,065906	2,65
V6	0,131812	0,851819	0,288499	0,087874	0,131811	1,49

Luego de haber caracterizado el sistema de calificación para la priorización de causas, como se observa en el Cuadro 27, estas se organizan de la siguiente manera, la falta de información otorgada por las organizaciones hacia sus consumidores, el incumplimiento de la norma por parte de las organización, y la poca conciencia socio ambiental, hacen parte de los problemas críticos, por otro lado, se encuentra que los inadecuados centros de acopio hacen parte de los problemas activos, tanto en las organizaciones como en los consumidores, es decir, que estos cuatro problemas principales, son a los que se les dará prioridad de validación para posteriormente efectuar el análisis requerido.

Cabe resaltar que esta priorización está basada a partir de la información hallada en fuentes secundarias, por ello es necesario realizar una validación eficaz mediante ciertas herramientas que se describen a continuación.

2.2.5 Herramientas de validación. Después de finalizar el proceso de priorización basado en la técnica multicriterio (Triangulo de Füller), es necesario realizar una validación de estas a partir de fuentes primarias de información, como lo es una entrevista estructurada y dirigida cuyo fin es obtener información confiable de expertos sobre la problemática que se presenta en la gestión de retornos de llantas usadas en la ciudad de Bogotá, para ello se utilizaran las siguientes herramientas de validación como lo son; la escala de Likert y la psicometría TRI (teoría de respuesta a ítem).

2.2.5.1 Psicometría TRI (Teoría de Respuesta al Ítem). La teoría de respuesta al ítem (TRI), es un enfoque transversal derivado del modelo de la teoría clásica de los tests (TCT), dicho modelo se encarga de estimar el error que se genera al evaluar los criterios específicos de los test¹¹⁷, es decir, que el análisis que se realiza es más específico a la respuesta obtenida en cada ítem.

Ahora bien, el objetivo de aplicar este modelo a la investigación, es validar la calidad de las respuestas a los ítems planteados a los expertos evaluados¹¹⁸, sin embargo pueden existir ciertas discrepancias en los resultados, puesto que las respuestas pueden diferir, ocasionando falencias en el análisis.

2.2.5.2 Escala de Likert. La escala de Likert es una herramienta utilizada para la recolección y medición de datos relacionados con la investigación, basándose en la validación de ítem, los cuales pueden tener una relación favorable o desfavorable, dependiendo del criterio del individuo evaluado¹¹⁹, es importante nombrar la importancia de intentar suprimir la aparición de datos neutros, ya que lo que se pretende es buscar un sesgo de las respuestas ya sea positivo o negativo.

La escala de Likert se enfoca en la medición del grado de actitudes de las personas encuestadas, para así poder dar procedencia a la agrupación numérica de datos obtenidos de forma verbal, para utilizar los datos de forma cuantitativa y así analizarlos correctamente. Adicionalmente a esto para llevar a cabo un adecuado proceso de medición el instrumento debe presentar características de validez y confianza para poderlos aplicar¹²⁰.

¹¹⁷ MATAS TERRÓN, Antonio. Introducción Al Análisis De La Teoría De Respuesta Al Ítem. Aidesoc, 2010.

¹¹⁸ BRIZUELA, Armel. Los modelos mixtos de teoría de respuesta al ítem. En: Actualidades En Psicología. Nov 13., vol. 29, no. 119, p. 79

¹¹⁹ BREWER CARÍAS, Allan-Randolph. Constitución De La República Bolivariana De Venezuela 30.12.99. Caracas: Edit. Jurídica Venezolana [u.a.], 2000. 9789803650469.

¹²⁰ Constitución De La República Bolivariana De Venezuela. Op cit.

Para poder realizar la construcción adecuada de la escala es importante tener presente los siguientes pasos.

- Conocer y describir la variable o actitud a medir
- Elaborar los ítems respectivos a la actitud que se quiere medir.
- Administrar la escala de los ítems, a una muestra de sujetos que van a actuar como jueces.
- Asignar puntajes de acuerdo al tipo de respuesta en cada ítem.
- Aplicar los puntajes totales y calcular los puntajes individuales en cada ítem.
- Analizar los ítems y eliminar los inadecuados (para generar validez y confianza).
- Elaborar a partir de los ítems seleccionados, la escala final.
- Aplicar la escala final.

Cabe resaltar la importancia del número de opciones de calificación de cada ítem, pues lo más recomendable es que contenga 5 opciones, pero también pueden ser 2, 3, 4 y 7, para que la persona que actuara como juez pueda expresar de mejor manera su grado de acuerdo o desacuerdo con el tema tratado.

Este tipo de herramientas utilizadas para la validación, se encontrarán intrínsecas en el proceso de recolección de información de fuentes secundarias, para poder validar las causas halladas y priorizadas anteriormente, a través de fuentes de información primaria, como se muestra a continuación.

2.3 RECOLECCION DE INFORMACION A TRAVES DE FUENTES DE INFORMACION PRIMARIA

De acuerdo con causas encontradas mediante la herramienta de la hipótesis dinámica y posterior priorización, es de suma importancia validarlas por medio de una entrevista que se realizará a expertos que se encuentren dentro de cada uno de los eslabones de cada productiva de las llantas, con el fin de poder identificar de primera mano, los elementos o variables que tengan un alto nivel de importancia en la gestión de retornos de llantas y que puedan ser incluidos dentro del diseño del modelo de logística inversa.

En esta etapa se hará una aplicación del método Delphi con el fin de poder realizar adecuadamente el levantamiento de información proveniente de los expertos, a continuación, se explicará la metodología de esta herramienta

2.3.1 Método Delphi. Es una herramienta cuyo objetivo es la obtención de información, a partir de la consulta a expertos, pertenecientes a un área de la ciencia en específico, donde serán sometidos a una serie de preguntas, con el fin de buscar un consenso por parte de los encuestados, para poder obtener un criterio unificado del grupo, y a su vez, un mayor nivel de fiabilidad sobre la opinión de lo consultado¹²¹.

Para desarrollar adecuadamente la aplicación de esta herramienta, se deben tener en cuenta las siguientes fases.

- Definición del problema. A partir de la información bibliográfica recolectada, se estipula el objetivo de la investigación¹²².
- Grupo investigador. Es el grupo encargado de la preparación del cuestionario, a partir del objetivo principal de estudio, así como también la clasificación de resultados entre otros¹²³.
- Grupo de expertos. Los expertos que se pretendan incluir dentro del grupo a encuestar debe poseer ciertas características profesionales, como, por ejemplo, deben tener conocimiento sobre el tema, disposición de tiempo, entre otros¹²⁴.
- Fase 1. Se formula una pregunta abierta a los expertos, posteriormente esta respuesta es recibida por el grupo investigador, quien realiza un segundo cuestionario¹²⁵.
- Fase 2. Los expertos dan respuesta al cuestionario dos, el grupo investigador recibe las respuestas y realizan un tercer cuestionario¹²⁶.
- Fase 3. Los expertos responden al tercer cuestionario, el grupo investigador recibe las respuestas¹²⁷.

¹²¹ Mercedes Reguant-Álvarez y Mercedes Torrado-Fonseca. El Método Delphi. 2013-2255

¹²² GERMÁN CAMILO PACHECO MORENO. Diseño De Una Metodología Para Estructurar Redes De Valor Inversa En La Ciudad De Bogotá Colombia Para Productos Fabricados En Pet.

¹²³ Opcít.

¹²⁴ Opcít.

¹²⁵ VARELA RUIZ, Margarita; DIAZ BRAVO, Laura y GARCIA DURAN, Rocio. Descripción Y Usos Del Método Delphi En Investigaciones Del Área De La Salud. México D.F: 2011.

¹²⁶ Opcít.

¹²⁷ Opcít.

- Fase 4. El grupo investigador reúne las respuestas y las analiza, generando así resultados cuantitativos¹²⁸.
- Informe final. Se muestran la concordancia entre las respuestas, la categorización de los temas y los argumentos tanto de soporte como de contra¹²⁹.

Las ventajas más relevantes de este tipo de herramientas, son la libertad, privacidad y a su vez el realizar preguntas abiertas que no limiten el tema a investigar, permitiendo evidenciar ciertas características que no se contemplaron previamente en la investigación.

El objetivo de la aplicación del método Delphi, en la entrevista es poder validar la unificación de los criterios que poseen los expertos frente a las causas halladas previamente en la hipótesis dinámica, con el fin de generar un mayor nivel de confianza en el estudio, así mismo, es importante resaltar que, en el presente trabajo investigativo, no aplica un muestro aleatorio y por tanto se define el número de expertos de la siguiente manera.

2.3.2 Calculo número de expertos. Posterior a identificar la población a la cual va dirigida esta entrevista, como parte fundamental para la validación de datos, con el fin de identificar si el trabajo está encaminado a la realidad y con un objetivo central que es el de lograr un análisis verídico y eficiente de la problemática en la ciudad.

Por medio de la metodología multicriterio el siguiente paso es realizar la entrevista a un cierto número de expertos, el cual se obtendrá por la siguiente formula:

Ecuación 3. Numero de expertos

$$\text{Numero de expertos a consultar} = \frac{P - (1 - P) * k}{i^2}$$

Dónde:

P = Porcentaje de aceptación (95%-98%)

I = Nivel de precisión

K = Constante asociada al nivel de confianza

¹²⁸ Opcít.

¹²⁹ Ibíd.

A continuación, se prosigue a la introducción de los valores en la formula, con el fin de identificar el número de expertos a entrevistar.

$$\text{Numero de expertos a consultar} = \frac{0.95 * 0.05 * 95}{0.95^2}$$

Posterior a la formulación realizada, se obtiene que la cantidad de expertos a consultar sea 5 expertos, con variables definidas como el porcentaje de aceptación del 95%.

Una vez identificado el número de expertos a encuestar, se procede a realizar la estructuración de la entrevista, que aplicara a aquellos expertos , que cuenten con 2 años de experiencia como mínimo, en cualquiera de los eslabones de la cadena productiva de las llantas, sin embargo, tendrán mayor nivel de importancia aquellos expertos que tengan contacto directo con la comercialización o productores de llantas en la ciudad de Bogotá, dicha entrevista será utilizada como herramienta de validación para las causas halladas anteriormente.

2.3.3 Validación de datos. Para la fase de validación, se realizará la construcción de una herramienta en la que se pueda retomar los elementos encontrados anteriormente con el fin de poder validarlos.

A partir, de lo dicho previamente, se desarrollará la estructuración de una entrevista, cuyo fin es poder recopilar y validar de forma verídica, las causas más relevantes encontradas en el desarrollo de la hipótesis dinámica, la estructura de la entrevista tiene como pautas importantes la definición del objetivo de la entrevista, describir el perfil del entrevistado, y así poder dar origen al desarrollo de las preguntas¹³⁰ (Anexo A).

Una vez estructurada la entrevista, es necesario identificar los expertos que serán encuestados para la obtención de información, para ello, se realizó el cuadro 28.

Cuadro 28. Expertos.

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
Nombre	Angie Bedoya	Angie Wilshire	Gustavo Arias	Johana Claros	Diana Correa
Empresa	Auto mundial	Distrillantas RR	GM COLMOTORES	Serviteca Carrera 30	La Rueda S.A

¹³⁰ YOUNG,Allan. Entrevista. En: Psicología & Sociedade. Apr. vol. 22, no. 1, p. 191-200

Por otro lado, y después de la identificación de los expertos a entrevistar es necesario estipular cual será la trazabilidad de las preguntas, como se muestra a continuación.

2.3.4 Trazabilidad de las preguntas. La finalidad de haber estructurado la entrevista y plantear las preguntas, es poder tener una trazabilidad de estas mismas, para así poder determinar los objetivos que aplican a cada pregunta buscando validar de manera veraz lo hallado en fuentes secundarias, con respecto a la información otorgada por el experto.

A continuación, se realiza la descripción de los objetivos relacionados con cada una de las preguntas planteadas en la entrevista.

Cuadro 29. Objetivos de las preguntas.

#	Pregunta	Tipo de pregunta	Objetivo
1	¿Desde su experiencia cuales son las causas principales por las que existen fallas en la gestión de llantas en Bogotá? Explique su respuesta.	Abierta	A partir del conocimiento que poseen los expertos sobre la gestión de llantas en Bogotá, realizar un análisis de contexto para poder identificar factores que no se habían contemplado anteriormente en la búsqueda de información en fuentes secundarias.
2	La falta de información de los usuarios es una de las causas principales, en las fallas de la gestión retorno de las llantas usadas en Bogotá, marque con una X que tan de acuerdo esta con esa afirmación	Inducida (única respuesta)	A partir del conocimiento de los expertos se busca validar el nivel de incidencia en la gestión de llantas, que posee un factor específico, el cual ha sido identificado previamente mediante la búsqueda de información en fuentes secundarias.
3	Cree usted que la resolución 1457 de 2010, realmente centra la responsabilidad del manejo de llantas sobre los principales responsables.	Inducida (única respuesta)	A partir del conocimiento de los expertos se busca validar relevancia de un factor específico, frente a la gestión de llantas, dicho factor ha sido identificado previamente mediante la búsqueda de información en fuentes secundarias.

Cuadro 29. (Continuación)

#	Pregunta	Tipo de pregunta	Objetivo
4	Califique de 1 a 4 cada uno de los siguientes factores, identificando la importancia que tiene cada uno de ellos, en relación a la falencia existente en la gestión de retorno de llantas usadas en Bogotá	Calificación	Identificar el nivel de importancia de las causas relacionadas que actualmente dificultan la gestión de llantas en Bogotá
5	Si conoce algún factor distinto a los mencionados con anterioridad, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia	Calificación	Conocer si existen factores distintos a los encontrados mediante la búsqueda en fuentes de información secundaria, su nivel de incidencia en la gestión de retorno para los expertos
6	Marque con una X, cuál de los siguientes aspectos tiene mayor nivel de importancia para mejorar la gestión de retorno de llantas en Bogotá.	Selección múltiple	Caracterizar los factores relevantes para mejorar la gestión de retornos de llantas en Bogotá y así mismo poderlos tener presentes en el diseño del modelo.
7	Como bien se sabe los procesos de gestión de retorno, son considerados como el eje central de la logística inversa, ya que a través de estos se realiza la recuperación de valor de las llantas usadas, marque con una X que tan de acuerdo esta con esa afirmación .	Inducida (única respuesta)	A partir del conocimiento de los expertos validar los hallazgos encontrados en la revisión en fuentes secundarias de información, que se consideran importantes en el momento de realizar el modelo
8	Por favor, ordene de mayor a menor siendo uno (1) el más importante y siete (7) el menos importante, los siguientes factores presentes en un modelo de logística inversa para llantas.	Clasificación	A partir de los conocimientos de los expertos poder validar los factores más importantes que se incluirán dentro del modelo.

La entrevista se estructuró con el fin de poder dar respuesta a los objetivos explicados previamente, y a partir de los datos verídicos obtenidos realizar el análisis de dichos resultados para la continuación del proyecto.

2.3.5 Análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas. A continuación, se realiza un análisis de los resultados obtenidos en cada una de las preguntas planteadas en las entrevistas realizadas a los expertos.

2.3.5.1 Análisis de contexto. Para la pregunta 1, se utilizará la herramienta de extracción de información, ya que esta pregunta es de tipo abierta, los resultados de esta pregunta se muestran en el cuadro 30.

Después de haber reconocido las respuestas para cada uno de los expertos evaluados se prosigue a consolidar la información, para así poder realizar la categorización y sub categorización, sin embargo, es necesario realizar previamente la identificación de los tópicos, para ello fue necesario basarse en la información recolectada anteriormente a la entrevista, los tópicos identificados son los siguientes.

- Consciencia de disposición.
- Responsable del proceso.
- Claridad de la norma.
- Retorno de material.

Una vez determinados los tópicos se procede a efectuar el análisis de contexto pertinente, como se muestra a continuación.

Cuadro 30. Respuesta de la pregunta de tipo Abierta.

Nº	Pregunta	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
1	<p>¿Desde su experiencia cuales son las causas principales por las que existen fallas en la gestión de llantas en Bogotá? Explique su respuesta.</p>	<p>La gente no es consciente, como usuario final de llevar la llanta a los puntos autorizados.</p>	<p>Fallas directamente por los responsables (distribuidores y comercializadores)</p>	<p>Existen normas para controlar la producción, almacenamiento, distribución y recolección de las llantas después de su uso, al igual que para su disposición, pero no hay una divulgación adecuada de la resolución ni un seguimiento adecuado para su cumplimiento, al parecer los únicos que deben cumplirlas son las grandes empresas y concesionarios, pero esto debido a que están a la vista del gobierno, hay una problemática mayor con las empresas que importan ilegalmente las llantas</p>	<p>La falla es del Estado de no tener claridad de cómo se debe hacer el retorno y así poder identificar claramente los responsables</p>	<p>Las fallas son relacionadas directamente por falta de responsabilidad de los comercializadores.</p>

- Categorización y subcategorización: se establece las características para cada uno de los tópicos.

Cuadro 31. Categorías previstas.

Tópico	Categoría Prevista
Consciencia de disposición	Consciencia social- consciencia ambiental
Responsable del proceso	Asignación de responsabilidad
Claridad de la norma	Divulgación de información - seguimiento y control
Retorno de material	Sistemas de recolección - Método de recolección

Cuadro 32. Categorización y subcategorización

Expertos		Sub categorías	Categorías previstas	Categorías inferidas
N°	Respuesta			
1	La gente no es consciente, como usuario final de llevar la llanta a los puntos autorizados	El usuario final no es consciente de llevar las llantas a los puntos autorizados	Consciencia social	Cultura
2	Fallas directamente por los responsables (distribuidores y comercializadores)	Fallas de los responsables directos	Seguimiento y Control	Gestión
3	No hay una divulgación adecuada de la resolución ni un seguimiento adecuado para su cumplimiento, al parecer los únicos que deben cumplirlas son las grandes empresas y concesionarios	Falta de conocimiento de la resolución. Los únicos que cumplen la normatividad son las grandes empresas y comercializadoras	Divulgación de información Seguimiento y control	Gestión
	Hay una problemática mayor con las empresas que importan ilegalmente las llantas	Empresas que importan ilegalmente las llantas	Seguimiento y control	Gestión
4	Identificar claramente los responsables	Identificación de los responsables	Asignación de responsabilidad	Legislación
	La falla es del estado de no tener claridad de cómo se debe hacer el retorno	Claridad de cómo hacer el retorno	Método de recolección	Operacional
5	Las fallas son relacionadas directamente por falta de responsabilidad de los comercializadores.	Poca responsabilidad de los comercializadores	Seguimiento y Control	Gestión

Análisis. Después de haber realizado la categorización y subcategorización de los tópicos identificados previamente, se procede a realizar el análisis correspondiente a las respuestas de los expertos.

Como se puede observar en el cuadro 32, las relaciones existentes entre las respuestas otorgadas por los expertos y la información hallada previamente, tiene un gran nivel de concordancia, ya que las causas principales según la priorización, hacen referencia a la falta de información de los usuarios y al desacato de la normatividad impuesta, pues como se ven en el análisis de contexto, son varios los expertos que concuerdan con estas mismas causas, sin embargo y como factor relevante, se encuentra que el estado al solo centrar el seguimiento y control sobre las grandes empresas, se está despreciando la participación que tienen aquellas pequeñas organizaciones que también se encargan de la producción o comercialización de las llantas, es por esto que no existe la comunicación clara acerca de la información pertinente que deben poseer los usuarios.

Posterior al análisis de contexto es necesario realizar, el análisis de convergencia que existe entre los factores hallados y evaluados en otros tipos de preguntas como se muestra a continuación

2.3.5.2 Análisis de convergencia. Con el fin de poder validar los resultados obtenidos mediante la aplicación de las técnicas de multicriterio, en relación a las entrevistas, se procede a realizar un análisis de convergencia, teniendo en cuenta cada una de las categorías de las preguntas evaluadas, como se ve a continuación.

➤ **Preguntas de hipótesis.** Para las preguntas de hipótesis fue necesario utilizar las escalas de Likert, para poder identificar que tan influyentes son los factores hallados previamente, y así mismo poder validar que tan influyentes pueden ser dentro del desarrollo del modelo, las preguntas relacionadas son las de tipo inducido con única respuesta, es decir, son las preguntas, 2,3 y 7, los resultados obtenidos de dichas preguntas se muestran a continuación

➤ **Preguntas de calificación.** El objetivo de este tipo de preguntas es poder identificar la importancia de los factores hallados en la fase exploratoria donde, se realizó la búsqueda en fuentes de información secundarias, con el fin de poder caracterizar los problemas relacionados con las fallas en la gestión de retornos.

Las preguntas relacionadas son el número 4 y 5, a continuación, se muestra el cuadro 33 donde se evidencian las respuestas de los expertos.

➤ **Preguntas de validación.** El objetivo de esta pregunta radica en la identificación y validación de los elementos necesarios que pueden ser potenciales de mejora en la gestión de retornos y su vez identificar con ayuda de los expertos, elementos que son relevantes para ser incluidos dentro del modelo.

Las preguntas de validación, hacen referencia a las preguntas de selección múltiple, que en este caso es la numero 6, los resultados obtenidos son los siguientes.

Cuadro 33. Respuesta de la pregunta de hipótesis (inducida)

Nº	Pregunta	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
2	La falta de información de los usuarios es una de las causas principales, en las fallas de la gestión retorno de las llantas usadas en Bogotá, marque con una X que tan de acuerdo esta con esa afirmación	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
3	Cree usted que la resolución 1457 de 2010, realmente centra la responsabilidad del manejo de llantas sobre los principales responsables.	De acuerdo	Desacuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
7	Como bien se sabe los procesos de gestión de retorno, son considerados como el eje central de la logística inversa, ya que a través de estos se realiza la recuperación de valor de las llantas usadas, marque con una X que tan de acuerdo esta con esa afirmación .	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo

Cuadro 34. Respuesta de la pregunta de tipo calificación.

Nº	Pregunta	Factor a calificar	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
4	Califique de 1 a 4 cada uno de los siguientes factores, identificando la importancia que tiene cada uno de ellos, en relación a la falencia existente en la gestión de retorno de llantas usadas en Bogotá	Incumplimiento de la resolución 1457	1	2	2	3	2
		Inadecuados centros de acopio	1	2	1	2	1
		Poca incidencia del mercado de reciclaje de llantas	1	1	2	3	3
		Poca conciencia socio ambiental	1	1	1	1	1
5	Si conoce algún factor distinto a los mencionados con anterioridad, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----	-----

Cuadro 35. Respuesta de la pregunta de tipo selección múltiple.

Nº	Pregunta	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
6	Marque con una X, cuál de los siguientes aspectos tiene mayor nivel de importancia para mejorar la gestión de retorno de llantas en Bogotá.	Transporte	Almacenamiento	Transporte	Transporte	Almacenamiento

Por otro lado, la metodología del análisis de convergencia, radica en un cruce, entre las causas provenientes de priorización con la técnica multicriterio, y la calificación dada por cada uno de los expertos en cada ítem evaluado, con el fin de poder identificar las variables y elementos relevantes en la gestión de retornos y así poder aplicarlos dentro del modelo de logística inversa para llantas usadas.

