

# **IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE LOGÍSTICA INVERSA PARA DISTRIBUIDORES MINORISTAS**

**MODALIDAD: EXPLORATORIO**

**CATALINA PALACIO GÓMEZ  
MARIA CAMILA RENDÓN RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de ingeniería industrial**

**Jorge Enrique Sierra Suárez – Docente Universidad EIA**



**UNIVERSIDAD EIA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2016**

# AGRADECIMIENTOS

## **CATALINA PALACIO GÓMEZ**

Quiero agradecerles a todas las personas con quienes he compartido la experiencia de crecer en estos años de estudio, como persona y como profesional:

Gracias a todos los profesores que se han esforzado por compartir su conocimiento conmigo

Gracias a los compañeros, que han hecho que esta sea una experiencia muy agradable

Gracias a la Alcaldía de Medellín, por brindarme el regalo del estudio

Y por último, quiero agradecerle a mi familia, que con su apoyo incondicional me han permitido tener las mejores condiciones para alcanzar mis objetivos

## **MARIA CAMILA RENDÓN RODRÍGUEZ**

Quiero agradecer a todas las personas que han hecho alcanzable este sueño, especialmente a Dios, a mi preciosa madre, a mi padre y a mi abuela, gracias porque sin ustedes mi vida no tendría el sentido y el rumbo que tiene ahora; agradezco enormemente cada consejo, cada palabra de aliento, cada “cafecito” para llegar en pie a la madrugada y cada bendición todas las mañanas, saben que son mi vida entera que los amo y que hoy estoy aquí gracias a cada esfuerzo inagotable de su parte.

También agradezco a aquella persona que me demostró con sonrisas que las caídas necesarias en el transcurso de la vida solo son un escalón más en el aprendizaje y el crecimiento, gracias por alentarme, por acompañarme, quererme y apoyarme siempre, espero también aportar cada día al logro de tus sueños.

Con cariño, Maria

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PRELIMINARES.....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.3 MARCO DE REFERENCIA .....	15
1.3.1 ANTECEDENTES .....	15
1.3.2 MARCO TEÓRICO.....	17
1.3.3 ACTIVIDADES DE LA LOGÍSTICA INVERSA.....	28
1.3.4 LOGÍSTICA URBANA: LOGÍSTICA INVERSA Y CANAL TAT.....	30
1.3.5 CANAL TRADICIONAL.....	30
2. METODOLOGÍA.....	32
2.1 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO .....	32
2.1.1 SELECCIÓN DE LAS TIENDAS OBJETO DE ESTUDIO .....	32
2.1.1 DISEÑO DE LAS ENCUESTAS .....	34
2.1.2 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	35
2.1.3 SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA .....	35
2.1.4 ESTRATEGIAS PARA HACER LA RECOLECCIÓN EN LAS TIENDAS ....	37
2.1.5 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO PARA LA INFORMACIÓN OBTENIDA .....	39
2.2 PROPUESTA DE PLAN DE RECOLECCIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS ....	42

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2.1	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PET A RECOLECTAR .....	42
2.2.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN .....	48
2.2.3	ASPECTOS GENERALES DEL PLAN DE RECOLECCIÓN.....	57
2.3	MODELO: FLUJO DE CAJA LIBRE.....	63
2.3.1	COSTOS Y GASTOS .....	64
2.3.2	VARIABLES PARA PROYECTAR CRECIMIENTO .....	70
2.3.3	INVERSIONES.....	76
2.3.4	INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO NETO .