A continuación, se muestra por medio del Cuadro 36, donde se relaciona la calificación de la escala de Likert, con respecto a las categorías provenientes de la priorización de la técnica de multicriterio, en la cual se realizó un homólogo con respecto a los cuadrantes de la matriz Vester.

Cuadro 36. Escala de Likert equivalente a la técnica multicriterio.

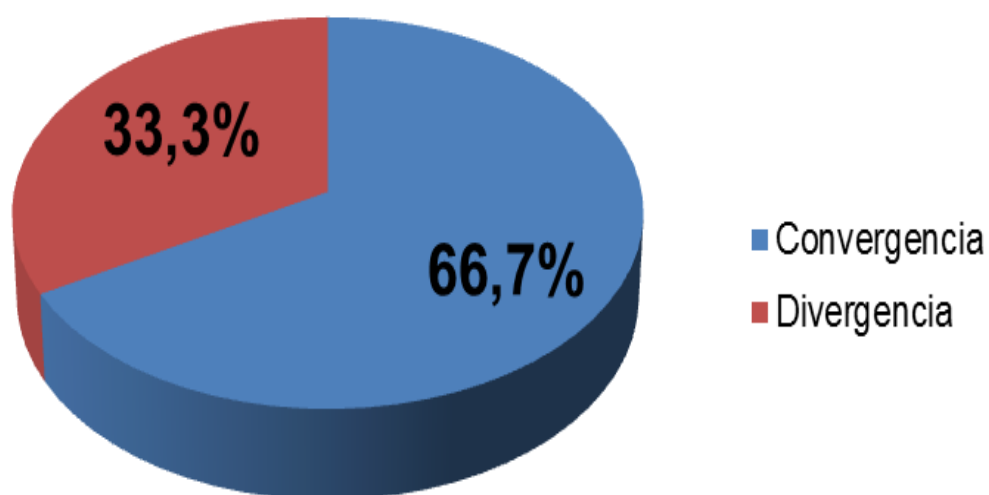
Escala Likert	Calificación	Valoración	Multicriterio
De acuerdo	1	Totalmente de acuerdo	Critico
	2	De acuerdo	Activo
	3	En desacuerdo	Pasiva
	4	Totalmente en desacuerdo	Indiferente
Importancia	1	Muy importante	Crítica
	2	Importante	Activa
	3	Poco importante	Pasiva
	4	No es importante	Indiferente

En relación al cuadro 37, se procede a realizar el análisis de convergencia existente entre los hallazgos obtenidos en fuentes secundarias, con respecto a los validos en la entrevista con los expertos, como se muestra a continuación.

Cuadro 37. Análisis de convergencia.

Causa	Técnica multicriterio	Entrevista	Convergencia	Divergencia
Falta de información de los usuarios	Critica	Critica	x	
Incumplimiento de la resolución 1457	Critica	Activa		X
Inadecuados centros de acopio	Activa	Activa	x	
Crecimiento del mercado de reciclaje	Indiferente	Activa		X
Implementación del PGIRS a cargo de los entes gubernamentales	Indiferente	indiferente	x	
Poca conciencia socio ambiental	Critica	Critica	x	
Total			4	2
Porcentaje			66,7%	33,3%

Grafico 1. Análisis de convergencia.



Finalmente, se puede evidenciar tanto en el cuadro 37, referente al análisis de convergencia como en el diagrama de torta (grafico 1), que la relación existente entre las causas encontradas a través de la revisión de fuentes secundaria, y la posterior validación de estas con la entrevista a expertos, muestra un importante nivel de convergencia el cual es del 66,7%, sin embargo, es importante analizar seriamente el 33,3% restante en el cual no existió convergencia, ya que de aquí, es donde se le dará prioridad a lo expresado por los expertos, ya que estos son los que poseen mayor nivel de conocimiento frente al tema validado, es por ello, que se tendrán las causas relevantes, en la cuales no existió la mínima relación en la validación.

Después de haber realizado el análisis de convergencia, se procede a validar la pregunta de clasificación, donde su objetivo es poder identificar los factores más relevantes de la logística inversa, como se muestra a continuación.

2.3.5.3 Preguntas de clasificación. Como objetivo de esta pregunta se buscaba caracterizar de mano de los expertos, los factores más importantes relacionados con la logística inversa, validando aquellos elementos encontrados anteriormente en casos académicos, a continuación, se muestra el Cuadro 38, de las respuestas obtenidas parte de los expertos evaluados, en la pregunta número ocho.

Cuadro 38. Respuestas de la pregunta de tipo de clasificación.

Pregunta	Factor	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
Por favor, ordene de mayor a menor siendo uno (1) el más importante y siete (7) el menos importante, los siguientes factores presentes en un modelo de logística inversa para llantas.	Sistemas de recolección	1	3	1	2	1
	Almacenamiento en los centros de acopio	2	1	6	4	2
	Sistema de clasificación en los centros de acopio	5	4	3	6	5
	Localización de los centros de acopio	3	2	2	5	3
	Gestión de inventarios de retornos	6	7	5	7	7
	Rutas de transporte	4	5	7	3	4
	Aprovechamiento del material recuperado	7	6	4	1	6

Cabe destacar que, a raíz de los datos obtenidos en el cuadro 38, fue necesario realizar un análisis modal, es decir, identificar en cada uno de los factores evaluados, cual es la moda que se presenta en ellos, con el fin de poder caracterizar los aspectos más relevantes considerados por los expertos para la construcción del modelo de logística inversa.

Cuadro 39. Análisis modal.

Factor	Moda
Sistemas de recolección	1
Almacenamiento en los centros de acopio	2
Sistema de clasificación en los centros de acopio	5
Localización de los centros de acopio	3
Gestión de inventarios de retornos	7
Rutas de transporte	4
Aprovechamiento del material recuperado	6

Con respecto a los factores hallados mediante los casos académicos estudiados, y posterior análisis modal proveniente de los datos obtenidos en las entrevistas se observa, que los factores más relevantes, que deben ser parte de un modelo de logística inversa, son:

- Sistemas de recolección
- Almacenamiento en los centros de acopio.
- Localización de los centros de acopio.
- Rutas de transporte.

Es importante precisar que los aspectos que se encuentren entre los valores uno (1) y cuatro (4), son aquellos que se consideraran relevantes, para efectos del desarrollo del trabajo.

Dichos elementos mencionados, son los que realmente tienen gran incidencia para la continuación del proyecto, por tal motivo serán tenidos en cuenta para desarrollar el diseño del modelo.

3. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS, VARIABLES Y DINÁMICA PARA EL DISEÑO DE UN MODELO LOGÍSTICO INVERSO PARA LLANTAS COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN BOGOTÁ

Este capítulo se basa en la identificación de los factores que son influyentes en los procesos de la logística inversa, que posteriormente serán objetivo del análisis enfocado a los hallazgos destacados de las entrevistas realizadas a los expertos, así como también en los casos de éxito y modelos de logística inversa encontrados, ya que estos serán necesarios para estructurar el diseño del modelo.

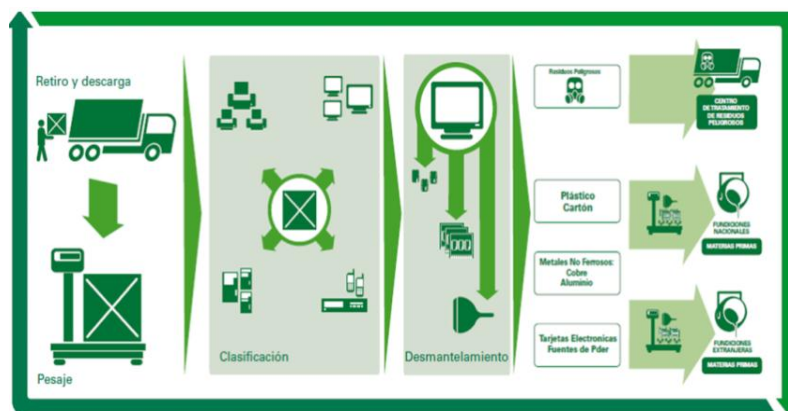
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS, VARIABLES Y DINÁMICA

En seguida se hará una revisión a casos de éxito, en los que distintas empresas han optado por integrar y realizar actividades relacionadas con la logística inversa, para generar un máximo aprovechamiento de sus productos.

El objetivo principal de realizar esta revisión, es poder identificar, mediante un análisis de relaciones entre factores, los elementos más relevantes que se encuentran en los casos de éxito, para así, poderlos incluir dentro del diseño del modelo de logística inversa, por ello, es necesario hacer una breve descripción de cada una de las experiencias encontradas, como se muestra a continuación.

3.1.1 Caso Recycla. En Chile se implementó este sistema de logística inversa en una empresa que se encuentra en el mercado del reciclaje de los RAEE, hablando y ofreciendo servicios en el mercado y ayudar a gestionar este tipo de residuos.

Figura 8. Modelo Caso Recycla.



Fuente: Recycla. Disponible en: <https://www.recycla.cl/>, 2017

3.1.1.1 Factores Identificados. El análisis de los factores se realiza identificando el modelo propuesto por recycla, estos son:

- Consciencia Socio ambiental.
- Transporte.
- Almacenamiento
- Identificación de Destino final.

3.1.2 Guía de logística Inversa. La guía de logística inversa, muestra define y argumenta diferentes factores y características que se deben de tener en cuenta al momento de implementar logística inversa en una empresa, se identifican motivaciones de implementar logística inversa, en los cuales se resaltan motivaciones legales, medio ambientales sociales y económicas, por otro lado la orientación que esta debe de tener, en las que sobresalen el reciclaje , la gestión integral de residuos y la implementación de materiales sustitutos, y finalmente la agrupación de los diferentes departamentos empresariales para una buena implementación de la logística inversa como lo son Área de Compras, Área de Logística en las cuales se resalta el transporte y almacenamiento¹³¹.

3.1.2.1 Factores Identificados. Por medio de esta guía se identificaron los factores que se nombraran a continuación.

- Normatividad.
- Consciencia socio ambiental.
- Gestión de los retornos.
- Identificación de destino final.

3.1.3 Modelo logístico Tigo. Compañía multinacional la cual por medio de la campaña recicla tu celular del Ministerio de Ambiente en donde su objetivo principal

¹³¹ ANTÚN CALLABA, Juan Pablo. Logística inversa. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=QiMErWD75KgC&pg=PA12&lpg=PA12&dq=experiencias+en+logistica+inversa&source=bl&ots=lzwm8EGiQq&sig=VeLsvf893YTOfJR8qcPI_Ov0eAM&hl=es-419&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMlnOynm8H8xwIVhhseCh3vvggAy#v=onepage&q=experiencias%20en%20logistica%20inversa&f=false. [Citado el 10 de septiembre de 2015].

es crear conciencia en los usuarios finales y así mismo hacer que estos retornen sus dispositivos fuera de uso en puntos de recolección¹³².

3.1.3.1 Factores Identificados.

- Conciencia Socio Ambiental.
- Transporte.
- Capacidad de Almacenamiento.

3.1.4 CORPAUL. Es una organización cuya planta de tratamiento está ubicada en el Valle del Cauca, escogida por la ANDI para desempeñar su labor como operador logístico, dentro de un programa para el aprovechamiento de las llantas usadas, el cual está enfocado hacia el reciclaje y tratamiento de las llantas en su etapa de pos consumo, que son dejadas por sus clientes después de cambiarlas en los establecimientos de los comercializadores o productores ubicados tanto en el suroccidente del país como en el eje cafetero.

Es importante mencionar que CORPAUL, hace parte del programa de rueda verde, dicho programa es liderado por la ANDI¹³³.

3.1.4.1 Factores Identificados

- Transporte.
- Almacenamiento.
- Identificación de destino final.

3.2 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE MODELOS

Ahora se realiza un análisis en diferentes modelos que se han propuesto a lo largo de la implementación de la logística inversa los cuales se van a describir he identificar los factores logísticos influyentes y comunes entre los modelos, se incluirá además los resultados obtenidos del análisis que se realizó en el capítulo número

¹³² GUIZA B, Juan J y BACCA, Ángela P. Logística inversa de dispositivos móviles-para la mitigación ambiental-en una empresa de telecomunicaciones en Colombia. Especialización en gerencia en logística integral. Universidad militar nueva granada. Bogotá D.C. 2014.

¹³³ San Vicente Fundación. San Vicente Fundación. Disponible en: <http://hospitaluniversitario.sanvicentefundacion.com/index.php/comunidad-online/noticias/107-noticias-del-hospital-universitario/783-corpaul-inaugura-planta-de-reciclaje-y-aprovechamiento-de-llantas-usadas>

dos y así poder llegar a una conclusión final de la identificación de factores para la implementación del modelo.

3.2.1 Developing a theory of reverse logistics. Este artículo plantea seis factores que se deben de tener en cuenta para el diseño del modelo de logística inversa.

Aporta al modelo la identificación del cliente como fuerza fundamental que conduce a la realización eficiente del modelo, por ello recalca la importancia de la implementación por parte del ente encargado del modelo a motivar a los clientes a hacer uso eficiente y tener la disposición de apoyar y utilizar el modelo¹³⁴.

3.2.1.1 Identificación de Factores. Por medio del análisis del modelo se identificaron los siguientes factores.

- **Análisis del Costo Beneficio:** Para una compañía implementar un modelo de logística inversa, debe de analizar e identificar el costo que le va traer implementar un sistema de estos, y a su vez los beneficios bien sean ambientales, sociales y económicos con el fin de equilibrar estas dos variables y que no sea perjudicial para la empresa.
- **Almacenamiento:** El almacenamiento se identifican dos variables directas, las cuales son capacidad y costo en donde juntas son perjudiciales al momento de implementar el modelo, ya que sin capacidad el modelo no será eficiente, y en costo puede afectar la compañía directamente.
- **Transporte:** El transporte se identifica como factor principal de igual manera se identifican qué tipo de rutas, vehículos y capacidad se deben de utilizar por medio de este, así mismo como los costos y beneficios los cuales se calculan a través del ruteo y el funcionamiento a lo largo del modelo.
- **Identificación de mercados en el Abastecimiento:** Se debe de tener claridad de cuál va a ser el uso final al momento de abastecer un centro de acopio, implementando las 6'R.
- **Gestión del proceso:** Control general del proceso, así como se identifican los eslabones que hacen parte del modelo, se identifica un eje central que realiza un correcto desarrollo integral, el cual debe de ser estandarizado y así asegurar el éxito del modelo

3.2.2 Modelo and Applications. Según Soto, en su tesis doctoral resalta 6 factores que directamente se ven relacionados en un desarrollo eficiente de la

¹³⁴ DOWLATSHAHI, Shad. Developing a theory of reverse logistics. Interfaces, 2000, vol. 30, no 3, p. 143-155.

logística inversa, más allá de un proceso viéndolo como un ente rodeado de diferentes actividades y tareas¹³⁵.

3.2.2.1 Identificación de Factores. Los 6 elementos planteados por Soto son:

- **Proceso Logístico Inverso:** Identificar la logística inversa como proceso el cual es completado por diversas actividades que están encaminadas en un solo objetivo.
- **Entrada de Residuos sólidos aprovechables:** Es necesario identificar que para un modelo o implementación de la logística inversa la entrada del material es fundamental para su funcionamiento.
- **Eslabones de proceso:** Los eslabones del proceso, hace referencia a toda actividad directamente relacionada en el paso a paso de la logística, a su vez la identificación de todos los actuantes.
- **Salida del material del proceso:** Hace referencia a la parte final del modelo, en donde hay una salida de material del mismo, ya sea identificando nuevos mercados y poniendo a disposición el material recaudado gracias al modelo.
- **Inicio del Proceso Logístico:** Se origina en el momento en que los eslabones o actuantes directos del proceso, comienzan a realizar sus actividades con el propósito planteado.
- **Fin del Proceso:** Proceso en el que el material hace una salida con un destino establecido, y allí terminan la actividad final.

3.2.3 Perspectives in reverse Logistics. En este trabajo de investigación, se concluyó 4 factores importantes al momento del diseño e implementación de un modelo de logística inversa. Se identificó que el análisis realizado fue hecho a metodologías y modelos implementados los cuales por medio de estos análisis se logró una conclusión general en donde se nombran las Entradas, la estructura de la cadena de procesos, y las salidas del sistema¹³⁶

3.2.3.1 Identificación de Factores.

¹³⁵ SOTO Z, Juan P. Reverse logistics: models and applications. Tesis doctoral. Universidad Pompeu Fabra. 2005. 195 p.

¹³⁶ SHALIGRAM, Pokharel y AKSHAY, Mutha. Perspectives in reverse logistics: a review. Resources, Conservation and Recycling, 2009, vol. 53, no 4, p. 175-182.

- **Entrada de Residuos sólidos aprovechables:** Todo material que entra a la cadena de suministro nuevamente, hace parte de una entrada al sistema como en este caso lo denomina el autor.
- **Gestión de retorno:** identificación de los eslabones, actuantes y actividades directas con el desarrollo del modelo los cuales intervendrán directamente con la realización del modelo.
- **Procesos y operaciones Logísticas inversas:** Toda actividad o proceso que al final harán posible una recuperación de valor al material recolectado, inspeccionado y clasificado para un mercado específico.
- **Nuevos mercados:** Salida hace referencia, al destino final del producto, determinando nuevos mercados y a su vez el costo-beneficio de la operación.

3.2.4 Modelo de logística Inversa planteado por STOCK. STOCK en su modelamiento resalta 7 factores principales los cuales hacen parte directa del buen funcionamiento de un modelo de logística inversa¹³⁷. Estos factores son:

3.2.4.1 Identificación de Factores.

- **Valoración del problema principal.** De acuerdo al trabajo de campo y la validación con expertos, se concluye que el problema principal es La Ineficiencia en el proceso de retornos de llantas en la ciudad de Bogotá D.C
- **Disminución de materiales.** La disminución de materiales será directamente el beneficio al retornar este tipo de material, ya que se realiza en pro de reducir drásticamente el impacto ambiental que estos residuos están generando en el medio ambiente y en la sociedad, como bien se describió, son más de 11 mil llantas que hay en las calles y más de 2,5 millones de estas se generan cada año.
- **Disminución de los retornos.** Al momento de implementar el diseño de la red logística, se determina que se realizara con el fin de mitigar al máximo los retornos de los neumáticos en etapa de pos consumo, se identificaron las localidades con mayor generación de este residuo en la ciudad y es allí en donde la red se priorizara para poder mitigar estos retornos desde su causa raíz.
- **Recaudación del material.** De acuerdo con la validación expertos y el trabajo de campo, a continuación, se hará una descripción de cuál será la forma de recaudar este residuo, que localidades atacaran de primero, por otro lado, de

¹³⁷ GARCÍA OLIVARES, Arnulfo Arturo. Recomendaciones Táctico-Operativas Para Implementar Un Programa De Logística Inversa. B - EUMED, 2006. p. 17-23.

cómo se hará este recudo. Inicialmente la localidad con mayor número de llantas en la ciudad la protagoniza Suba, Puente Aranda, Bosa y Kennedy. Y es allí donde se hará la recaudación del material.

- **Categorización del material.** La categorización del material se hará de acuerdo a la característica que otorgan los arquitectos que tomaran las llantas para la construcción de viviendas de interés social, la llanta se clasificara y se le otorgara una categoría en el centro de acopio para su correcta organización y clasificación.
- **Disposición del material.** El material será dispuesto para la construcción de viviendas de interés social, principalmente reemplazando algunos materiales de construcción convencional por las llantas y en dado caso que estas no cumplan con las características físicas para realizar esta función, se procederá a buscar en el mercado otros usos encaminados a la construcción.
- **Medición y control.** La medición y control del funcionamiento de este diseño de red de logística inversa se hará cuantificando principalmente los beneficios sociales, ambientales y económicos al reemplazar la llanta convencional, y adicionalmente se hará un seguimiento a su funcionamiento y a la eficiencia de la red en la disminución de llantas en la ciudad de Bogotá.

3.2.5 Resultados Parciales de la investigación. En el capítulo número 2 de este trabajo de investigación, se realizó una entrevista a 5 expertos, los cuales se identificaron y evaluaron en dicho capítulo. Posterior a esta entrevista se realizó un análisis de convergencia de los resultados y una identificación de factores directos en el modelo a implementar estos factores son los siguientes.

3.2.5.1 Identificación de Factores.

- **Transporte:** Logística del transporte, análisis e identificación de variables directamente relacionadas con el transporte.
- **Almacenamiento:** Capacidad de los centros de acopio.
- **Sistemas de recolección:** La parte de la gestión integral de recolección del material.
- **Ubicación de Centros de Acopio:** Factor fundamental que los centros de acopio cuenten con una accesibilidad y una capacidad suficiente para el acopio del material.

3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE MODELOS Y DE CASOS

Una vez identificados los factores tanto en los modelos, como en los casos y en las entrevistas efectuadas, se procede a realizar un análisis de convergencia entre los factores encontrados, cada uno de los aspectos mencionados.

El objetivo de realizar del análisis de convergencia, es poder identificar, la relación existente de los factores encontrados, en los casos de éxito, los modelos y las entrevistas a expertos, con el fin de poder determinar, cuales son los factores que se tienen mayor presencia en todos los aspectos evaluados, para ello se considera necesario realizar una agrupación de factores por categorías como se muestra a continuación en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Agrupación de Elementos.

Agrupación de elementos					
Almacenamiento	Gestión del retorno	Fin del proceso	Transporte	Conciencia Socio Ambiental	Procesos y operaciones Logísticas
Inspección	Estrategias de recolección	Identificación de nuevos mercados	Disminución de retornos	-----	Eslabones de proceso
Clasificación	Costo Beneficio	Salida de material	Recaudación de material	-----	-----
Ubicación de los centros de acopio	Entrada de residuos solidos	Disposición Final	Rutas de transporte	-----	-----
Almacenamiento en los centros de acopio	Medición y Control	-----	-----	-----	-----
-----	Sistemas de recolección	-----	-----	-----	-----

Luego de haber realizado la agrupación de los factores, se establecen las matrices que serán objeto de análisis para identificar la convergencia existente, entre los casos, modelos y entrevistas, con respecto a los factores encontrados en cada uno de ellos, como se ve puede ver en el Cuadro41 y 42.

Cuadro 41. Análisis de Casos de éxito.

	Análisis de Casos de éxito encontrados.	
--	---	--

Factores encontrados	Recycla	Guía de Logística Inversa	Modelo Logístico Tigo	Corpaul	Total
Gestión de retorno	1	1	1	1	4
Almacenamiento		1	1	1	3
Fin del proceso	1	1	0	1	3
Transporte		0	1	1	2
Consciencia Ambiental	1	1	0	0	2

Fuente: TARAZONA,Jaime; TRIVIÑO,Paula y SUAREZ,Monica. Diseño De Un Modelo De Logística Inversa Para Los Raee Tipo 3. Fundación Universidad de América, 2016. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. II CONGRESO INTERNACIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES – CIANI 2017. Octubre 12.

En el Cuadro 41 se puede evidenciar de forma clara, los factores encontrados en el análisis de casos de éxito estudiados y analizados. Se concluye como resultado parcial que los factores con una frecuencia mayor son la Gestión de retorno, Almacenamiento y Fin del proceso logístico.

En el Cuadro 42 se realizará un análisis de Modelos logísticos planteados, y su agrupación de factores identificados.

Cuadro 42. Análisis de los modelos encontrados.

	Análisis de Modelos encontrados.				
Factores encontrados	Developing a theory of reverse logistics.	Modelo and Applications.	Perspectives in reverse Logistics.	Modelo de logística Inversa planteado	TOTAL

				por STOCK.	
Gestión de retornos	1	1	1	1	4
Fin del proceso logístico	1	1	1	1	4
Almacenamiento	1			1	2
Transporte	1			1	2
Procesos y operaciones logísticas		1	1		2

Fuente: TARAZONA,Jaime; TRIVIÑO,Paula y SUAREZ,Monica. Diseño De Un Modelo De Logística Inversa Para Los Rae Tipo 3. Fundación Universidad de América, 2016. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. II CONGRESO INTERNACIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES – CIANI 2017. Octubre 12.

Cuadro 43. Análisis de las entrevistas.

Análisis de las entrevistas	
Factor	Total
Almacenamiento	2
Gestión del retorno	1
Transporte	1

Una vez se ha identificado la participación de cada uno de los factores frente a cada modelo, caso de éxito y las entrevistas efectuadas, es necesario realizar el análisis de convergencia, ya que, de dicho análisis se caracterizarán los factores más relevantes para la elaboración del diseño del modelo de logística inversa para llantas usadas.

Cuadro 44. Matriz de convergencia.

Factores encontrados	Convergencia de factores encontrados en casos de éxito, entrevistas y modelos						% Frecuencia Acumulada
	Casos de Éxito	Modelos	Entrevistas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	

Gestión de retorno	4	4	1	9	9	28%	28%
Fin del proceso	3	4	0	7	16	22%	50%
Almacenamiento	3	2	2	7	23	22%	72%
Transporte	2	2	1	5	28	16%	88%
Consciencia Ambiental	2	0	0	2	30	6%	94%
Procesos y operaciones logísticas	0	2	0	2	32	6%	100%
Total				32			

Fuente: TARAZONA,Jaime; TRIVIÑO,Paula y SUAREZ,Monica. Diseño De Un Modelo De Logística Inversa Para Los Raae Tipo 3. Fundación Universidad de América, 2016. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. II CONGRESO INTERNACIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES – CIANI 2017. Octubre 12.

En el Cuadro 44 se puede evidenciar, que elementos son más relevantes de acuerdo a la distribución de la frecuencia, estos son, la gestión de retorno, el fin del proceso, el almacenamiento y el transporte, sin embargo, no se pueden descartar la participación de los dos factores restantes, ya que como se ha mencionado anteriormente, la consciencia ambiental juega un papel realmente importante para reintegrar a la cadena productiva las llantas usadas, así mismo, es importante, contar con la participantes de los procesos y operaciones logísticas, ya que se consideran realmente importantes para el desarrollo del diseño.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, se precisa caracterizar el modelo de logística inversa, donde se hará una breve descripción de lo que son los factores encontrados y que se incluirán dentro del diseño.

3.4 CARACTERIZACIÓN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA

Con respecto a los resultados obtenidos en el estudio anterior, se identificaron los factores que harán parte de la construcción del modelo de logística inversa a continuación se hará una descripción general de todo lo que se tendrá en cuenta antes de realizar el modelo.

- **Gestión de Retorno.** La Gestión de retornos, se enfoca y busca en obtener valor de materiales u objetos que alberguen algún tipo de valor. La gestión de retorno esta predestinada a implementar las conocidas 3R, que son reutilizar, reciclar,

reducir, que se ajustan de acuerdo a la necesidad a la cual se implemente¹³⁸. Por otro lado, el Ingeniero Jorge Valencia, en 2011 define la gestión de retornos como proceso que hace parte de la logística inversa que se encarga de todos los seguimientos, y trámites para traer de vuelta el producto a retornar¹³⁹. La gestión de retorno como factor principal identificado, contiene el siguiente micro procesos, los cuales se verán representados en el esquema como:

- Análisis del costo beneficio.
- Estrategias de Recolección
- Entrada de Residuos Sólidos.
- Medición y Control del sistema logístico inverso.
- **Fin del Proceso.** Se identifica como fin del proceso, el momento en que se decide qué hacer con el objeto que se ha retornado, para este trabajo se identificó como fin del proceso las siguientes alternativas:
 - Identificación de nuevos mercados.
 - Disposiciones Finales, como implementación de las 3R'S como se ha dicho anteriormente, Reutilizar, Reciclar, Reducir.
 - Salida del material.
- **Almacenamiento.** El Almacenamiento se identifican elementos como:
 - Centros de Acopio.
 - Ubicación de los Centros de Acopio
 - Capacidad de los centros de Acopio.
 - Actividades de los centros de Acopio como Inspección y Clasificación.
- **Transporte.** El transporte es un elemento muy importante para el correcto funcionamiento del modelo, es aquí en donde se identifican actividades como:
 - Disminución de retornos, por medio de modelos de minimización.

¹³⁸ DI RISIO,Hugo. Gestión de retornos y residuos de forma sustentable y rentable En: Logistic Summit & Expo. Dic 6,. p. 1

¹³⁹ VALENCIA,Jorge. GESTION DE RETORNOS Y LOGISTICA INVERSA. Disponible en:
<http://docplayer.es/6515330-Gestion-de-retornos-y-logistica-inversa.html>

- Recaudación de material y estrategias de recolección.
- Capacidad del medio de transporte y recolección.

Una vez realizada la descripción de los elementos más importantes encontrados anteriormente en el análisis de convergencia, se procede a caracterizar el modelo.

Partiendo del concepto de logística inversa, donde se comprenden los procesos de planificación, implementación y control de los flujos físicos y de información que se presentan dentro del sistema, sin desconocer, la cantidad de inventario que se genera, el tipo de almacenamiento, y los costos relacionado con esto, con el fin de poder llevar el producto desde su punto de consumo hasta el centro de acopio, para poder recuperar el valor que ha perdido.

Sin embargo, es necesario contemplar el proceso logístico tradicional de las llantas, a través de su red de valor, donde los procesos se comienzan desde los proveedores de materia prima e insumos, pues son quienes brindan el material necesario para que el productor, se encargue de agregar valor mediante el cambio de sus componentes para fabricar el producto que posteriormente será otorgado al mercado, que a través de un sistema de distribución, es llevado hasta el cliente final, con el objetivo de satisfacer sus necesidades, sin embargo, después de que el producto cumple con su vida útil, se generan residuos de este, es entonces, cuando se incorpora la logística inversa, para poder controlar el retorno del producto.

Dentro de los procesos de la logística inversa, se resalta la participación, de la consciencia ambiental, ya que de esta depende el mejor desempeño que se puede lograr de la gestión de retorno, de la cual se desarrollarán estrategias de recolección de las llantas usadas, con el fin de poder reintegrar dicho material, para poder generar su mayor nivel de aprovechamiento y agregación de valor, después de haber estado en almacenamiento, donde es inspeccionado y clasificado de manera adecuada para poder identificar su adecuada disposición final (Fin del proceso), esto hace referencia a la disposición que se le dará al material recolectado, dependiendo de las características con las que cuente, para poder lograr la integración de los factores encontrados y explicados previamente, se propone el siguiente diseño.

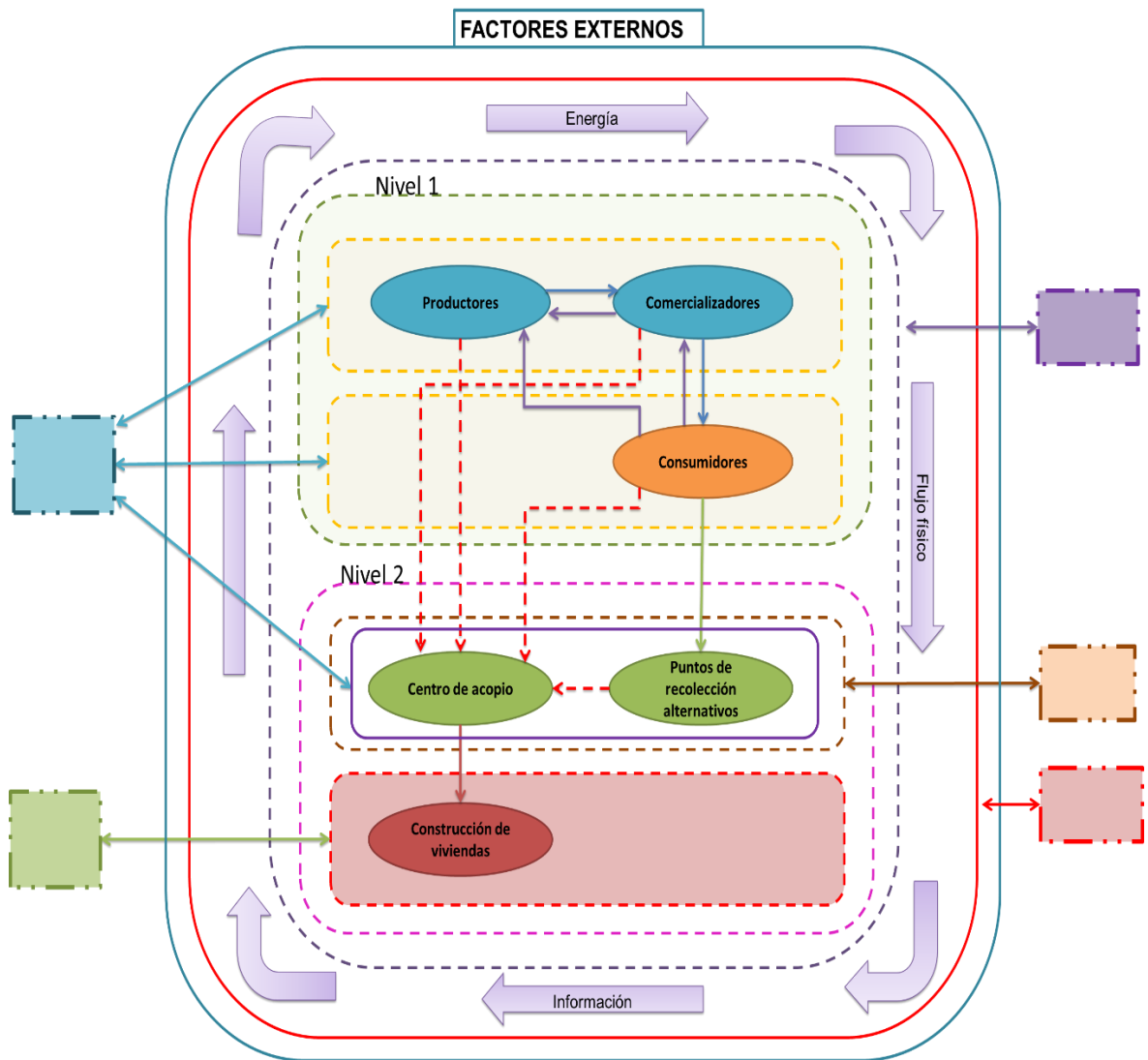
4. DISEÑO DEL MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LLANTAS USADAS

El presente apartado se fundamenta en la construcción y explicación del diseño del modelo de logística inversa para llantas usadas en la ciudad de Bogotá, en primer lugar, es importante aclarar que los elementos y variables, que se encuentran dentro del modelo, han sido identificados a través de un análisis de convergencia entre

factores, que se encontraban presentes tanto en los casos de éxito, como en los modelos encontrados y los resultados que se obtuvieron a partir de la entrevista aplicada a los expertos.

Por otro lado, en relación al modelo, se tratarán aspectos como la descripción geométrica, cuyo objetivo es poder explicar la connotación que recibe cada figura dentro del diseño para poder dar mayor claridad de sus componentes, posteriormente, se hablara de la trazabilidad del modelo, donde se resaltan los hallazgos encontrados y su procedencia, finalmente se explicará la desagregación de cada uno de los niveles presentes en el modelo.

Figura 9. Modelo de logística inversa para la recuperación de llantas.



4.1 DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA

El modelo propuesto anteriormente, resalta los elementos encontrados en la identificación de casos académicos y el desarrollo del diagnóstico, que posteriormente, fueron validados con expertos y analizados con otros modelos y ciertos casos de éxito, con el fin de aplicar más claramente el modelo diseñado, se presenta una descripción geométrica de este mismo, como se muestra a continuación.

El modelo será aplicado desde la parte externa hacia los elementos internos que lo componen.

En primer lugar se evidencia la presencia de los factores externos al modelo, los cuales son representados mediante una línea continua de color azul, estos son todos aquellos aspectos que rigen el comportamiento del sistema, un ejemplo, es la normatividad, ya que esta puede ir variando con el tiempo, y el modelo debe ajustarse a esta, en segundo lugar, se enmarcan todos los procesos de la logística, tanto directa como inversa que harán parte importante del modelo, su representación es mediante una línea de color continua de color rojo.

En tercer lugar, se representan mediante flechas de color morado claro, los flujos de información, energía y físicos (llantas), inmersos al sistema, posteriormente, se encuentra el proceso de transporte, se simboliza con un rectángulo de línea discontinua de color morado, esta línea enmarca todos los procesos internos ya que esta es una actividad que se encuentra presente en todos los eslabones del modelo.

Es importante mencionar que para el desarrollo del modelo se tuvo presente la división de los procesos más internos en dos niveles, el primero de ellos, se encuentra delimitado por una línea discontinua de color verde e involucra a todas las partes que se encuentran en primer lugar dentro de la logística tradicional, es decir, enmarca todas las partes involucradas con la fabricación, distribución y posterior consumo final de las llantas.

Dentro del primer nivel también se divide en dos sub niveles, en el primero de ellos se encuentran los productores y comercializadores, estos están diferenciados con dos óvalos de color azul, se optó por dejar a estas dos partes del primer subnivel, ya que en primer lugar son los encargados por ley de establecer los sistemas de gestión de residuos, además de ser los encargados de realizar la elaboración y distribución de este producto para agregarle valor, en el segundo subnivel, se encuentran los clientes, estos se diferencian mediante un ovalo de color naranja, esta parte se deja en el subnivel dos, ya que son los que finalizan el proceso logístico tradicional, y a su vez, son los que dan inicio a la logística inversa, al ser estos los principales generadores de llantas usadas.

En el segundo nivel, está enmarcado por un rectángulo de línea discontinua, de color fucsia, este nivel se basa en la integración de las partes involucradas con la logística inversa y el aprovechamiento de material, dentro del primer subnivel, del nivel dos, se encuentran los puntos de recolección alternativos, se encuentran diferenciados por medio de un ovalo de color verde, dichos puntos, tiene como objetivo, albergar temporalmente las llantas usadas, y posteriormente llevarlas a los centros de acopio, que también se simbolizan con un ovalo verde, en este , estas dos partes se encuentran encerradas, por el proceso de almacenamiento, que se distingue con un rectángulo de línea discontinua de color café, en este proceso se realiza una inspección y clasificación a las llantas usadas que se encuentran en el sistema.

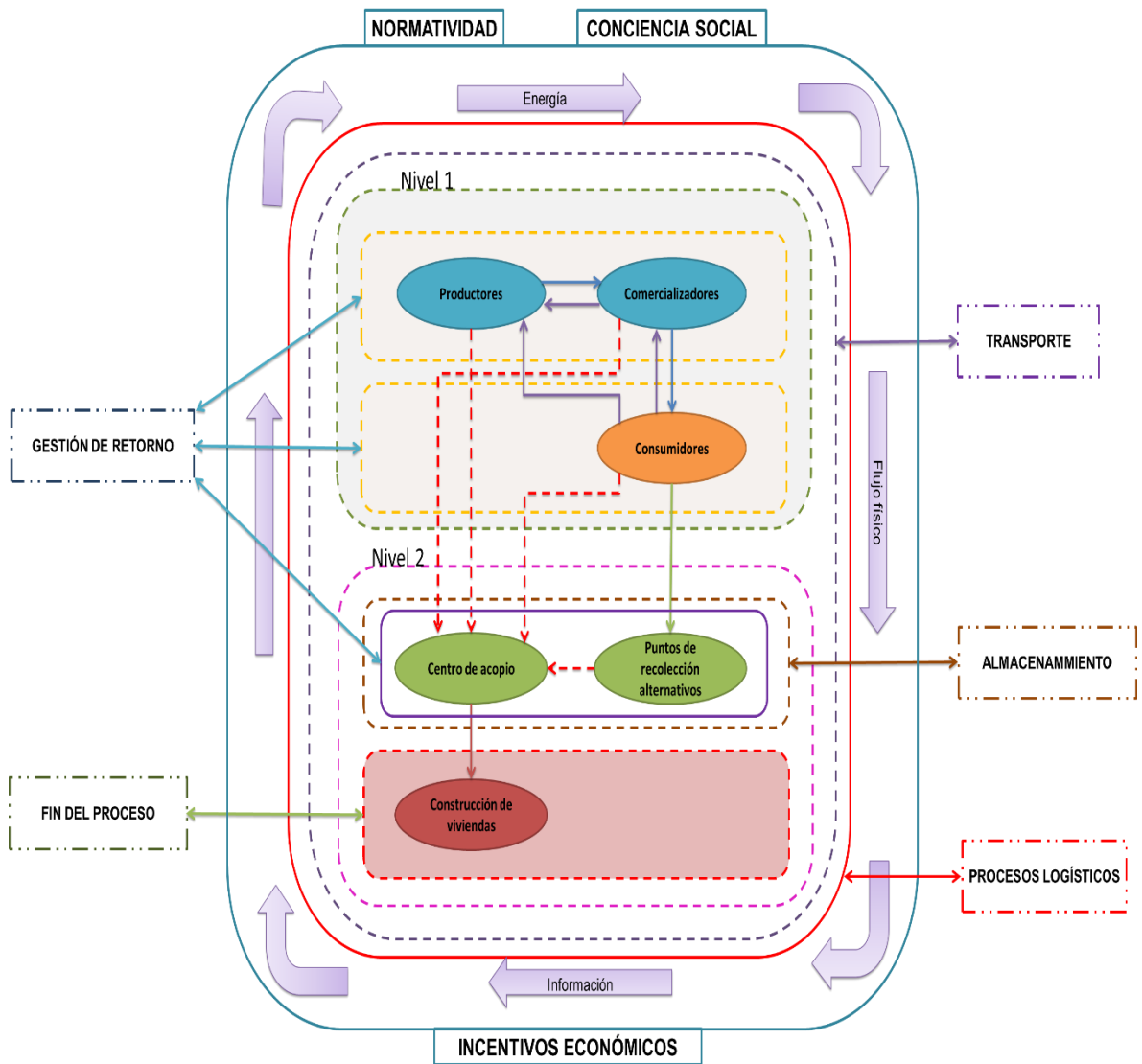
Así mismo, en el segundo subnivel, se encuentra la construcción de vivienda de interés social, la cual se simboliza por medio de un ovalo de color rojo, el cual está enmarcado, dentro de un rectángulo de línea discontinua de color rojo, que hace referencia al fin del proceso, el cual, se verá desde el punto de vista del aprovechamiento y generación de valor de las llantas usadas, como material de construcción, ya sea para levantamiento de muros, material aislante para techos o relleno para aquellas que harán parte de los muros.

En cuanto a los flujos que se encuentran presentes en el modelo, es importante resaltar en primer lugar el flujo hacia delante de las llantas, es decir, que dicho producto va desde los productores hacia los comercializadores y finalmente hacia los consumidores, este flujo se representa mediante una flecha de color azul. En segundo lugar, y representadas por flechas de color morado, se encuentran las devoluciones que se pueden presentar en el primer nivel, ya que, por aspectos de calidad o excesos de inventario de los comercializadores, pueden devolver el producto, ya sea desde el consumidor al cliente o productor, o desde el comercializador al producto.

Posteriormente, aparece la flecha de color verde, la cual indica el flujo que se presenta desde el consumidor hasta los puntos de recolección alternativos, en seguida, se pueden observar las flechas con línea discontinua de color rojo, las cuales, indican el sentido del flujo de las llantas que por ciertas razones, ya no serán usadas, y que estarán dispuestas en los centros de acopio, donde se identificara la mejor disposición final del producto y se llevado, para realizar la construcción de vivienda de interés social, dicho flujo se representa con una flecha de color vino tinto, y hace referencia al producto que cumple con las características necesarias para ello.















4.1.1 Modelo desagregado. Teniendo en cuenta el modelo general, y la participación de un elemento importante, como lo es el modelo intellectus, cuyo fin es poder evidenciar de manera clara, la jerarquización de elementos, variables y componentes que están presentes en el modelo, para realizar la desagregación del modelo planteado, como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Modelo de logística inversa para la recuperación de llantas, con niveles de desagregación.




Con el fin de poder dar mayor claridad a la interpretación del modelo anterior, a continuación, se realiza el cuadro 45, donde se muestran las convenciones simbólicas que se presentan.

Cuadro 45. Convenciones.

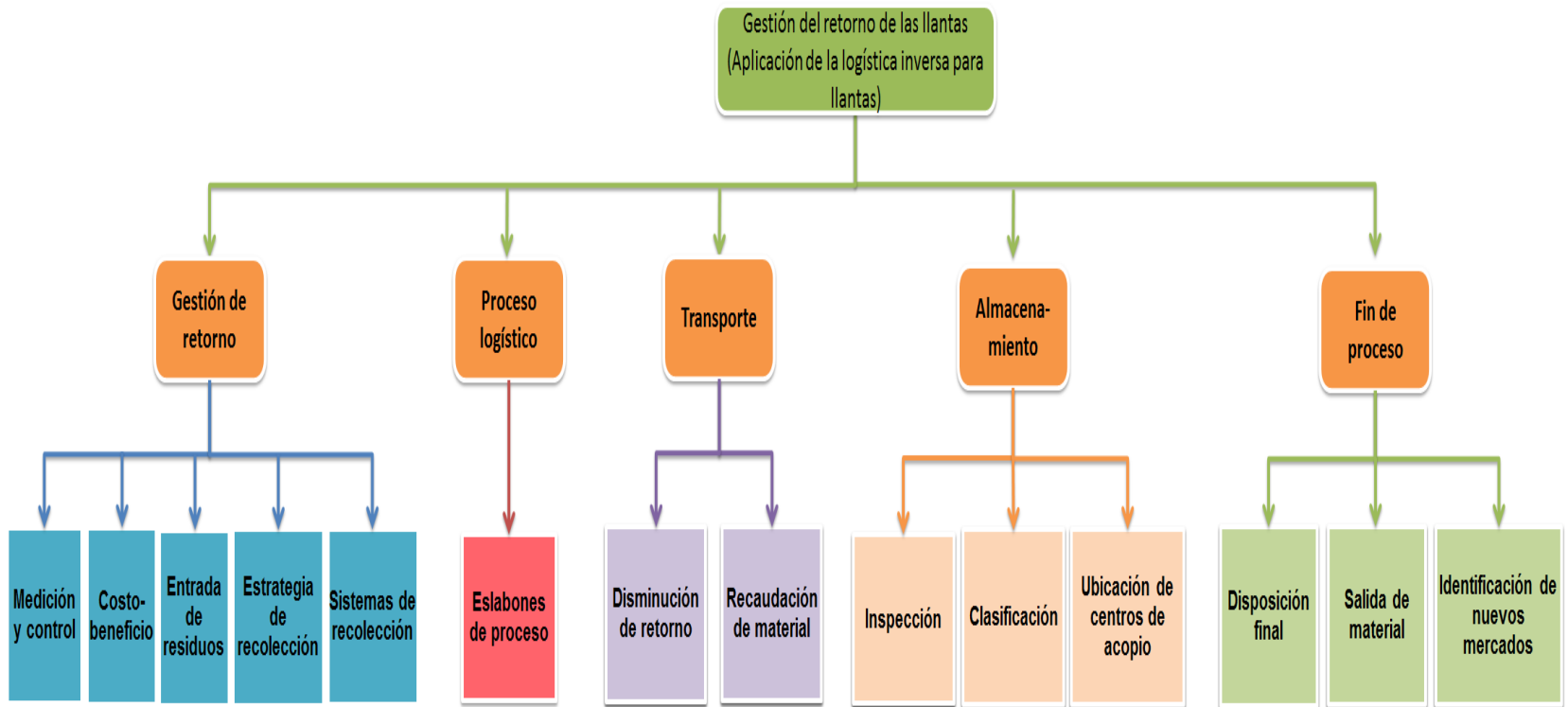
Descripción	Figura/símbolo	Color
Flujo cíclico del producto, información y energía a en el sistema.		Morado
Delimitación de los procesos logísticos.		Rojo
Enmarca el proceso de transporte en la gestión distribución de las llantas.		Morado
Elementos de gestión de retorno del modelo.		Azul
Elemento de fin de proceso del modelo.		Verde
Enmarca el proceso de almacenamiento en la gestión del retorno de las llantas.		Café
Delimitación del nivel uno del modelo.		Verde
Delimitación de los subniveles del nivel uno.		Amarillo
Delimitación del nivel dos del modelo.		Fucsia
Factores externos del sistema.		Azul
Flujo hacia adelante del producto en el proceso de distribución del producto, en el nivel uno.		Azul
Flujo hacia atrás del producto, presentado por fallas en la calidad, o aspectos de inventario, en el nivel uno.		Morado
Flujo de las llantas usadas desde los consumidores hacia los puntos alternativos de recolección.		Verde
Flujo inverso de las llantas usadas, hacia los centros de acopio dentro del sistema.		Rojo

Cuadro 45. (Continuación)

Descripción	Figura/símbolo	Color
Flujo del producto, desde los centros de acopio hacia el lugar destinado a la construcción de vivienda de interés social.		Vino tinto

Después de haber realizado la descripción de cada uno de los símbolos presentes en el modelo, se procede a identificar la desagregación de los elementos variables y componentes, a partir de la aplicación del modelo intellectus como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Desagregación total del modelo.



4.1.2 Trazabilidad. Con el objetivo de poder realizar la descripción detallada de cada uno de los niveles identificados en la figura 11, es conveniente primero identificar de donde han salido cada uno de los aspectos evidenciados en el modelo anterior.

Para la comprensión de los factores que hacen parte del modelo, es importante resaltar la importancia del primer nivel, donde el objetivo era poder identificar la gestión del retorno de llantas y cuáles son las principales partes que desempeñan un papel significativo dentro de este proceso, lo cual se logró mediante el diagnóstico efectuado en el capítulo dos, sin embargo, lo hallado en el diagnóstico no cumplía con la totalidad de las características que están presentes en el modelo, por ello, se planteó un análisis, a partir, los factores más representativos, encontrados en una revisión de casos de éxito y modelos aplicados, donde se observó, la participación de elementos que no se habían contemplado anteriormente.

Una vez culminado el análisis de los casos de éxito, las entrevistas realizadas, y los modelos encontrados, se identificaron los factores más importantes que se encuentran dentro del modelo, los cuales se presentarán a continuación, y más adelante serán definidos.

- Gestión de retorno.
- Procesos logísticos.
- Transporte.
- Almacenamiento.
- Fin del proceso.
- Conciencia social.

Por otro lado, se resalta la importancia de las variables que se encuentran presentes en el modelo, estas se identificaron a través de la revisión de fuentes secundarias de información, que posteriormente fueron validados mediante una entrevista a expertos, quienes demostraron la importancia, que estos se encuentran presentes para llevar a cabo una buena gestión de retorno de llantas que, a su vez, es relacionada con los procesos de la logística inversa.

Otro aspecto importante dentro del desarrollo de la investigación, es el identificar y describir la operatividad que el modelo presenta.

4.2 OPERATIVIDAD DEL MODELO

La operatividad del modelo se desenvuelve mediante la correcta ejecución de todos los elementos y eslabones identificados en la elaboración gráfica del modelo. Es así como a continuación se hará una descripción profunda y un desarrollo correcto de cada uno.

4.2.1 Elementos del modelo. La concepción del modelo se basó bajo cuatro Componentes principales, los cuales, fueron identificados mediante una revisión de información por medio de fuentes secundarias, y validados con expertos relacionados al campo de estudio, donde se pudo identificar que los hallazgos se encuentran conformados por diferentes variables y atributos, que describen el proyecto en su parte cuantitativa y cualitativa.

A continuación, se describen los diferentes elementos que conforman el modelo planteado, con el fin de tener mayor claridad del funcionamiento de este mismo.

4.2.2 Almacenamiento. El almacenamiento es uno de los factores más relevantes que participan dentro del modelo, ya que, para el desarrollo de este se consideran ciertos aspectos importantes, que se describirán más adelante, así mismo, cabe resaltar que dicho proceso se llevará a cabo en centros de acopio, para tener mayor claridad de su función, a continuación, se contextualiza lo que son estos sitios de almacenamiento.

4.2.2.1 Centro de acopio. Es un área con disposición para el almacenamiento temporal de objetos, sea materia prima, productos terminados, productos en proceso o residuos sólidos, con fines como despacho, suministro o disposición final. Tiene como finalidad hacer de forma eficiente un control de los residuos sólidos con el fin de realizar su debida separación y transporte¹⁴⁰.

En la logística inversa casi siempre solo existe un centro de acopio que es un lugar en el cual se establece las recepciones de devoluciones y en otros casos la recepción de material en etapa de pos consumo¹⁴¹.

Para este trabajo el centro de acopio garantizará su debida inspección, separación y disposición final, en donde serán las llantas destinarlas para la construcción de viviendas.

¹⁴⁰ Universidad del Norte. Centro de Acopio - Universidad del Norte. Enero,. Disponible en: <https://www.uninorte.edu.co/web/guest/gestion-administrativa-y-financiera/centro-de-acopio>

¹⁴¹ BALLESTEROS RIVEROS, Diana Paola y BALLESTEROS SILVA, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. En: Scientia Et Technica. vol. 5, no. 37, p. 315-320

- **Recursos en los centros de Acopio.** Los recursos son un factor muy importante, ya que, al momento de implementar un diseño de logística inversa, y de tener la estructura física del centro de acopio, hay que identificar una serie de recursos tanto físicos como humanos, los cuales permitirán realizar la labor eficiente, que enmarque y rodee todas las necesidades que el modelo tiene como objetivo.
- **Recurso técnico.** Los recursos técnicos, se describen como todo lo físico y material que hace parte del buen funcionamiento del centro de acopio, entre otros como los cuartos de almacenamiento, estantería, gatos o montacargas, baños y demás. Lo cual tienen que estar acogidos a la normatividad vigente.
- **Recursos Humanos.** Se describe al recurso humano, como el recurso más valioso para una correcta elaboración de las actividades de la logística inversa, es claro que el recurso humano se necesitará para la realización de las actividades, desde el punto de recolección, una clasificación correcta del material y un correcto aprovechamiento en la construcción de viviendas.

4.2.2.2 Ubicación de los Centros de Acopio. Posterior a identificar las características que deben de contener los centros de acopio, es de suma importancia identificar los generadores de este residuo.

Las principales formas o métodos de recolección de este material que se identificaron en capítulos anteriores se originan principalmente en la devolución de la materia por parte del cliente a los centros de comercialización, por otro lado, otra alternativa que tienen, es de llevarlos directamente a los puntos de recolección de llantas usadas implementados por el estado y por sistemas de recolección selectiva como lo ofrece la organización Rueda Verde.

Sin embargo, en la entrevista realizada a los principales actuantes en esta problemática, acertaron con mayor frecuencia que la falta de información en los clientes y usuarios finales es factor principal que este modelo no funcione.

Por otro lado, las problemáticas generadas por los inadecuados centros de acopio identificados, en el capítulo dos en donde se identificaron como causales directas, la poca capacidad de los centros de acopio legales en la ciudad, y la forma en la que centros de distribución ilegales se apoderan de un monto exagerando de este material lo cual causa un riesgo directo en la salud humana y ambiental.

Según la Alcaldía Mayor de Bogotá, como bien se ha dicho anteriormente, en el año 2016 se recolectó alrededor de 11.000 llantas de las calles, es así como por medio de este artículo se concretó el análisis y se llegó a la conclusión de identificar las 4 localidades de Bogotá con mayor número de llantas generadas, estas localidades son:

- Suba
- Puente Aranda
- Bosa
- Kennedy¹⁴²

Figura 12. Identificación de los Centros de Acopio.



Fuente: Colmenares, Cristian el 27 de junio.

Para tener una mayor claridad de las zonas identificadas, se puede observar en la Figura 12 que hace referencia al mapa de la ciudad de Bogotá D.C, en donde se puede identificar que las localidades mencionadas anteriormente, se encuentran a lo largo de toda la ciudad.

Tras el desarrollo de la identificación de las zonas, no se puede dejar de identificar que sucede con sectores como el 7 de agosto, el cual es un sector de la ciudad de Bogotá, muy reconocido por su gran desarrollo económico en el sector automotriz, y posiblemente un gran generador de este residuo. Según Mario Castro en el periódico El Tiempo, en el 7 de agosto se encuentran alrededor de 800 establecimientos de los cuales, en su mayoría, son establecimientos de surtido nacional e internacional de repuestos para automóviles.

¹⁴² Secretaria Distrital de Gobierno. En 2016, más de 11 mil llantas usadas fueron retiradas del espacio público en Bogotá. Diciembre 23,. Disponible en: <http://www.gobiernobogota.gov.co/noticias/2016-mas-11-mil-llantas-usadas-fueron-retiradas-del-espacio-publico-bogota>

Así mismo, en el periódico El Tiempo se declara también, que la gran mayoría de los residuos que se presentan en el sector del 7 de Agosto, son de residuos de gasolina y adicionales hidrocarburos, propiciado un gran impacto en el deterioro de la asfáltica y por ello daños en las vías¹⁴³.

Es así como en el 7 de agosto se destacan sus establecimientos por su variedad en venta de auto partes, cambio de frenos y latonería, identificando solo dos Servitecas por medio de la página web 7deAgosto. Es por ello que no se toma en cuenta para el desarrollo del trabajo en la identificación de la zonificación.

Por otro lado, es necesario tener presente la participación de cada zona, frente a la generación de llantas usadas, con el fin de poder identificar la posible capacidad del sistema, y a su vez, la participación porcentual que tiene cada una de ellas, en relación a la generación de este residuo.

Cuadro 46. Residuos por Zonas.

	Localidad	Cantidad de llantas generadas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
zona 1	Suba	2741	38%	38%
zona 2	Puente Aranda	1913	27%	65%
Zona 3	Kennedy	1196	17%	81%
Zona 4	Bosa	1332	18%	100%
Total de residuos		7182		

Una vez estimado el porcentaje de generación de llantas por zona, se procede a identificar los centros de acopio, que son necesarios para el desarrollo del modelo, como se muestra en el Cuadro 47.

¹⁴³ VARGAS, Juan Carlos. LO CONSIGUE EN EL 7 DE AGOSTO. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-316292>

Cuadro 47. Identificación de centros de acopio.

Zonas	Localidad	Puntos de recolección	Dirección
zona 1	Suba	Auto Rines y llantas.	Av. Calle 116 # 70c-41
Zona 2	Puente Aranda	La Rueda Centro Carrera	Avenida Américas # 51 - 39 Local B203
Zona 3	Kennedy	Servicios Industriales Técnicos S.A. – Servintec	Avenida 1 # 25 A - 43/51 Enfraguita
Zona 4	Bosa	Inversiones Leardi S.A. (Ardillantas)	Carrera 52 # 29 - 29 Sur

4.2.2.3 Análisis Matemático para la Ubicación de los centros de acopio.

Para realizar la ubicación del agente receptor, se realizará un análisis de centro de gravedad, se contemplan las ubicaciones de los centros de acopio, los cuales deben de cumplir con diferentes características como: capacidad, disposición legal para el acopio, y accesibilidad para acopiar el material, para ello se cree pertinente describir que son los centros de gravedad.

4.2.2.4 Centros de Gravedad. Según la tesis realizada por Suarez, Tarazona y Quintero titulada diseño de un modelo de logística inversa para los RAE tipo 3, este análisis se realiza con el fin de identificar cuál de las zonas seleccionadas, es la más factible con respecto a los costos de transporte, los cuales son evaluados en kilómetro transportado por costo de tonelada.

Para realizar el cálculo de las coordenadas X y Y, se aplican las siguientes ecuaciones, propuestas por Ballou, para el cálculo del centro de gravedad.

Ecuación 4. Centro de gravedad.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (Vi * Ri * Xi) / di}{\sum_{i=1}^n (Vi * Ri) / di}$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n (Vi * Ri * Yi) / di}{\sum_{i=1}^n (Vi * Ri) / di}$$

Dónde:

Vi= Volumen o Peso del Producto V en el punto i.

X_i = Coordenadas desde el punto X al punto i.

Y_i = Coordenadas del punto Y hasta el punto i.

R_i = Tarifa de transportación al punto i.

d_i = Distancia al punto i desde la instalación que se ubicará.

Para poder dar procedencia al modelo se deben de seguir los siguientes pasos descritos, según Suarez en su modelo logística inversa.

- Se toman cada uno de los puntos seleccionados por zona, y se identifican sus coordenadas.
- De acuerdo a la investigación determinar las cantidades a trasladar.
- Por medio de los datos ingresados se realiza la simulación en donde converge en la minimización de costos.

Los costos de transporte es un elemento muy importante para la simulación correcta mediante el programa LogWare, es por ello que se identificaran de la siguiente manera.

- **Costos de transporte:** De acuerdo a la página del Ministerio de Transporte, se identifican los costos asociados entre un punto de origen y un lugar de destino, con el fin de saber cuál es el costo de movilizar una tonelada por kilómetro dentro de la ciudad de Bogotá, en donde se tienen en cuenta la totalidad de las variables.

Tabla 1. Costeo de Fletes por Tonelada, SICE-TAC.

Resumen de Costos	
Costo total de movilizar la carga (1)	\$426,471.39
Costo total de los tiempos de espera, carga, descarga y consecución de carga (2)	\$67,807.72
Costo total del viaje (1+2+3)	\$494,279.11
Costo total de una hora adicional de espera, carga, descarga y consecución de carga.	\$18,951.93
Costo por tonelada.	\$54,919.90
Costo total tonelada por KM.	\$631.26
Costo total del viaje por KM.	\$5,681.37

Fuente: SICE-TAC por el Ministerio de Transporte.

Una vez identificados los costos asociados al transporte, es necesario poder estimar la cantidad mensual de llantas usadas que pueden ser recolectadas dentro del sistema.

- **Demanda Mensual de Toneladas de llantas.** De acuerdo con la información obtenida mediante fuentes secundarias, se identificó que en la ciudad de Bogotá se generan cerca 2'500.000 llantas usadas al año¹⁴⁴, de las cuales, según el periódico El Tiempo cerca del 48% (1'200.000) son arrojadas a espacios públicos, partiendo de estos datos mencionados, también es necesario contemplar la información suministrada en el “Diagnóstico Ambiental Sobre el manejo actual de llantas y neumáticos generados por el parque automotor santa fe de Bogotá.”, ya que en este documento se resalta una cantidad realmente importante para estimar la demanda mensual de llantas usadas, para ello, es necesario el cuadro 49.

¹⁴⁴ E D C, et al. Diagnóstico Ambiental Sobre El Manejo Actual De Llantas Y Neumáticos Usados Generados Por El Parque Automotor De Santa Fe De Bogotá.

Cuadro 48. Generación actual de llantas usadas por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá por tipo de vehículo.

TIPO DE VEHÍCULO	A	B	C	D	E	F	G
			A x B		A x D	C x 0.03	E - F
PARTICULAR (91%)	Número de vehículos	Llantas / Vehículo ¹	Total llantas en uso	l _{OLL} ²	Llantas Generadas al año	Reencauche	Ajuste por Reencauche
Automóvil R-13	637,637	4	2,550,548	1.72	1,096,735		1,096,735
Automóvil R-14	63,063	4	252,252	1.72	108,468		108,468
Camión	18,200	6	109,200	4.50	81,900	31,121	50,779
Camioneta	81,900	4	327,600	2.60	212,940		212,940
Campero	72,800	4	291,200	1.68	122,304		122,304
Motos	36,400	2	72,800	1.32	48,048		48,048
SUB - TOTAL	910,000		3,603,600		1,670,395	31,121	1,639,274
PÚBLICO (9%)	Número	Llantas / Vehículo	Total llantas en uso	l _{OLL}	Llantas Generadas al año	Reencauche	Ajuste por Reencauche
Taxi R-13	49,959	4	199,836	4.00	199,836		199,836
Taxi R-14	4,991	4	19,764	4.00	19,764		19,764
Bus	11,700	6	70,200	7.20	84,240	32,011	52,229
Buseta	9,900	4	39,600	4.00	39,600	15,048	24,552
Camioneta	5,400	4	21,600	2.80	15,120		15,120
Campero	3,600	4	14,400	2.00	7,200		7,200
Microbus / Colectivo	4,500	4	18,000	5.20	23,400		23,400
SUB - TOTAL	90,000		383,400		389,160	47,059	342,101
TOTAL	1,000,000		3,987,000		2,059,555	78,180	1,981,375

Fuente: Diagnóstico Ambiental Sobre el manejo actual de llantas y neumáticos generados por el parque automotor Santa fe de Bogotá.

En el Cuadro 48 se pueden evidenciar la participación tan importante que tienen las llantas de rin 13, ya que cerca del 63% de la totalidad de llantas que se encontraban en el parque automotor, eran pertenecientes a rin 13, considerando este porcentaje, se estima que la participación de las llantas, tanto de rin 13 y de rin 15, pueden llegar a una participación del 70% de la generación total de llantas, así mismo, es necesario conocer las metas estipuladas por la ANDI, frente a la recolección de llantas usadas, dichos datos se muestran en el Cuadro 50.

Cuadro 49. Metas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas de vehículos, automóviles, camiones, camionetas, buses y tracto mulas,

Periodo base para el cálculo de la meta (años fiscales)	Periodo de recolección (año fiscal)	Año de presentación de informe de actualización 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

Fuente: Resolución 1326 de 2017.

Después de haber estimado un aproximado de participación de las llantas que se pueden generar, a partir del diagnóstico realizado al “Parque automotor de santa fé de Bogotá”, y conociendo las metas estipuladas por la ANDI, para la recolección de llantas usadas, se procede a elaborar el Cuadro 50, donde se contempló, como dato relevante de esta información adquirida, que las llantas que son arrojadas anualmente a los espacios públicos de rin 13 y rin 15 son cerca 1’200.000 unidades esta cifra otorgada por análisis de información al diagnóstico realizado.

Cuadro 50. Estimación de llantas mensuales a recolectar.

Cantidad de llantas de rin 13 y rin 15 generadas mensualmente	Estimación de % de recolección mínima	Estimación de % de llantas aptas	Total de llantas a recoger mensualmente
100.000	55%	70%	38.500

En el Cuadro 50, se estima una cantidad de recolección, relacionada en primer lugar por la totalidad de las llantas que son arrojadas al espacio público, pues según el periódico El Tiempo a nivel distrital se genera una cantidad aproximada de 2’500.000 llantas usadas, de las cuales el 48% (1’200.000), son arrojadas a las calles, con base en el dato recién mencionado, se procedió a calcular un promedio mensual, el cual es de 100.000 usadas, tomando como base esta cantidad, y considerando factores importantes como el porcentaje mínimo de recolección, que según la ANDI es del 55%, junto con un estimado del 70% de material conforme se

procedió a calcular, el valor que se estima poder recolectar mensualmente a nivel distrital, como se puede observar.

- **Capacidad del centro de acopio.** Con base en la información obtenida de la generación de llantas usadas en cada zona analizada, se estipula un sistema de almacenamiento cerrado, tomando como base lo dicho en el documento titulado “Manual de Buenas Practicas de manejo de llantas de desecho en centros de acopio”, donde identifican la limitación del centro de acopio con respecto a las unidades que puede albergar, ya estipulan que como máximo podrán tener dentro de su inventario fijo 10.000 unidades, así mismo, mencionan la importancia de realizar una revisión a este sitio, con una periodicidad de cada 15 días, sin importar que se haya recibido o no llantas usadas¹⁴⁵, por otro lado, en el Cuadro 51, se muestran los aspectos más relevantes con los que debe contar el centro de acopio.

Cuadro 51. Capacidad Instalada Centro de Acopio.

Estación de Transferencia y Acopio de Llantas.	A 100.000	B 50.000	C 10.000
Unidad de medida	Metro cuadrado = m ²	Metro cuadrado = m ²	Metro cuadrado = m ²
Área total	7.000 m ²	3.650 m ²	900 m ²
Área unitaria/celda	350 m ² /celda	365 m ² /celda	450 m ² /celda
Capacidad instalada	14 llantas / m ²	13 llantas/ m ²	11 llantas / m ²

Fuente: Proyecto: Fortalecimiento, et al. Manual De Buenas Prácticas En El Manejo De Llantas De Desecho En Centros De Acopio.

Así mismo, para aplicar este sistema de almacenamiento, es importante tener en consideración las siguientes pautas.

- Tener buena ventilación, temperatura templada y estar seco¹⁴⁶.
- Tener las llantas lejos de cualquier sustancia química, disolvente o hidrocarburo

¹⁴⁵ Proyecto: Fortalecimiento, et al. Manual De Buenas Prácticas En El Manejo De Llantas De Desecho En Centros De Acopio.

¹⁴⁶ Opcít

que propicie la generación de incendios¹⁴⁷.

- Mantener las llantas lejos de cualquier objeto que pueda penetrar el caucho¹⁴⁸.
- Evitar grandes apilamientos, con el fin de prevenir la caída accidental del producto¹⁴⁹.
- Procurar realizar el almacenamiento lejos de fuentes de calor o equipos que puedan ocasionar chispas, ya que propicia la posibilidad de incendios¹⁵⁰.
- Almacenar las llantas fuera de las superficies asfálticas, ya que estas absorben del calor¹⁵¹.

Posterior al análisis efectuado, frente a la capacidad máxima del centro de acopio, y del sistema, se procede a realizar la estimación mensual de demanda por centro de acopio, esto con el fin de analizar:

- La capacidad de los Centros de Acopio, en relación con la demanda identificada.
- Los costos de transporte por centros de acopio, para generar la simulación en LogWare.

Teniendo en cuenta la demanda mensual máxima por centro de acopio se debe determinar nuevamente las toneladas mensuales máximas que se van a trasladar para el correcto funcionamiento del simulador.

Cuadro 52. Toneladas de llantas Máxima a Acopiar.

Cantidad de llantas a acopiar.	Peso promedio en KG de llantas de rin 13 y rin 15	Total Kilogramos mensual generados	Total Demanda Mensual en Toneladas
10.000	8	80.000	80

Posterior a tener las toneladas mensuales máximas, se procede a investigar la dirección en Latitud y Longitud por medio de la página Web Google Maps, al obtener estas dos variables se procede a ingresar a la página Atlas Cajamarca.Info, en donde encontraremos un conversor de variables de Latitud y Longitud a coordenadas X, Y como se observa en la siguiente Ilustración.

¹⁴⁷ Opcít.

¹⁴⁸ Opcít.

¹⁴⁹ Opcít.

¹⁵⁰ Opcít.

¹⁵¹ Opcít.

Ilustración 12. Conversor a coordenadas X,Y

Conversor de coordenadas

Las coordenadas geográficas deben ser ingresadas y serán mostradas en grados decimales. Los números negativos indican longitudes de Oeste y latitudes de Sur. Las coordenadas UTM deben ser ingresadas y serán mostradas en metros. El modelo de elipsoide utilizado es el WGS84.

Geográficas

UTM

Longitud:

Latitud:

➔

➜

X:

Y:

Zona:

Hemisferio: N S

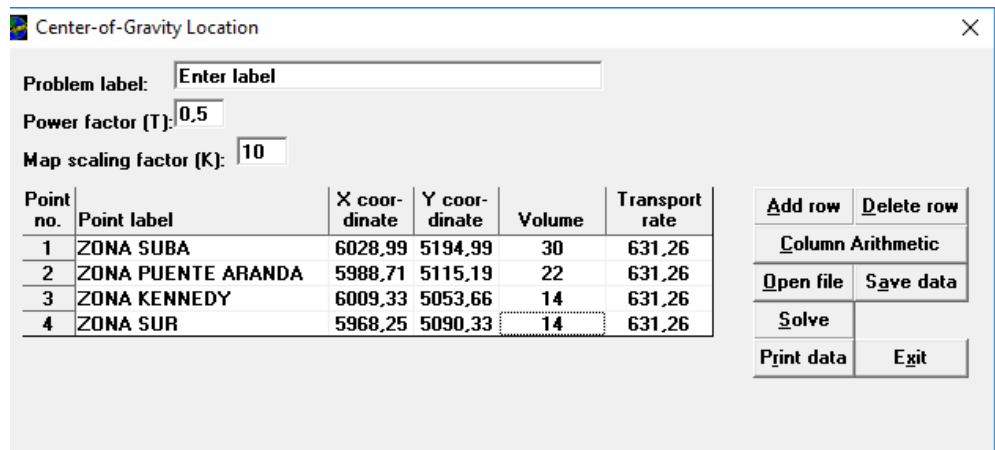
Fuente: Conversor de coordenadas

En el Cuadro 53 se incluirán los resultados de latitud y longitud a coordenadas X, Y se procede a introducir la información en el programa LogWare, para su correcta simulación.

Cuadro 53. Información de ubicación en coordenadas.

Zona	Localidad	Puntos de recolección	Dirección	Latitud	Longitud	x	Y
zona 1	Suba	Auto Rines y llantas.	Av. Calle 116 # 70c-41	4,6993443	-74,072834	6028.30	5194.99
zona 2	Puente Aranda	La Rueda Centro Carrera	Avenida Américas # 51 - 39 Local B203	4,6272162	-74,1086158	5988.71	5115.19
zona 3	Kennedy	Servicios Industriales Técnicos S.A. - Servintec	Avenida 1 # 25 A - 43/51 Enfragueta	4,5715332	-74,0900994	6009.33	5053.66
zona 4	Bosa	Inversiones Leardi S.A. (Ardillantas)	Carrera 52 # 29 - 29 Sur	4,6047474	-74,1270910	5968.25	5090.33

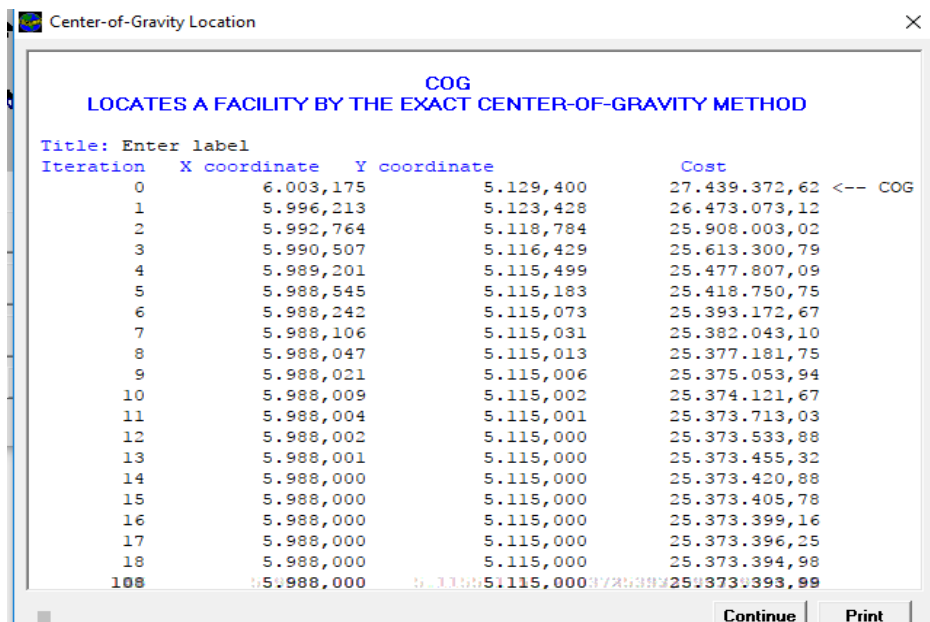
Ilustración 13. Ingreso de Datos para simulación



Fuente: Software, LogWare.

Como se observa en la anterior ilustración, se ingresan los datos del listado de las zonas mediante coordenadas, asignándole la cantidad de toneladas a transportar y el costo de kilómetro por tonelada tomado de la página del ministerio de ambiente por medio de la tesis Diseño de modelo logístico para RAE, posterior a esta formulación, se procede a la simulación, la cual nos arroja lo siguiente.

Ilustración 14. Interacciones necesarias modelo de centro de gravedad.

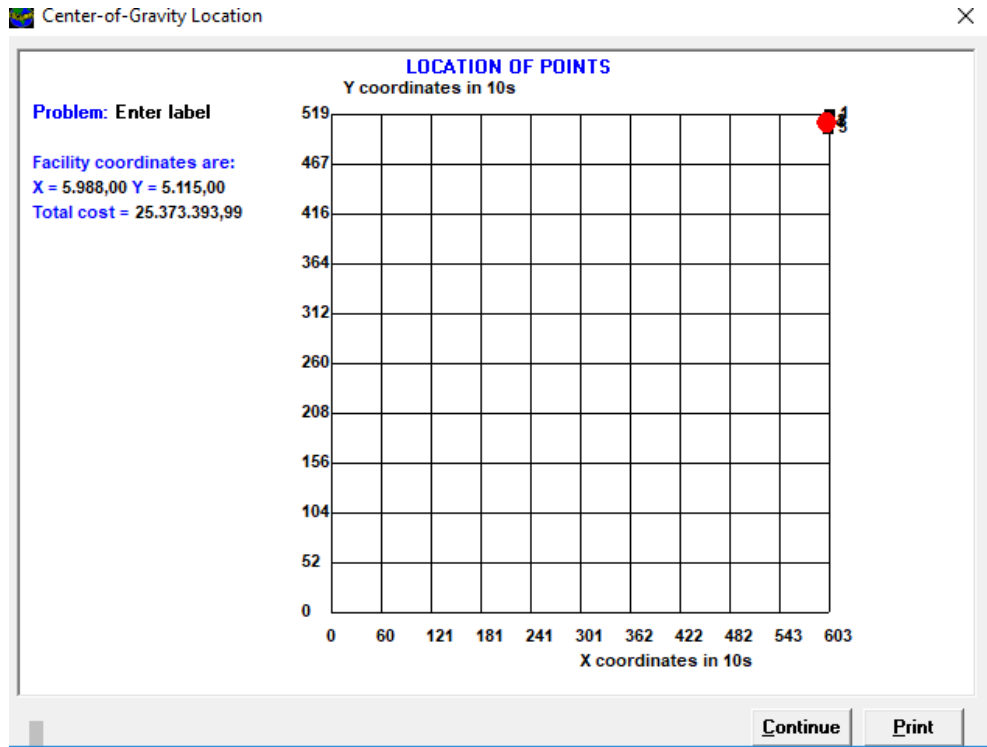


Fuente: Software, LogWare.

De acuerdo a la ilustración anterior, se puede apreciar que a la interacción número 108, se llegó al punto de convergencia el cual nos arroja las siguientes coordenadas de localización, posteriormente se realizara un plot en el programa, el cual nos

arrojara las coordenadas en X, Y de la dirección del punto de acopio final que nos arrojó, junto con el costo mínimo de este lugar.

Ilustración 15. Coordenadas X Y de punto de localización.

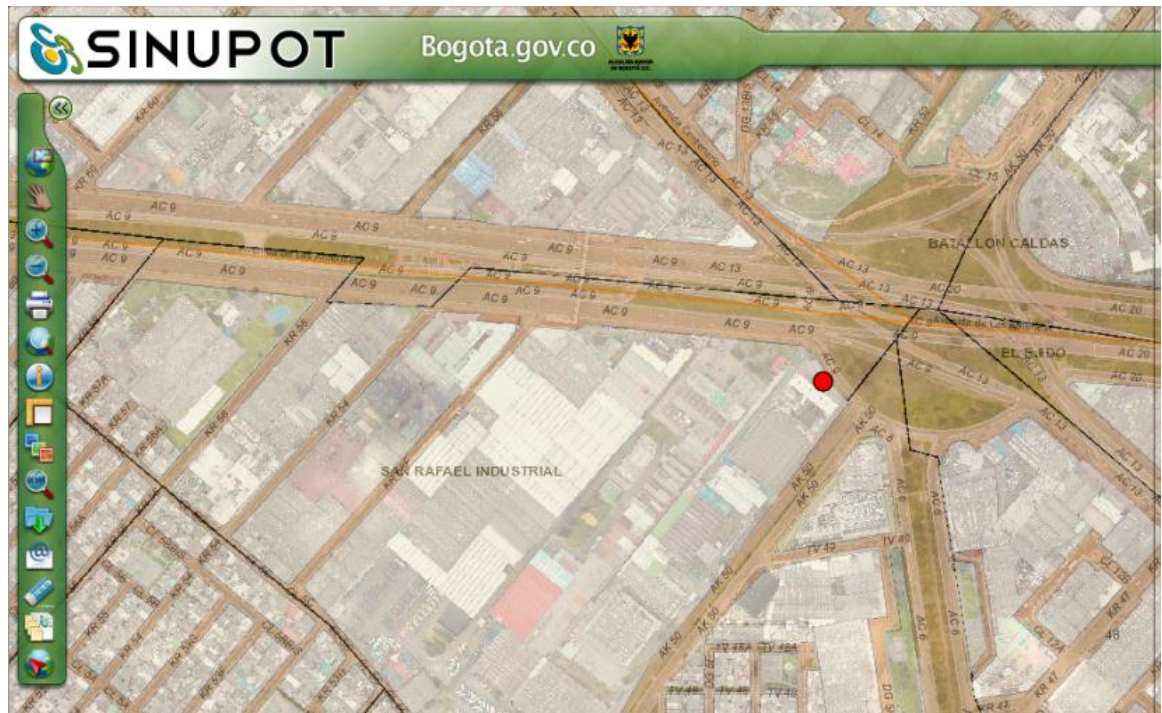


Fuente: Software, LogWare.

Por medio de la ilustración anterior, se observa el resultado de la localización centro de gravedad, el cual se dio después de la interacción número 108 según la información introducida para su simulación.

Se concluye con el centro de gravedad el cual arroja en la localidad de Puente Aranda, allí, se cuenta con costo mínimo frente a los demás centros de acopio.

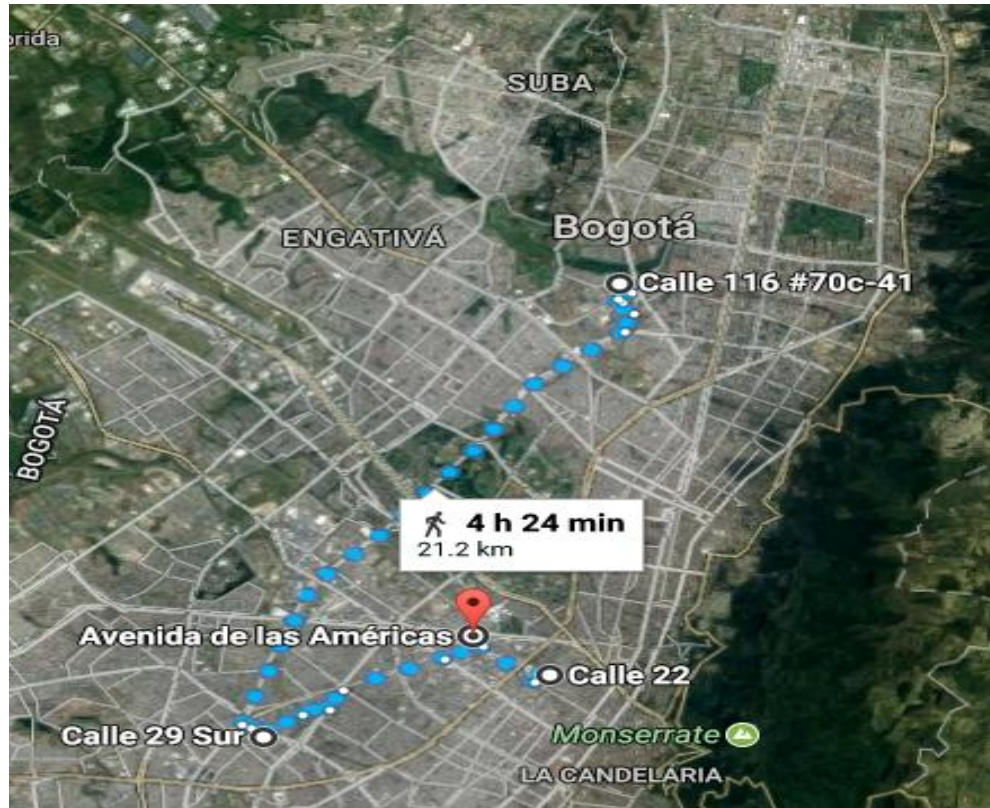
Ilustración 16. Análisis de SINUPOT en Centro de Acopio.



Fuente: Sinupot.bog,2017.

De acuerdo al SINUPOT, y con respecto a los datos encontrados, de que allí se encuentra un centro de acopio privado actualmente, se identifica que el área es disponible para ser acopiada en este sector.

Ilustración 17. Centro de acopio y puntos de recolección.



Fuente: GoogleMaps,2017.

Finalmente, luego de la simulación y de encontrar el centro de gravedad en los puntos $X=5.988,71$ y $Y=5.115,19$ el cual arroja como centro más apropiado, y económicamente eficiente, y adicional, se pueden observar los diferentes puntos de ubicación de los puntos de recolección alternos.

4.2.2.1 Actividades en los Centros de Acopio. Como se explicó anteriormente los centros de acopio tienen recursos técnicos, y recursos humanos, los recursos humanos son de gran importancia en actividades como:

- **Inspección:** Se da como el análisis inicial de la llanta en este caso, se identifican las características físicas de la llanta y se decide en qué lugar se clasifica.
- **Clasificación:** Identificar, y clasificar las llantas por necesidad, la clasificación es la actividad que le precede a la inspección, y es la identificación del lugar que se debe de almacenar la llanta.

En cuanto a los estándares de clasificación se hará dependiendo de las características físicas con las que cuente la llanta, para así poder ser dirigida a uno de tres usos posibles.

El primer uso, será destinado para los muros de contención, para ello, el inspector, deberá verificar de forma visual, el desgaste o laceraciones con los que cuenta la llanta, para este uso, solo se tendrán en cuenta, aquellas llantas que solo cuente con el desgaste por roce con el pavimento, o aquellas que presente laceraciones superficiales.

El segundo uso, se destinará para los techos, en los que se tendrán en cuenta aquellas llantas que presenten laceraciones significativas en las caras laterales de la llanta, y un mínimo desgaste sobre la superficie, que tiene contacto directo con el pavimento.

El tercer uso, será destinado para el relleno de las llantas que harán parte de los muros de contención, las cuales, serán todas aquellas llantas que presenten laceraciones o rompimientos significativos en todo el cuerpo de la llanta.

- **¿De qué forma almacenar las llantas?** Según la guía para el manejo de llantas usadas, lista cinco criterios muy importantes para la clasificación de llantas, inicialmente dice que las condiciones físicas del lugar deben de contar con una buena ventilación, con una temperatura templada. No tener un contacto con alguna sustancia química, la estructura de apilar llantas debe de ser moderada ya que el peso de todas puede cambiar la forma física de las mismas.

4.2.3 Gestión en los retornos. La gestión de los retornos se enfoca directamente en la relación entre el acopio del material y el ingreso a la cadena productiva de la logística inversa, y adicional del control integral del funcionamiento del modelo es aquí en donde se implementan estrategias para el acopio y adicional diferentes indicadores que midan el rendimiento general del modelo implementado.

4.2.3.1 Medición y control. Evaluación de los centros de acopio al momento de implementar. Posteriormente al análisis realizado a los centros de acopio, es necesario efectuar una validación de estos, por medio del planteamiento de indicadores encaminados a la medición y seguimiento de la gestión de los retornos de estos residuos.

La intención de esta formulación es ir midiendo periódicamente la eficiencia y cobertura de los centros de acopio con respecto a los residuos generados en un periodo de tiempo igual.

Según lo mencionado, es importante precisar que los indicadores de gestión que se pondrán deberán cumplir con las siguientes características:

- Identificar qué actividad se evalúa.
- Cuáles serán las unidades de medida.
- La forma en la que se va a medir.
- Estipular el tiempo o periodo en el cual se realizará la medición.

Una vez se han identificado las características con las que debe cumplir los indicadores, se procede a hacer una propuesta de aquellos KPI's que se consideran necesarios.

- Con la propuesta del primer indicador, lo que se propone es medir la cantidad de llantas que ingresen al centro de acopio, con respecto a la capacidad con la que cuenta el sistema y el mismo centro de acopio, para recibirlos, este indicador, oscilará en un tiempo de un mes, su unidad de medida será porcentual, partiendo de lo dicho se propone el siguiente indicador:

Ecuación 5. Cantidad de retorno ingresado.

$$\%Cantidad\ de\ retorno\ ingresado = \frac{\#Cantidades\ ingresadas}{capacidad\ del\ centro\ de\ acopio} * 100$$

- El otro indicador que se propone se desglosa en tres indicadores, ya que cuando se realiza el control necesario dentro de los centros de acopio se debe estipular cual es la cantidad real que se dispondrá para los muros de contención de las casas, la cantidad que será destinada para ser parte del relleno de las otras llantas, y finalmente cual será la cantidad de llantas que están destinadas para ser parte de los techos como material aislante, estos tres indicadores se medirá de manera porcentual, dependiendo cantidad de llantas que hayan ingresado al centro de acopio, y se realizara con un periodo estimado de un mes, como se muestra a continuación:

Ecuación 6. Cantidad para muros.

$$\%Cantidad\ para\ muros = \frac{Catidades\ para\ muros}{cantidad\ de\ llantas\ en\ el\ centro\ de\ acopio} * 100$$

Dónde: la cantidad de muros, hace referencia a todas aquellas llantas que han cumplido con las características mínimas que se estipule, para hacer parte de los

muros de contención.

Ecuación 7. Cantidad de techos.

$$\%Cantidad\ para\ techos = \frac{Catidades\ para\ techos}{cantidad\ de\ llantas\ en\ el\ centro\ de\ acopio} * 100$$

Dónde: la cantidad de techos, hace referencia a todas aquellas llantas que por sus condiciones no pueden ser parte de los muros de contención, pero si cuentan con una cantidad considerables para ser aprovechada en los techos como material aislante.

Ecuación 8. Cantidad de relleno.

$$\%Cantidad\ para\ relleno = \frac{Catidades\ para\ relleno}{cantidad\ de\ llantas\ en\ el\ centro\ de\ acopio} * 100$$

Dónde: la cantidad de relleno, hace referencia a la cantidad de llantas que fueron inspeccionadas y que no cumplieron con los mínimos estándares para ser utilizadas como muros de contención o como material aislante para los techos, estas son consideradas como las llantas que en su estructura física presentan una cantidad significativa de laceraciones.

4.2.3.2 Estrategias para el acopio. El acopio es factor fundamental para el funcionamiento eficiente del modelo, para ello muchas veces es necesario implementar estrategias para el acopio de este material.

- **Campañas que generen conciencia al consumidor final.** Como bien lo describe la resolución 1457 del año 2010, la responsabilidad directa del uso del material en su etapa de pos consumo es directamente del comercializador o fabricante, no se puede dejar a un lado el consumidor final, pues realmente es este quien en sus manos tiene la decisión de que acción realizar al momento de tener una llanta en etapa de pos consumo.
- **Accesibilidad de los puntos de recolección.** Los centros de acopio, o puntos de recolección deben de ser centros los cuales cuenten con una accesibilidad a todo tipo de público, debe de contar con una forma fácil y rápida para que se pueda hacer un proceso de entrega fácil y eficiente.

4.2.4 Transporte. El transporte es fundamental para el correcto funcionamiento del modelo, en primer lugar, se deben identificar los mínimos costos, para desempeñar dicha actividad de manera eficiente, por ello, a continuación, se describirán las características fundamentales asociadas al vehículo de transporte.

Las características del transporte en este modelo son las siguientes:

- **La capacidad del vehículo transportador;** debe de ser entre las más altas en la ciudad, ya que el volumen y el peso del material hacen que cuente con características especiales, como lo son el peso y el volumen.
- **Gestionar el transporte:** Para una correcta gestión del transporte, este debe de tener estándares de acopio para el transporte, y personas que cuenten con la capacidad de manipular este producto.

Así mismo, es necesario identificar la cantidad de vehículos con los que se contara para el transporte de las llantas, para ello, se estipula primero la capacidad en toneladas que se puede ser recogida de manera mensual, como se identifica en el Cuadro 54.

Cuadro 54. Toneladas mensuales a recoger.

Zona	Localidad	Participación porcentual	Proyección según participación	Toneladas
1	Suba	38%	3.800	30
2	Puente Aranda	27%	2.700	22
3	Kennedy	17%	1.700	14
4	Bosa	18%	1.800	14
Suma			10.000	80

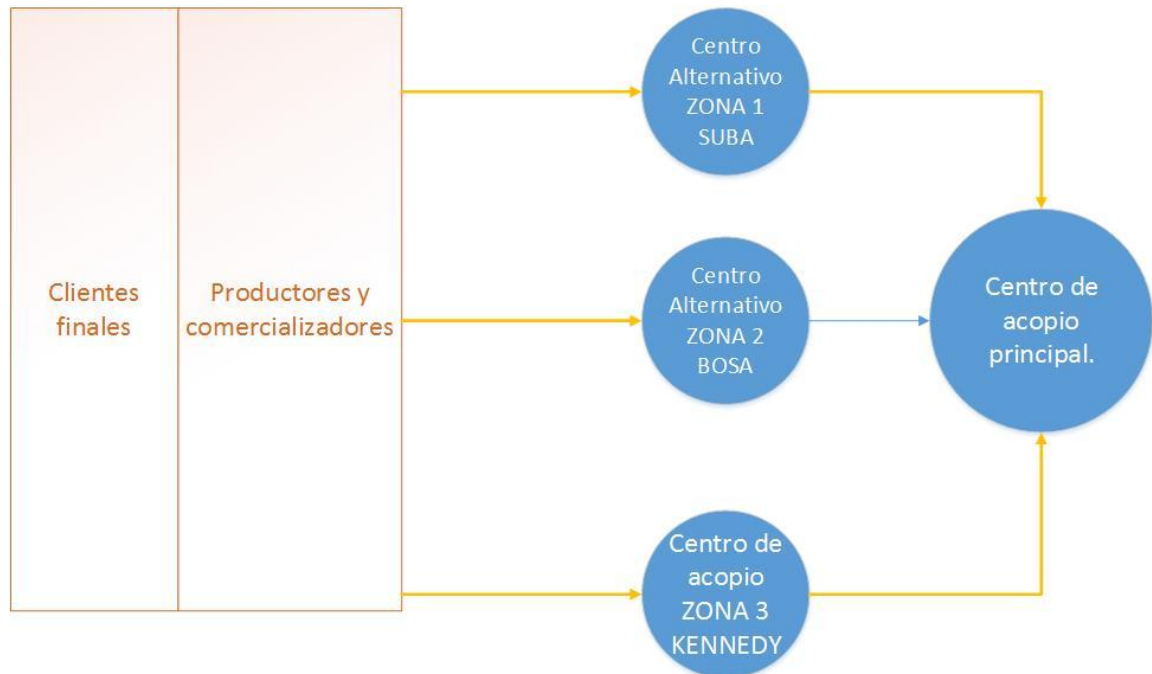
Otro aspecto importante que se debe tener presente para llevar a cabo esta actividad son los primeros auxilios.

- **Primeros Auxilios.** Debe de contar con equipo de botiquín y dos extintores por peligro de material inflamable.

De acuerdo a la Figura 13 se observa que en la ciudad de están implementando 2 centros de acopio, uno alternativo y otro general en donde el material, del alternativo va directamente al general y de allí sale para la construcción de viviendas, como se ve en la siguiente ilustración.

4.2.5 Estimación Matemática para transportar neumáticos por medio de mínimo costo según las rutas establecidas. Por medio de este modelo matemático se busca identificar la ruta más corta mediante un modelo de minimización de costo, inicialmente se evidenciará un mapeo del flujo de material desde los centros de acopio alternos al centro de recepción de residuos.

Figura 13. Ruteo de transporte de llantas al centro de acopio principal Cesvi.



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. II CONGRESO INTERNACIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES – CIANI 2017. Octubre 12,. p. 610 Ibíd.

En la Figura 13 se representan las rutas posibles que se pueden generar desde los dos puntos de acopio que finalmente el modelo matemático de punto de gravedad dio como resultado.

Para esta correcta elaboración del sistema, se deben de tener en cuenta algunos criterios para su realización estos son:

- Identificación de nodos
- Identificación de fuentes: Las fuentes se refiere principalmente a los puntos de partida con el material a los puntos de destino estos nodos para nuestro proyecto se definen así.

Nodos:

Nodo 1: Zona N°1

Nodo 2: Zona N°2

Nodo 3: Zona N°3

- Identificación de destinos: El nodo de destino, hace referencia en este trabajo a el nodo de Acopio Principal, en este caso es Nodo4: Zona N°4
- Identificación de posibles rutas.

Para la identificación de posibles rutas, se definen como arcos.

Arcos: Los arcos como se nombró, es la conformación de posibles rutas, que existen entre los nodos de fuentes, y el nodo de destino.

Nodo 1 - Nodo de destino = X1-1

Nodo 2 – Nodo de destino = X2-2

Nodo 3 - Nodo de destino = X3-3

Todo esto en donde, Xa-i, es de fuente a destino, a=fuente, i=destino.

- Identificación de rutas posibles.

Costo de transporte: Este costo de transporte es el que fue calculado en el modelo anterior, es igual al transporte de tonelada por kilómetro = Y1.

Este costo total se consolida en un cuadro general, el cual se muestra a continuación.

Ecuación 9. Minimización de costos.

$$\text{Minimizar } z = \sum_{n=1}^{25} CT_n * X_{na}$$

Cuadro 55. Costos por trayecto.

Nodos	Partida	Costo	Costo Total
Nodo 1	B1	Y1	$B*Y= CT$
Nodo 2	B2	Y2	$B*Y= CT$
Nodo 3	B3	Y3	$B*Y= CT$
Nodo 4	B4	Y4	$B*Y= CT$

Posterior a obtener el cuadro de costos totales y por trayecto, procedemos a minimizar esta variable identificada como costo, para poder plantear el modelamiento matemático, es necesario identificarlas restricciones a las cuales va a estar sujeto, como se denota a continuación.

Funciones de restricción.

$$X_{12}+X_{13}+X_{14} < \text{-Oferta1}$$

$$X_{21}+X_{23}+X_{24} < \text{-Oferta2}$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{34} < \text{-Oferta3}$$

$$X_{41}+X_{42}+X_{43} < \text{-Oferta4}$$

Dónde:

$$X_{o1}+X_{o2}+X_{o3}+X_{o4} = \text{Demanda.}$$

Posterior al planteamiento de las restricciones, que se deben tener presente en el modelamiento matemático, es necesario resaltar la participación de Puente Aranda dentro del modelamiento, ya que solo contara con una participación en específico, es decir, que solo se considerara como aspecto importante la distancia y costo de transporte, de las demás zonas con respecto a esta, ya que solo se realizara el transporte del producto, desde el agente intermediador (centros de almacenamiento temporal) hacia el procesador (centro de acopio), con el fin de calcular adecuadamente el costo mínimo asociado al transporte de las llantas usadas.

Así mismo, se realizará el Cuadro 56, en el cual se mostrarán las distancias en kilómetros de un punto a otro, y a su vez, en el Cuadro 57, se calcularán los costos de transporte, relacionado entre los distintos puntos o centros de acopio,

Cuadro 56. Distancia en kilómetros entre nodos.

Localidad	Suba	Kennedy	Sur	Puente Aranda
Suba	0	10,7	14,1	11,1
Kennedy	10,6	0	1	4,5
Bosa	14,8	1,2	0	6

Cuadro 57. Costos por flete entre nodos.

Localidad	Suba	Kennedy	Sur	Puente Aranda
Suba	\$ -	\$ 6.754	\$ 8.901	\$ 7.007
Kennedy	\$ 6.691	\$ -	\$ 631	\$ 2.841
Bosa	\$ 9.343	\$ 758	\$ -	\$ 3.788

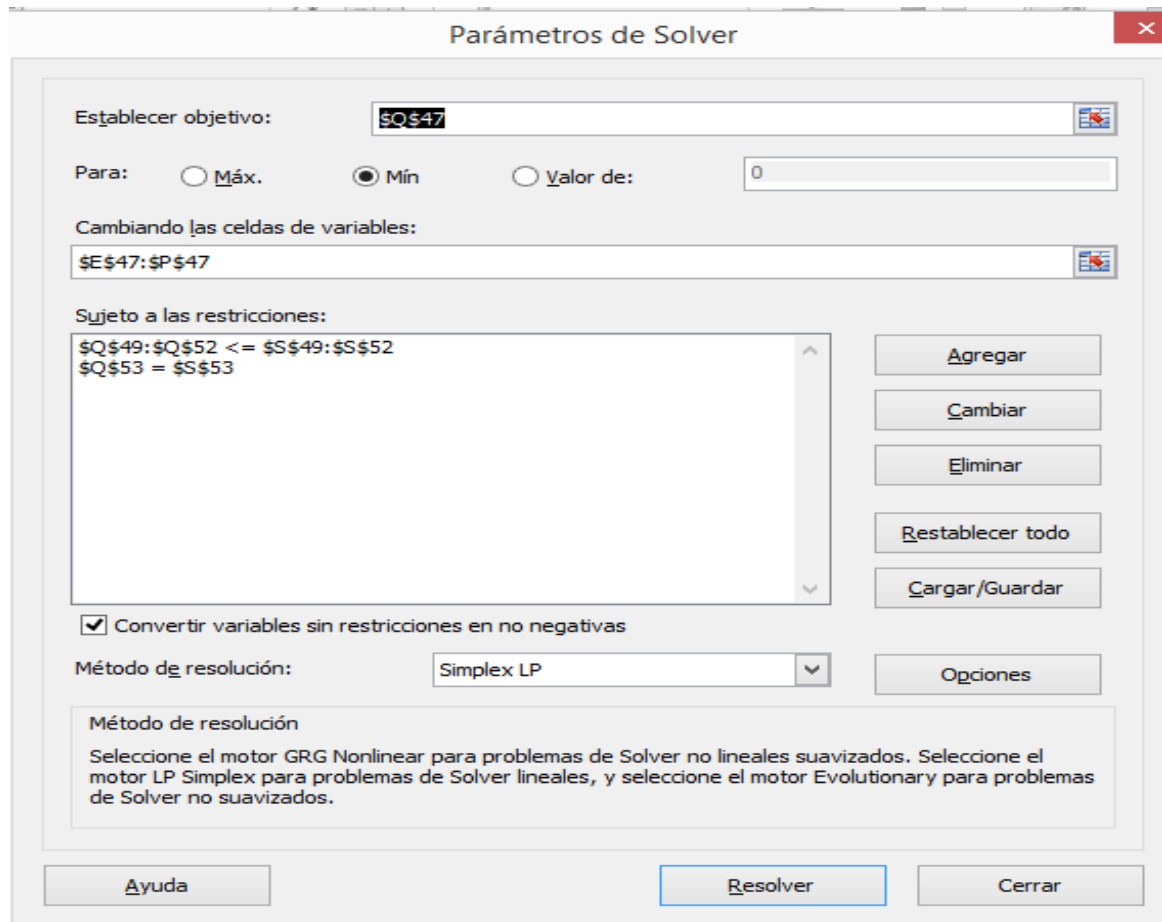
Una vez caracterizados el Cuadro 56 y el Cuadro 57, con sus respectivos valores, es importante identificar el valor unitario del costo relacionado con el transporte el cual es de \$ 631,26 peso, que ha sido tomado del trabajo de grado titulado “Diseño de un modelo logístico inverso para RAEE tipo 3”, en el cual citando al ministerio de transporte¹⁵².

En cuanto a la cuantificación del valor de cada una de las restricciones, fue necesario restar la cantidad de unidades que se generan en la localidad de Puente Aranda, ya que, el valor real que se quiere estimar está arraigado con el tonelaje proveniente de las demás zonas.

Posterior a realizar la tabulación de los costos, se procede a realizar la función Solver en Excel, con la característica minimizar, y es aquí en donde nos arroja la siguiente solución.

¹⁵² TARAZONA,Jaime; TRIVIÑO,Paula y SUAREZ,Monica. Diseño De Un Modelo De Logística Inversa Para Los Raee Tipo 3. Fundación Universidad de América, 2016.

Ilustración 18. Procedimiento Solver.



Cuadro 58. Solución Solver.

Distancia (km)	10,7	14,1	11,1	10,6	1	10,6	14,8	1,2	6	
Rutas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NV	1,2	1,3	1,4	2,1	2,3	2,4	3,1	3,2	3,4	
Costos	6754,482	8900,766	7006,986	6691,356	631,26	6691,356	9342,648	757,512	3787,56	Z min
Solución	0	0	30,3804137	0	0	13,2561017	0	0	28,0195863	\$ 407.702

Cuadro 59. Restricciones.

LI		LD
30,38041374	<=	30,3804137
13,25610173	<=	13,2561017
14,76348453	<=	14,7634845
-58,4	=	-58,4

Como se puede observar en el Cuadro 59, la cantidad presente que se tuvo para realizar los cálculos es de 58,4 toneladas, esto debido a lo que se explicó previamente, sin embargo, es pertinente volverlo a mencionar, puesto que la cantidad de llantas usadas que se proyecta tener de Puente Aranda no fue considerada, ya que, las toneladas que se pretenden cuantificar son las provenientes de los demás centros de acopio, ya que, por su lejanía, propicia la generación de este rubro.

Por otro lado, al realizar los cálculos pertinentes en solver, se evidenció que el costo mínimo al que se va incurrir dentro del transporte, entre nodos es de \$407.702,29 pesos, sin embargo, se está despreciando un punto importante dentro de la cuantificación de este costo, ya que también se debe calcular el costo desde el procesador (centro de acopio) hacia el desarrollador (Cesvi).

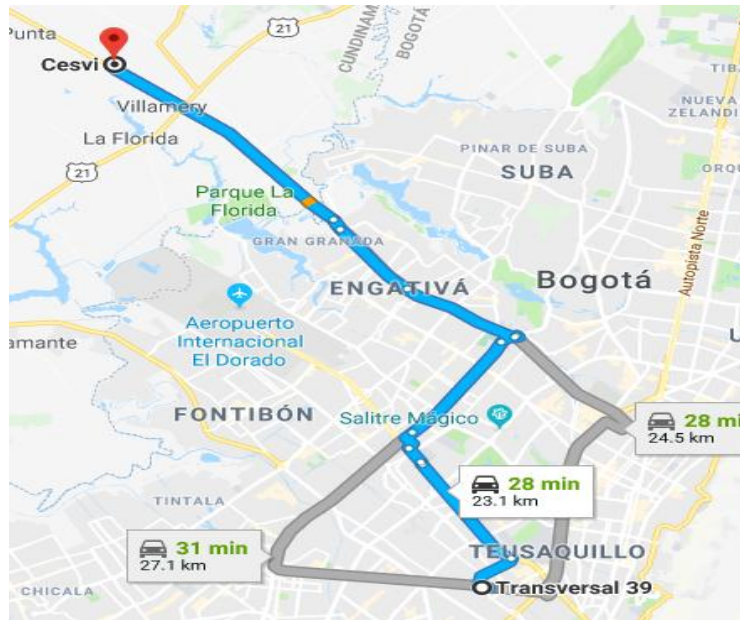
Con el fin de poder cuantificar adecuadamente el costo total del transporte, se procede a identificar la distancia más corta entre el centro de acopio y Cesvi, y multiplicar, dicha distancia por el valor del transporte, por tonelada, como apoyo de lo mencionado se hará uso del cuadro 60, donde se calculará el costo de transporte mencionado.

Cuadro 60. Costo de transporte hacia Cesvi.

Distancia hasta Cesvi.	Precio por tonelada	Toneladas máximas a transportar	Costo máximo de transporte
23,1	631,26	80	\$ 1.166.568,48

Para demostrar que la distancia tomada desde el centro de gravedad hasta Cesvi es la correcta, se mostrara la ilustración 19 donde se resalta por medio de una línea azul el recorrido del vehículo y la distancia correspondiente.

Ilustración 19 Distancia hasta Cesvi.



Fuente: Google maps, 2017

Debido a que el transporte es un costo variable, se vio pertinente calcular el valor máximo al cual se puede incurrir desde el centro de acopio hasta Cesvi, por tal motivo, se tiene como costo total de transporte la sumatoria del costo de transporte máximo hasta Cesvi, y el costo mínimo de transporte al que se va a incurrir para transportar las llantas usadas de un centro de acopio al centro de gravedad, dando como resultado \$ 1'574.270,77 pesos, por lote de 10.000 unidades, las cuales se esperan recolectar en un periodo aproximado a un mes.

Posterior a la cuantificación del costo de transporte, se procede a describir la identificación de nuevos mercados, como sigue a continuación.

4.2.6 Identificación de nuevos mercados para el uso de las llantas usadas. La identificación de nuevos mercados es factor principal del mejoramiento de esta situación, el mercado de las llantas usadas, es un mercado que en Colombia no ha sido explotado con gran prioridad, pues más allá de que se han intentado realizar distintas cosas con este material, aún siguen albergándose en sitios inadecuados en donde el riesgo ambiental y social es muy alto.

4.2.6.1 Construcción de viviendas por medio de llantas de carros. Como bien se ha descrito a lo largo del trabajo, la construcción de viviendas de interés social es un mercado que aún no ha sido explotado, ya que aún no cuenta con el planteamiento de proyectos oficiales, sin embargo, en la ciudad de Choachi Cundinamarca, se encuentra una construcción en curso de una casa que cuenta con llantas usadas como material de construcción.

Por otro lado, para el desarrollo del proyecto se concretó, que el área requerida para la construcción de una casa es de 50 metros cuadrados, donde se generara un consumo promedio de aproximadamente 600 unidades para cada vivienda, dichas unidades serán las que cumplan con los mínimos requerimientos explicados en la página 142, en el ítem de clasificación en los centros de acopio, donde se describe brevemente las características de las llantas que estarán destinadas para los muros de contención.

4.2.6.2 Usos de material de las llantas en construcción. Como ya se había realizado en el primer capítulo, se identificaron diferentes usos a parte de las viviendas a realizar con las llantas, estos usos son:

- Pavimentos Deportivos.
- Bancas (estructura central hecha en llanta usada).
- Cimentación en construcciones.
- Pistas Multiusos.
- Componente para la construcción de vías.
- Canchas de Tenis.
- Campos de hierba artificial.
- Pavimentos de seguridad. Pared de Aislamiento de ruido e impacto¹⁵³.

¹⁵³ AGUADO ALONSO, Luis. Reciclado de neumáticos para la fabricación de láminas impermeabilizantes en la construcción. Disponible en: <http://oa.upm.es/5497/Opcit.>, p,1

5. CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE REUTILIZAR UNA LLANTA EN REEMPLAZO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES

A Continuación, se realizarán la aplicación de herramientas y metodologías, para cuantificar los cálculos de los beneficios que pueden generar a partir de la implementación del modelo de logística inversa para llantas usadas en la ciudad de Bogotá.

5.1 BENEFICIO SOCIAL

Uno de los beneficios sociales que puede surgir de la implementación del proyecto, se enfoca en aquellas personas de estratos bajos o desplazados que no cuentan con una vivienda propia, pero que podrán optar por la adquisición de una casa de interés social.

A continuación, se pretende realizar una estimación de la cantidad de casas que se podrán construir, en relación a las llantas usadas que se encuentran dentro de la capacidad del sistema, para ello se infiere que la tasa de material óptimo para el aprovechamiento en muros de contención, es de aproximadamente el 70% de las llantas acopias, es decir, que son aquellas que cumplen con las características mínimas previstas.

Así mismo, es importante considerar los requerimientos previstos en los planos otorgados, donde se calcular que para la construcción de una vivienda se necesitan en promedio 600 llantas, tomando esta información como base, y teniendo en cuenta que de las 10.000 unidades con las que se espera contar en el centro de acopio, se considera que el 70% de estas, se destinaran a construcción de muros.

Ecuación 10. Número de casas.

$$\text{N}^{\circ} \text{ Casas} = \frac{\text{Total llantas conformes}}{\text{Llantas a utilizar por casa}}$$

Considerando la fórmula para el cálculo del número de casas que se estiman construir, se realiza el Cuadro 61.

Cuadro 61. Estimación de casas a construir.

Estimación de llantas recolectadas	Llantas conformes (70%)	Estimación de casas
10.000	7.000	11,67

Como se observa en el Cuadro 61, se estima que por cada lote de 7.000 unidades que cumplan con los requerimientos establecidos para ser aprovechados en la

construcción de las viviendas, se podrán construir cerca de 11 casas, también es importante precisar que el 30% restante de las llantas recolectadas, también serán utilizadas dentro de la construcción de las casas, ya que como se mencionó anteriormente, podrán ser utilizadas ya sea como material para relleno de los muros, o para los techos, por tal motivo, se resalta que dentro del proyecto se contempla la utilización de todas las llantas.

Adicionalmente se considera como beneficio social, el poder brindarle a cierta parte de la población de Bogotá, la posibilidad de optar por la adquisición de una vivienda propia, pues según Fenalco y la revista dinero, cerca del 28% de las familias de la ciudad viven en arriendo, y pertenecen a los estratos socioeconómicos uno y dos, por tal motivo pueden ser beneficiarios de un proyecto de vivienda de interés social.

Pero como beneficiarios del proyecto no solo se enmarca a esta parte de la población, sino que también, se considera importante aquella población vulnerable que han sido víctima del desplazamiento forzoso, que por efectos de la investigación, se obtuvo como resultado, que dicha población migrante a Bogotá, se encuentra alrededor de 636.824 personas, por otro lado, según el DANE, el promedio de personas por familia en la ciudad de Bogotá es de 3,1 en el 2016¹⁵⁴, por ello se puede deducir que el número de familias en esta condición, es cerca de 205.427,1 familias, y serán quienes también pueden optar por los beneficios de una vivienda propia.

5.2 BENEFICIO ECONÓMICO

Para la cuantificación de los beneficios económicos que se pueden presentar con el desarrollo del proyecto es necesario primero calcular unos costos mínimos que se asociaran al modelo.

5.2.1 Estimación de los costos mínimos necesarios para la aplicación del modelo. A continuación, se realizará una aproximación de los costos mínimos asociados con la implementación del modelo, esto a partir de la formulación de un modelo matemático, el cual tiene por objetivo estimar la cantidad mínima de llantas que se deben vender para generar rentabilidad.

- **Requisitos mínimos de costos operativos.** Es necesario mencionar que en esta parte se traerán a consideración ciertos aspectos financieros, que sirvan para estimar los mínimos costos relacionados para la implementación del modelo.

Como primer punto a tratar será necesario cuantificar los costos asociados al sector técnico y administrativo de la organización, para ello ha sido tomado como base, la capacidad del sistema de almacenamiento con el que contara el centro de acopio, el cual fue explicado en el capítulo tres, de esta manera, se consideraron los siguientes cargos con sus respectivos pagos, como se muestra en el Cuadro 62.

¹⁵⁴ [Anónimo]Boletín Técnico. Trujillo: CECOAAP, a. 0379-5810

Cuadro 62. Nómina.

Cargo	Salario Base	Auxilio de Transporte	Cesantías	Interés sobre las cesantías	Prima de servicio	Salud	Pensión	Tipo de riesgo	ARL	Vacaciones	Subtotal
Inspector	\$ 737.717	\$ 83.140	\$ 68.405	\$ 8.209	\$ 68.405	\$ 58.500	\$ 82.600	IV	\$ 32.091	\$ 30.763	\$ 1.169.829
Inspector	\$ 737.717	\$ 83.140	\$ 68.405	\$ 8.209	\$ 68.405	\$ 58.500	\$ 82.600	IV	\$ 32.091	\$ 30.763	\$ 1.169.829
Clasificador	\$ 737.717	\$ 83.140	\$ 68.405	\$ 8.209	\$ 68.405	\$ 58.500	\$ 82.600	IV	\$ 32.091	\$ 30.763	\$ 1.169.829
Servicios generales	\$ 737.717	\$ 83.140	\$ 68.405	\$ 8.209	\$ 68.405	\$ 58.500	\$ 82.600	IV	\$ 32.091	\$ 30.763	\$ 1.169.829
Supervisor logístico	\$1.700.000	-	\$ 141.667	\$ 17.000	\$ 141.667	\$ 134.808	\$ 190.344	IV	\$ 73.950	\$ 70.890	\$ 2.470.325
Gerente	\$2.000.000	-	\$ 166.667	\$ 20.000	\$ 166.667	\$ 158.597	\$ 223.934	I	\$ 10.440	\$ 83.400	\$ 2.829.705
											\$ 9.979.344

Para el cálculo de los aspectos anteriores para la realización de los respectivos pagos se tomó como base la siguiente información.

Cuadro 63. Porcentaje de cesantías.

Cesantía	8,33%
i cesantía	1%

Fuente: Elaboración propia con base en gerencie.com

Cuadro 64 Tipos de riesgos laborales

ARL		
TIPO	TARIFA	actividad
I	0,52%	Financieras, Trabajos de Oficina, Administrativos; centros Educativos, Restaurantes
II	1044%	Algunos procesos manufactureros como la fabricación de tapetes, tejidos, confecciones y flores artificiales Almacenes por Departamentos, Algunas labores Agrícolas
III	2436%	Algunos procesos manufactureros como la fabricación de agujas, alcoholes Artículos de cuero
IV	4,35%	Procesos manufactureros como fabricación de aceites, cervezas, vidrios, procesos de galvanización; transporte, servicios de vigilancia privada
V	6.96%	Areneras, manejo de asbesto, Bomberos, manejo de explosivos, construcción, Explotación petrolera

Fuente: Elaboración propia con base en miplanillamcom

Una vez identificados los costos operativos a los que se debe incurrir, se procede a calcular los costos fijos y variables para llevar a cabo el desarrollo del modelo, como se muestra en el Cuadro 65.

Cuadro 65. Costos.

Cuadro de Costos	
Arriendo (\$)	17.000.000
Nomina (\$)	9.979.344
Luz (\$)	2.998.395
Agua (\$)	1.200.000
Costos Fijos (\$)	31.177.739
Costo por llanta (\$)	5.000,00
Transporte (\$)	5,11
-Costos variables (\$)	5.005
Total (\$)	31.182.744

Formulación del modelo matemático para maximizar utilidades. Con el objetivo de poder cuantificar la utilidad que puede brindar la implementación del presente proyecto, se procederá a establecer un modelamiento matemático, que permita a partir de una función objetivo, calcular la utilidad del ejercicio, es importante mencionar, que para llevar adecuadamente el planteamiento, primero se realizara una breve descripción de los índices con los que se contara, seguidamente se establecerán los parámetros, las variables ,la función que se validara a partir de las restricciones del sistema.

Índices.

I = Agentes receptores de las llantas usadas.

J= Agentes generadores de las llantas usadas.

K= Agentes desarrolladores (realizan transformación a las llantas usadas).

Parámetros.

C_{vmi} = Costos variables asumidos por el receptor i, por la disposición de las llantas usadas por el generador j.

C_{vik} = Costo variable relacionado con el transporte de las llantas usadas desde el receptor i hasta el desarrollador k.

Cfi=Costos fijos que debe cubrir el agente receptor i, para el cumplimiento de la actividad.

Pvik= Precio de venta de las llantas.

Ini=Ingresos obtenidos por el agente receptor i, provenientes de las ventas realizadas por el desarrollador k.

CTi= Costo total de la operación del agente receptor i.

Uti=Utilidades generadas de la actividad desempeñada por el agente receptor i.

Variables.

Qik= Cantidad de unidades requeridas por el agente desarrollador k y el agente receptor i.

Costos totales.

Ecuación 11. Costo total.

$$CT_i = \left(\sum Cvmi * X_i + \sum Cvik * X_j + \sum Chi * X_i \right) + \sum Cfi \left(\frac{\$}{mes} \right)$$

Ingresos.

Ecuación 12. Ingresos.

$$In_i = Pv_{IK} * X_j \left(\frac{\$}{mes} \right)$$

Función objetivo.

Ecuación 13. Maximización de utilidades.

$$UTi = Ini - CTi \left(\frac{\$}{mes} \right)$$

Restricción de no negatividad.

$$Q_{ik} \geq 0$$

Después de haber planteado el modelo matemático se procede a dar la solución a este, pero antes, es necesario realizar una estimación del precio de venta.

Para el cálculo del precio de venta se tuvieron en consideración todos los costos variables, y se le aplicó un porcentaje de rentabilidad para poderlo estimar, en este orden de ideas los costos asociados a dichos costos, son el costo de almacenamiento, donde primero se calculó el costo por metro cuadrado, y después se le aplicó sobre el porcentaje de espacio requerido para que se desempeñen las actividades de clasificación e inspección de manera correcta, donde el porcentaje estimado es del 75% del espacio de la bodega, por otro lado, se estimó el costo por metro cuadrado de la bodega el cual es de \$18.889 pesos, después se procede a realizar el cálculo del costo de almacenamiento el cual es de \$ 1.275 de pesos por unidad, para mayor comodidad a continuación se presentará cuadro 66, donde se expresan los valores calculados respecto a los costos variables, que se asociarán al proyecto y un estimado del precio de venta de las llantas.

Cuadro 66. Precio de venta

Costo de almacenamiento (\$)	12.750.000,00
Costo de transporte (\$)	1.574.210,77
Costo de incentivo (\$)	50.000.000,00
Costo variable total (\$)	64.324.210,77
Costo unitario	6.432,42
Precio de venta	14.294,27

Para cuantificar el precio de venta, se le aplicó un porcentaje del 55% de utilidad sobre el costo unitario por cada llanta que sea vendida, dando como resultado un valor de 14.294,27 pesos.

Cuadro 67. Costo total.

Costo	Precio por unidad (\$)	Costo por cantidad (\$)
Almacenamiento	1.275,00	12.750.000,00
Transporte a centro de acopio	5.005,11	50.051.100,00
Transporte a cesvi	5,11	51.100,00
Costo Variable Total		62.852.200,00
Costo Fijo		31.177.739,00
Costo Total		94.029.939,00

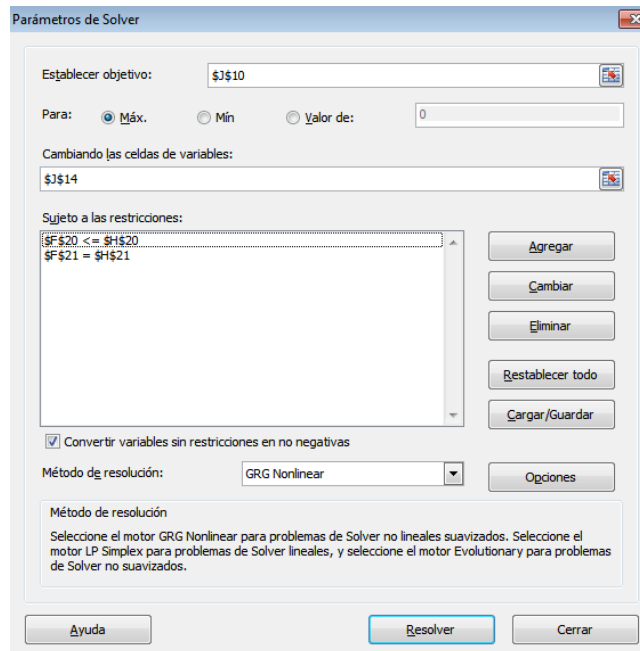
Cuadro 68. Ingresos.

Ingresos	
Precio	Precio por cantidad
14.294	142.942.700

Cuadro 69. Utilidad.

Utilidad	
Ingresos	142.942.700
Costos	94.029.939,00
Utilidad total	48.912.761,00

Ilustración 20. Soler maximización.



Como se puede observar una vez planteado el solver, las utilidades que se generan al precio de venta propuesto.

Presupuesto asociado a la fabricación de una casa. Para estimar el valor de ahorro que puede presentarse en el sector de la construcción, se hará una aproximación del estimado del presupuesto para una casa de interés social

construida con materiales convencionales, en relación a las casas construidas con llantas usadas.

Para el presupuesto de la casa de interés social se considerará el documento titulado “construcción de viviendas de interés social rural (versión 2.0)”, emitido por el departamento nacional de planeación junto con el ministerio de agricultura y el banco agrario de Colombia, en el cual proponen el siguiente presupuesto.

Cuadro 70. Presupuesto de vivienda de interés social.

CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES DISPERSAS EN LA ENTIDAD TERRITORIAL				
Mejorar las condiciones habitacionales de las personas ubicadas en la zona rural				
Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo Unitario	Costo Total 100 VIVIENDAS
Viviendas de Interés Social Rural construidas	Número	Realizar obras preliminares	\$ 673.638	\$ 67.363.764
		Adelantar la cimentación del área a construir	\$ 8.048.900	\$ 804.890.030
		Construir la estructura de la obra	\$ 1.449.910	\$ 144.991.040
		Realizar el levantamiento de muros	\$ 3.050.435	\$ 305.043.511
		Realizar carpintería de madera	\$ 1.090.115	\$ 109.011.480
		Realizar carpintería metálica	\$ 1.658.106	\$ 165.810.610
		Instalar las redes hidráulicas	\$ 650.387	\$ 65.038.670
		Instalar las redes sanitarias	\$ 240.503	\$ 24.050.338
		Instalar las redes eléctricas	\$ 1.267.505	\$ 126.750.517
		Instalar la cubierta	\$ 5.628.144	\$ 562.814.377
		Realizar acabados	\$ 8.145.986	\$ 814.598.589
		Instalar el sistema de postratamiento	\$ 975.920	\$ 97.591.981
		Realizar la interventoría de la obra	\$ 1.809.118	\$ 180.911.817
		Realizar las capacitaciones en estándares de construcción de vivienda en zonas rurales	\$ 550.000	\$ 55.000.000
		Costo Total Construcción (Etapa inversión)		

Fuente: Grupo de estructuración de proyectos.

Una vez se ha identificado el presupuesto de una vivienda de interés social, es importante calcular los costos de transporte que conlleva el proyecto, que, según el documento, se ha estimado que dicho costo se encuentra entre el 13% y el 23%¹⁵⁵ de los costos directos que se han calculado, para efectos del proyecto se calculó el transporte con el 13%, dando así un valor total de \$39'549.323 pesos, en el cuadro 71, se demuestra cómo se realizó el cálculo del presupuesto total.

¹⁵⁵ Banco Agrario de Colombia; Departamento Nacional de Planeación y MinAgricultura. Construcción de Vivienda de interés Social Rural Versión 2.0. Bogotá, Colombia:2017.

Cuadro 71. Presupuesto total.

Costo total construcción	Costos directos (CD)	Transporte (CD*13%)	Presupuesto total
\$ 35.270.804,00	\$ 32.911.686,00	\$ 4.278.519,18	\$ 39.549.323,18

En cuanto al presupuesto relacionado con las construcción de viviendas de interés social con llantas usadas, fue necesario poder tener presente el numero promedio de llantas que se utilizara para cada casa, el cual es de 600 unidades, dicho dato fue otorgado mediante la realización de reuniones establecidas con los arquitectos, así mismo, ellos también estimaron un costo de aproximadamente \$5'000.000 de pesos, relacionado con aspectos necesarios para la construcción de la vivienda, con el objetivo de mostrar adecuadamente el presupuesto se presenta el cuadro 72.

Cuadro 72. Presupuesto.

Presupuesto de vivienda de interés social con llantas usadas		
Ítem	Unidades	Costo Total
Llantas	600	\$ 8.576.562
Llantas relleno	272	\$ 3.888.041
Otros costos		\$ 5.000.000
Presupuesto Total		\$ 17.464.603

Es importante resaltar que el cálculo de las unidades que se destinaran como material para relleno, es proveniente del 30% estimado que no cumplirá con las características para ser parte de los muros de contención, por ello, se obtuvo que en promedio por cada casa se destinaran 272 unidades que serán parte del lleno.

Finalmente, con el objetivo de poder estimar el rubro que ahorro que se presentara para la construcción de vivienda de interés social, fue necesario calcular el costo promedio por metro cuadrado proveniente de “construcción de viviendas de interés social rural (versión 2.0)”, ya que ese presupuesto está destinado para casas de 55 metros cuadrados, es así que al obtener el valor promedio por metro cuadrado y llevarlo en relación a los 50 metros cuadrados, para poder hacer una mejor comparación.

Una vez hallado el valor por metro cuadro, el cual es de \$719.078,60 pesos, y al multiplicarlo por los 50 metros se obtiene un valor de \$35.953.930,16 pesos, por otro lado, teniendo presente el presupuesto calculado anteriormente para las viviendas con llantas usadas, se calcula un ahorro de \$18.489.326,72 pesos.

5.3 BENEFICIO AMBIENTAL

A partir de la identificación de los factores que más daño causan al medio ambiente, fue necesario calcular un estimado del beneficio que puede brindar el proyecto.

Partiendo de lo mencionado en apartados anteriores, podemos identificar cuáles son los principales problemas medio ambientales que se presentan para la mala gestión y disposición de las llantas usadas, siendo así fue como se identificó que la emisión de gases lixiviados por acumulación de llantas en espacios públicos.

Sin embargo, para efectos de la cuantificación real de los beneficios, se consideró que el aspecto que se debía evaluar es la huella de carbono (CO₂), que se dejara de emitir por cada llanta que no se haya llevado a una debida disposición.

Para identificar la generación de huella de carbono emitida por una llanta en desuso, fue necesario recurrir a fuentes secundarias de investigación, donde se encontró en el documento “ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO DE UN COMPONENTE DEL AUTOMÓVIL”¹⁵⁶, donde el autor cuantifica el valor en kilogramos que emite una llanta usada, como se muestra en el Cuadro 73.

¹⁵⁶ López Gómez, Alberto; Estudio de la Huella de Carbono de un Componente del Automóvil; Catalunya,2014.

Cuadro 73 Huella de carbono.

Componentes	Proceso	Porcentaje [%]	Peso [kg]	Energía consumida por unidad de masa [kWh/kg]	Energía consumida [kWh]	Emisión por unidad de energía consumida [kgCO2/kWh]	Emisión CO2 [kgCO2]
Neumático			8,570				
	Valorización	20	1,714	10,390	17,808	0,306	5,448
	Reciclaje	75	6,428	2,250	14,462	0,248	3,587
	Vertedero	5	0,429	0,160	0,069	0,237	0,016
Llanta			10,005				
	Reciclaje	95	9,505	2,753	27,542	0,248	6,830
	Vertedero	5	0,500	0,160	0,080	0,237	0,019
Válvula			0,013				
	Reciclaje CU	75	0,005	0,826	0,004	0,248	0,001
	Vertedero CU	25	0,002	0,160	0,000	0,237	0,000
	Valorización EPDM	43,7	0,002	12,222	0,027	0,248	0,007
	Reciclaje EPDM	26,6	0,001	2,778	0,004	0,248	0,001
	Vertedero EPDM	29,7	0,001	0,160	0,000	0,237	0,000
TOTAL							15,91

Fuente: LOPEZ GOMEZ,Alberto. Estudio De La Huella...Del Automóvil Memoria. 2014.

Como se observa en el Cuadro 73, la huella de carbono que se emite por una llanta a la cual no se le da una buena disposición final, es de 6,849 kg/día por llanta, partiendo de este dato, se procede a cuantificar la reducción de la huella de carbono, que se infiere puede suceder por la aplicación del modelo.

A continuación, se aplicará la ecuación propuesta por Suarez y Quiroga, es su tesis de maestría titulada “DISEÑO DE UNA RED DE VALOR INVERSA PARA CERRAR EL CICLO DE VIDA DE LOS ENVASES EN TEREFTALATO DE POLIETILENO PET EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, COLOMBIA” publicada en el 2017, donde estipularon la siguiente ecuación.

$$DPTC = (CPRT * FD) - (CPAR * FD)$$

Dónde:

DPTC: Disminución proyectada de emisiones de carbono en toneladas.

CPRT: Cantidad total de residuos de PET tonelada/día potencialmente recuperable.

FD: Factor de disminución en Toneladas/Carbono.

CPAR: Cantidad de PET actualmente recuperado en toneladas/día.

La ecuación anterior, se tomará como base para poder plantear una que se ajuste a las especificaciones del presente proyecto, como se muestra a continuación.

$$Dpc = Tm * Fd$$

Dónde:

Dpc: Disminución proyectada de emisiones de carbono en toneladas.

Tm: Cantidad de llantas en toneladas potencialmente recuperables por mes

Fd: Factor de disminución en Toneladas/Carbono por mes.

Para el desarrollo de la ecuación anterior, se utilizaron algunas connotaciones de la ecuación propuesta por Suarez y Quiroga, como se puede observar, con el objetivo de poder cuantificar la disminución en la huella de carbono que se puede generar por la aplicación del modelo, se elabora el Cuadro 74.

Cuadro 74 Cálculo de emisiones gases de llantas.

Zona	Localidad	Toneladas mensuales Proyectadas	Disminución mensual en toneladas de la disminución de carbono
1	Suba	30,78	6,41
2	Puente Aranda	21,87	4,56
3	Kennedy	13,77	2,87
4	Bosa	14,58	3,04
		Total	16,87

Para la obtención de la disminución en toneladas de la huella de carbono, fue necesario calcular la emisión mensual que genera una llanta a la cual no se le ha dado la debida disposición final, como resultado se obtuvo un valor de 0,20832375 ton/mes, dicho valor hace referencia al factor de disminución en toneladas de la huella de carbono por mes y fue calculado de la siguiente manera.

$$Fd = \left(6.849 \frac{kg}{dia}\right) * \left(\frac{1Tn}{1000kg}\right) * \left(\frac{365 dias}{1 año}\right) * \left(\frac{1 año}{12 mes}\right)$$

Por otro lado, en el Cuadro 74, se puede evidenciar que la disminución de la huella de carbono que se puede presentar en las cuatro zonas, es de 16,87 toneladas por mes.

6. CONCLUSIONES

- En primer lugar, se logró identificar a partir de la aproximación al estado del arte, aquellos aspectos importantes que se encuentran en pro de la gestión de residuos, puesto que en la actualidad el Distrito ha optado por empezar a integrar dentro de su sistema de recolección selectivo, el programa de basura cero, el cual, ha mostrado beneficios significativos a nivel internacional, por otro lado, se encuentra el programa de rueda verde, el cual está enfocado a disminuir la generación de llantas usadas en las calles y propiciar el aprovechamiento de este producto, sin embargo no todo va en condiciones de mejorar la gestión de los residuos que se generan, puesto que a pesar de que en Bogotá se cuenta con un sistema de recolección selectiva, no se está dando la debida disposición a las llantas, esto es debido a que estas, son consideradas como un residuo sólido especial y por tal motivo no puede ser recolectado, ocasionando la gran cantidad de llantas que se puede ver en los espacios públicos.
- Así mismo, se observó que al no existir un seguimiento de control por parte de las entidades estatales como lo es la ANLA y el ministerio de ambiente, las organizaciones (comercializadoras y productoras) se desentienden de toda la normatividad que las rige, pues es por este motivo, que a nivel distrital se presentan tantas inconsistencias en la gestión de retornos, dando como resultado, en primera instancia la falta de información por parte de los usuarios acerca de los lugares donde reciben las llantas usadas, conllevando a que se presencien apilamientos de este producto en las calles de la ciudad, ocasionando daños ambientales y a la salud humana, puesto que no se está dando una buena disposición final ya sea, reprocesamiento o destrucción final, lo cual fue verificado por medio de una entrevista a expertos, que a partir del análisis de convergencia efectuado se observó, que las causas halladas si tenían un gran impacto frente a la mala gestión de retornos de llantas en la ciudad de Bogotá.
- Posterior a la validación de las causas mencionadas anteriormente, se procedió a realizar una identificación de variables y elementos presentes tanto en caso de éxito como en modelos realizados, se caracterizaron los factores necesarios para el desarrollo del modelo, que se realizó, donde se pudo evidenciar, que tanto los aspectos validados en la entrevista, frente a la gestión de retornos, como los encontrados en los casos y modelos, tenían gran nivel de interacción, para llevar de manera el proceso de la logística inversa.
- Finalmente, y con base a los resultados obtenidos provenientes de la elaboración del modelo, se cuantificaron los beneficios, que se infiere pueden surgir de la aplicación del modelo planteado, encontrando así, que una parte de la población de Bogotá, que no cuenta que una casa propia, podrá optar por la adquisición de una vivienda, ya que la relación de costos es mucho menor,

considerando la construcción con materiales convencionales, sin embargo no solo se identificaron beneficios sociales y económicos, sino también, beneficios ambientales, puesto que al gestionar adecuadamente el retorno de una llanta se contribuirá a disminuirla emisión de la huella de carbono, que como bien se sabe afecta mucho al ecosistema y a nosotros en menor medida.

7. RECOMENDACIONES

Una vez se ha culminado la investigación, se considera necesario proponer ciertas recomendaciones para futuros trabajos que tengan relación directa con el presente proyecto.

- En primer lugar, se propone profundizar los aspectos relacionados con el esquema de basura cero, y sus casos de éxito a nivel internacional, con el fin de evidenciar la aplicabilidad de este, para poder adaptarlo a futuros modelos de logística inversa.
- Por otro lado, se propone también realizar encuestas orientadas a los usuarios, con el objetivo de poder conocer de primera mano cual es el conocimiento que poseen estos frente a la disposición final que se le debe dar a las llantas y la ubicación de los centros de acopio, para poder entender de mejor manera la situación actual que se está presentando en la ciudad frente a la generación de llantas usadas en las calles.
- Analizar la posibilidad de generar alianzas estratégicas con los puntos de recolección o centros de acopio ubicados en la ciudad, con el fin de realizar campañas que ayuden a mejorar la conciencia socio ambiental, frente al manejo de llantas usadas.
- Así mismo, se propone estudiar la posibilidad de utilizar otros materiales reciclados con el fin de ser parte del material de relleno de las llantas en los muros, teniendo en cuenta que los costos asociados no sean demasiado altos.
- Finalmente, realizar un modelo más robusto, cuya característica principal se enfoque a recolectar todo tipo de llantas usadas y proponer una utilización de dicho material distinta a la construcción de casas y que propicie el fomento del trabajo y la disminución de los impactos ambientales que se presentan al no dar una adecuada disposición final de las llantas.

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL, Vctor Hugo. Técnicas de Instrumentos de la Investigación. En: RECUPERADO DE [HTTP://S3.AMAZONAWS.COM/ACADEMIA.EDU.DOCUMENTS/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.PDF](http://S3.AMAZONAWS.COM/ACADEMIA.EDU.DOCUMENTS/41375407/Tecnicas_e_Instrumentos_Material_de_clases_1.PDF).

AGUADO ALONSO, Luis. Reciclado de neumáticos para la fabricación de láminas impermeabilizantes en la construcción. Disponible en: <http://oa.upm.es/5497/>

Alcaldía Mayor de Bogota. Basura Cero Responsabilidad de todos. Mar 09,. Disponible en: <http://www.bogota.gov.co/article/Programa%20basura%20cero%20un%20estilo%20de%20Vida%20en%20los%20bogotanos>

Alcaldía Mayor de Bogota. Proyecto del Plan de Desarrollo Distrital Bogotá Mejor para Todos 2016-2019. Bogota: 2016.

ALFGUE. El 'tsunami' de llantas, sin solución a la vista. En: EL TIEMPO. Bogotá. Feb 28,.

ALVAREZ, Crisatian. Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. 2014.

ANDI. BOGOTÁ YA CUENTA CON 92 PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE LLANTAS USADAS.

Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. Madrid, España: Edison.

AVENDAÑO, Edwin. PANORAMA ACTUAL DE LA SITUACIÓN MUNDIAL, NACIONAL Y DISTRITAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS. ANÁLISIS DEL CASO BOGOTÁ D.C. PROGRAMA BASURA CERO. 2015.

BALLESTEROS RIVEROS, Diana Paola and BALLESTEROS SILVA, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. En: SCIENTIA ET TECHNICA. vol. 5, no. 37, p. 315

BALLESTEROS RIVEROS, Diana Paola and BALLESTEROS SILVA, Pedro Pablo. Importancia de la logística inversa en el rescate del medio ambiente. En: SCIENTIA ET TECHNICA. vol. 5, no. 37, p. 315-320

Banco Agrario de Colombia; Departamento Nacional de Planeación y MinAgricultura. Construcción De Vivienda de interés Social Rural Versión 2.0. Bogotá, Colombia: 2017

BEJARANO, Oscar and ROJAS, Diana. Priorización de Impactos de la quebrada la salitrosa a través de la matriz vectorial.

BERNAL SÁNCHEZ,ÁNGELA MARÍA andOVALLE AGUILERA,DIANA YULIETT.
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA GESTIÓN DE LLANTAS USADAS EN LA

AVENIDA CENTENARIO DE LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN DESDE LA

CRA 90 HASTA LA CRA 140. 2016.

Boletín técnico. Trujillo: CECOAAP, a.

BREWER CARÍAS,Allan-Randolph. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela 30.12.99. Caracas: Edit. Jurídica Venezolana [u.a.], 2000.

BRIZUELA,Armel. Los modelos mixtos de teoría de respuesta al ítem. En: ACTUALIDADES EN PSICOLOGÍA. Nov 13,.vol. 29, no. 119, p. 79

Camara de Comercio de Bogotá. Guía para el manejo de llantas usadas. 2006.

Canal Capital. La Pepa - Esquema de basuras en Bogotá. [Youtube]. Bogota D.C.: Canal Capital, 2017

CESVI COLOMBIA S.A. CESVI COLOMBIA S.A. enero 1,. Disponible en:
<http://www.cesvicolombia.com/cesvi/#nosotros>

Cesvi Colombia. Cesvi Repuestos - Proyecto de vehículos fuera de circulación. [Youtube]. Bogota D.C.: Cesvi Colombia, 2011

Cesvi Colombia. Cesvi Colombia, vídeo corporativo. [Youtube]. Bogotá D.C.: Cesvi Colombia, 2013

CHAMORRO MERA,Antonio andRUBIO LACOBASergio. Los sistemas dedistribución inversa para la recuperación de residuos: su desarrollo en España. En: DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO. vol. 14, no. 76, p. 59-73

CURE VELLOJIN,Laila; MEZA GONZALEZ,Juan Carlos andAMAYA MIER,Rene. Logística inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. En: INGENIERIA Y DESARROLLO. Jul 1,.no. 20, p. 184

DI RISIO,Hugo. Gestión de retornos y residuos de forma sustentable y rentable En: LOGISTIC SUMMIT & EXPO. Dic 6,.p. 1

DOMÍNGUEZ,Esteban José andFERRER,Julián. Circuitos de fluidos, suspensión y dirección: electromecánica de vehículos. Madrid, ES: Macmillan Iberia, S.A., 2009.

Donado campos, Juan de Mata; DORMIDO CANTO,Sebastian andMORILLA GRACIAS,Fernando. Fundamentos de la dinámica de sistemas. 2005.

E D C, *et al.* Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá.

EcoHabitar. Viviendas Recicladadas. En: EcoHabitar. Marzo 3, .p. 1

El Tiempo. Denuncian fallas en puntos de recolección de llantas en Bogotá. Bogotá D.C. Sep 30, .p. 1

El Tiempo. Por segunda vez se incendio bodega de llantas en fontibon. Bogotá D.C. Enero 16, .

El Tiempo. El reciclaje de llantas, un mercado que todavía falta por explorar. En: EL TIEMPO. Octubre 24 ,.p. 1

EQUIPO TÉCNICO DE,UAESP andEQUIPO TÉCNICO,PGIRS. Plan De Gestion Integral de Residuos Solidos. 2015. 22

FERNÁNDEZ QUESADA,Isabel andFuente García, David de la. Análisis de la logística inversa en el entorno empresarial. Una aproximación cualitativa. Ediuno - Universidad de Oviedo, 2005. 66-67 p. ISBN 9781413570199

FLEISCHMANN,Mortiz, et al. A characterisation of logistics networks for product recovery. En: OMEGA. vol. 28, no. 6, p. 653-666

FRIAS JIMENEZ,Roberto Argelio andCUETARA SANCHEZ,Leonardo. Paquete Informático de Apoyo a la Toma de Decisiones Gerenciales en la solución de Problemas no Estructurados. 2002.

GALLARDO DE PARADA,Yolanda andMORENO GARZON,Adonay. Serie APRENDER A INVESTIGAR.

GARCÍA OLIVARES,Arnulfo Arturo. Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa. B - EUMED, 2006. 17-23 p.

GARZÓN NOVA,Jhon Alexander. Logística en reversa como uso alternativo de los recursos aplicado a la cadena de suministro de "Almacenes Éxito". 2008. p. 91.

GATTORNA,John. Cadenas de abastecimiento dinámicas (living supply chains). Bogotá.

GERMÁN CAMILO PACHECO MORENO. DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA ESTRUCTURAR REDES DE VALOR INVERSA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ COLOMBIA PARA PRODUCTOS FABRICADOS EN PET.

GLEICH,Arnim von. Industrial Ecology. 1. Aufl. ed. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008.

GOMEZ,Luis. ¿Están Funcionando los Programas de Recolección Selectiva de Residuos Post-Consumo? Caso: Percepción en Bogotá. En: TEKNOS. 10,diciembre.,p. 14

GONZÁLEZ ALCÁNTARA,Oscar J., et al. Logística Inversa: impacto ambiental y económico en la gestión de la cadena de suministro.

GRAEDEL,Thomas E. andALLENBY,Braden R. Industrial ecology. 2. ed. ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2003.

HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR: MOTIVOS ECONÓMICOS PARA UNA TRANSICIÓN ACELERADA. b.

HEBERTH ALEXANDER CHACÓN LEITE andSOFÍA STHEFANY TULCÁN MELO. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN EL ZOOLOGICO DE CALI Y GENERACIÓN DE PROCESOS DE CAMBIO EN TORNO AL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGIRS.

HIGUERA,Leonardo. POLÍTICAS SOBRE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y VIVIENDA DE INTERÉS PRIORITARIA EN COLOMBIA Universidad Militar Nueva Granada., 2013. p. 6.

HOORNWEG,Daniel andBHADA-TATA,Perinaz. What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management. : Urban development series. World Bank, Washington, DC, 2012.

Horacio Rentería. Basura cero. En: EL LATINO. San Diego, Calif. Jul 17,.

HUNG LAU,Kwok andWANG,Yiming. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. En: SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: AN INTERNATIONAL JOURNAL. Sep 25,.vol. 14, no. 6, p. 447-465

Ignasi Ragàs Prat. Centros logísticos. ES: Marge Books, 2012. 19 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura, NTC 5613. Bogotá D.C.

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008 36p, 2008.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C.: El instituto, 1998. 23p

Iñaki Morlán Santa Catalina. Modelo de dinámica de sistemas para la implantación de tecnologías de la información en la gestión estratégica universitaria. 2011.

JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES andJULIÁN TORRES TRUJILLO. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LLANTAS USADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. a.

JULIÁN DAVID LÓPEZ FUENTES and JULIÁN TORRES TRUJILLO. ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LLANTAS USADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. b.

Anonymous El lío de las llantas usadas. En: EL ESPECTADOR. Bogotá. Oct 19,.

Anonymous El lío de las llantas usadas. En: EL ESPECTADOR. Bogotá. Oct 19,.

LOPEZ GOMEZ, Alberto. Estudio de la huella...del automóvil Memoria. 2014.

López Gómez, Alberto; Estudio de la Huella de Carbono de un Componente del Automóvil; Catalunya, 2014.

LUCGOM. Por 1,2 millones de llantas usadas Bogotá sigue en riesgo ambiental. En: EL TIEMPO. Bogotá. Jan 15,.

Luisa Villalba. La gestión de residuos y desechos sólidos en el área metropolitana de Caracas. 2013.

MALAGÓN MANRIQUE, Ricardo and PRAGER MOSQUERA, Martín. El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad Nacional de Colombia,

MALAVAR, Carol. Las llantas en desuso, las nuevas invasoras del espacio en Bogotá. septiembre 26,.

María Claudia Ahumada and Néstor Monroy. Logística Reversa: "Retos para la Ingeniería Industrial". En: REVISTA DE INGENIERÍA. May 1, .no. 23, p. 23-33

MATAS TERRÓN, Antonio. Introducción al análisis de la Teoría de Respuesta al Ítem. Aidesoc, 2010.

MAY, Larissa, et al. La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento En: ACADEMIC EMERGENCY MEDICINE. Jan 1, .vol. 21, no. 1, p. 17

MEJÍA, Andrés, et al. SER DIRECTO PUEDE TRAERTE PROBLEMAS, PERO SER INDIRECTO TAMBIÉN: LAS REALIMENTACIONES EN DINÁMICA DE SISTEMAS CUALITATIVA Y CUANTITATIVA. Universidad de los Andes,

Mercedes Reguant-Álvarez y Mercedes Torrado-Fonseca. El Método Delphi. ISBN 2013-2255.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Planes de gestión integral de residuos sólidos - PGIRS. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos>

Minivivienda. Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los PGIRS. Bogota.:

MÖLLER,Andreas. Environmental informatics and industrial ecology. Aachen: Shaker Verlag, 2008.

MONTENEGRO SOLIS,Lisandra. Aplicación del procedimiento para la logística inversa de los residuos sólidos generados en las PyMITH cubanas en el Hotel "Plaza". Universidad Central Marta Abreu de las Villas, 2012. p. 15.

MOTOA FRANCO,Felipe. Sin conciencia civil, el problema de llantas no se va a solucionar. En: EL TIEMPO. Bogotá D.C. Agosto 2,.p. 1

NAVA CHACIN,Juan Carlos andABREU QUINTERO,Yoleida Josefina. Logística verde y Economía circular. En: DAENA: INTERNACIONAL JOURNAL OF GOOD CONSCIENCE. Diciembre,.p. 80-91

Noticias Caracol. Incendio de una bodega de llantas en fontibon, una emergencia anunciada. Bogota: 2014.

Proyecto: Fortalecimiento, *et al.* Manual de buenas prácticas en el manejo de llantas de desecho en Centros de Acopio.

RAMIREZ SALGADO,JHONATAN andQUINTERO LOPEZ,ALEJANDRO. DISEÑO DE UN PROCESO LOGISTICO REVERSIVO DE LLANTAS USADAS EN LA CIUDAD DE PEREIRA AÑO 2012. Editorial Universitaria, 2012.

Redacción Negocios y economía. Fenalco dice que el 45,9% de los hogares colombianos tienen casa propia. En: EL ESPECTADOR. Bogotá. Jun 14,.

REYES DE LEÓN,Vicente; GÁLVEZ CHOY,Jorge andZABALA RIO,Daniel. UNA REVISIÓN DEL PROCESO DE LA LOGÍSTICA INVERSA Y SU RELACIÓN CON LA LOGÍSTICA VERDE. En: REVISTA INGENIERÍA INDUSTRIAL. no. 3, p. 85-98

RIUCaC. RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE -.

RODRIGUEZ,Jenni. Estado del arte de la Auto-Construcción sostenible en Colombia. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas., 2016. p. 28-29.

ROGERS,Dale S. andTIBBEN-LEMBKE,Ronald S. Going backwards Reverse Logistics Trends and

Practices. Reno, Nev: Reverse Logistics Executive Council, 1998. ISBN 9780967461908

ROMERO,Angela andAHUMANA,Nelson. DESARROLLO AUTOSOSTENIBLE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA "PORVENIR" CON LA UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLABLE. Universidad Católica de Colombia, 2014.

RUIZ GRANADOS,Dolana. Estrategias de Logística inversa que permitan la reutilización de llantas usadas. 2016.

SALOMON,Marc; VAN NUNEN,jo andVAN WASSENHOVE,Luk. Strategic Issues in Product Recovery

Management. En: OR SPEKTRUM. vol. 28, no. 1, p. 1-2

San Vicente Fundación. San Vicente Fundación. Disponible en:
<http://hospitaluniversitario.sanvicentefundacion.com/index.php/comunidad-online/noticias/107-noticias-del-hospital-universitario/783-corpaul-inaugura-planta-de-reciclaje-y-aprovechamiento-de-llantas-usadas>

Secretaria Distrital de Gobierno. En 2016, más de 11 mil llantas usadas fueron retiradas del espacio público en Bogotá. Diciembre 23,. Disponible en:
<http://www.gobiernobogota.gov.co/noticias/2016-mas-11-mil-llantas-usadas-fueron-retiradas-del-espacio-publico-bogota>

AnonymousSistema de recolección selectiva y gestión de llantas usadas Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/zh/elementos-que-deben-contener-los-sistemas-de-recoleccion-selectiva-y-gestion-ambiental-de-llantas-usadas>

SOLER,David. Diccionario de logística (2a. ed.). Marge Books, 2009. 185 p.

SRIVASTAVA,Samir K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. En: INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT REVIEWS. Mar.vol. 9, no. 1, p. 53-80

SUÁREZ SERRANO,Mónica, *et al.* MODELO LOGÍSTICO PARA EL APOYO A LA PERFORACIÓN OFFSHORE COMO UN APORTE A LA INTERNACIONALIZACIÓN DEL DEL SECTOR HIDROCARBUROS DE COLOMBIA. 2015.

SYSTEM OF SELECTIVE COMPILATION andENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF SECOND HAND TIRES DEVELOPED THE ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI). ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS LLANTAS USADAS DESARROLLADO POR LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI).

TARAZONA,Jaime; TRIVIÑO,Paula andSUAREZ,Monica. DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LOS RAEE TIPO 3. Fundación Universidad de América, 2016.

Tecnológico de Monterrey. Profesor y alumnos de Arquitectura del Campus Estado de México participan en el proyecto “ Fuego Nuevo” (construcción de viviendas hechas con llantas , botellas de vidrio y PET). Monterrey.: 2009.

TIBBEN-LEMBKE,Ronald S. andROGERS,Dale S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. En: SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: AN INTERNATIONAL JOURNAL. Dec.vol. 7, no. 5, p. 271-282

AnonymousTipos de llantas. Disponible en: <http://www.tiposde.org/sociedad/655-tipos-de-llantas/>

TORRES,Diana andACOSTA,Alejandro. PROTOTIPO DE VIVIENDA DE BAJOS COSTOS CON MATERIAL RECICLADO.

Universidad del Norte. Centro de Acopio - Universidad del Norte. Enero,. Disponible en: <https://www.uninorte.edu.co/web/gestion-administrativa-y-financiera/centro-de-acopio>

Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia. II CONGRESO INTERNACIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES – CIANI 2017. Octubre 12,.p. 610

VAALENCIA,Jorge. GESTION DE RETORNOS Y LOGISTICA INVERSA. Disponible en: <http://docplayer.es/6515330-Gestion-de-retornos-y-logistica-inversa.html>

VARELA RUIZ,Margarita; DIAZ BRAVO,Laura andGARCIA DURAN,Rocio. Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. México D.F: 2011.

VARGAS,Juan Carlos. LO CONSIGUE EN EL 7 DE AGOSTO. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-316292>

Vicente Ripoll Feliu Universidad de Valencia Yasel Monzón Valdés. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Cuba. C. Osmany Pérez Barral Pontificia Universidad Católica del Ecuador andSede Ambato. ANÁLISIS DE VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN Y DE COSTOS BASADO EN LAS ACTIVIDADES (ABC/ABM): ESTUDIO DE UN CASO.

Vinod N Sambrani andNaveen Pol. Green Supply Chain Management: A Literature Review. En: IUP JOURNAL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. Dec 1,.vol. 13, no. 4, p. 6

YOUNG,Allan. Entrevista. En: PSICOLOGIA & SOCIEDADE. Apr.vol. 22, no. 1, p. 191-200

ANEXO

**ANEXO A.
ENTREVISTA**

FECHA:	
NOMBRE:	
COMPAÑÍA:	
CARGO:	
EXPERIENCIA:	

Objetivo: Realizar una validación de los hallazgos obtenidos en a través del diagnóstico el cual se desarrolló a partir de la recolección de información a través de fuentes secundarias con el fin de identificar los aspectos relevantes en el proceso de gestión de retornos en la ciudad de Bogotá.

Perfil del entrevistado: Actuante relacionado con la gestión de llantas en cualquiera de sus etapas.

Metodología: La presente entrevista está constituida por 8 preguntas, basadas en los problemas críticos encontrados previamente, relacionados con la mala gestión de retorno de llantas presente en la ciudad de Bogotá.

La información obtenida en la presente entrevista será estrictamente de uso académico.

CUESTIONARIO

1. ¿Desde su experiencia cuales son las causas principales por las que existen fallas en la gestión de llantas en Bogotá? Explique su respuesta.

2. La falta de información de los usuarios es una de las causas principales, en las fallas de la gestión retorno de las llantas usadas en Bogotá, marque con una X que tan de acuerdo esta con esa afirmación

- a. Totalmente de acuerdo
- b. De acuerdo
- c. Desacuerdo
- d. Totalmente en desacuerdo

3. Cree usted que la resolución 1457 de 2010, realmente centra la responsabilidad del manejo de llantas sobre los principales responsables.

- A. Totalmente de acuerdo
- B. De acuerdo
- C. Desacuerdo
- D. Totalmente en desacuerdo

4. Califique de 1 a 4 cada uno de los siguientes factores, identificando la importancia que tiene cada uno de ellos, en relación a la falencia existente en la gestión de retorno de llantas usadas en Bogotá.

1	2	3	4
Muy Importante	Importante	Poco Importante	Nada importante

- a. Incumplimiento de la resolución 1457
- b. Inadecuados centros de acopio
- c. Poca incidencia del mercado de reciclaje de llantas
- d. Poca conciencia socio ambiental

1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4
1	2	3	4

5. Si conoce algún factor distinto a los mencionados con anterioridad, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.

1	2	3	4
1	2	3	4

6. Marque con una X, cuál de los siguientes aspectos tiene mayor nivel de importancia para mejorar la gestión de retorno de llantas en Bogotá.


- a) Localización de puntos de recolección.
- b) Transporte.
- c) Aprovechamiento de material
- d) Capacidad de almacenamiento de los centros de acopio.
- e) Otro ¿Cuál? _____.

7. Como bien se sabe los procesos de gestión de retorno, son considerados como el eje central de la logística inversa, ya que a través de estos se realiza la recuperación de valor de las llantas usadas, marque con una X que tan de acuerdo esta con esa afirmación.

- a. Totalmente de acuerdo
- b. De acuerdo
- c. Desacuerdo
- d. Totalmente en desacuerdo

8. Por favor, ordene de mayor a menor siendo uno (1) el más importante y siete (7) el menos importante, los siguientes factores presentes en un modelo de logística inversa para llantas.

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Sistemas de recolección |
| <input type="checkbox"/> | Almacenamiento en los centros de acopio |
| <input type="checkbox"/> | Sistema de clasificación en los centros de acopio |
| <input type="checkbox"/> | Localización de los centros de acopio |
| <input type="checkbox"/> | Gestión de inventarios de retornos |
| <input type="checkbox"/> | Rutas de transporte |
| <input type="checkbox"/> | Aprovechamiento del material recuperado |


 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES




Nosotros Cristian Felipe Lara Cristancho y Santiago Andrés Romero Silva en calidad de titulares de la obra **Diseño de un modelo de logística inversa para llantas. Una aplicación en proyectos de construcción de vivienda de interés social en Bogotá D.C.**, elaborada en el año 2017, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:


AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicará indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá, a los 13 días del mes de Febrero del año 2018.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Cristian Felipe	Lara Cristancho
Documento de identificación No	Firma
1.070.972.793	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Santiago Andrés	Romero Silva
Documento de identificación No	Firma
1026580945	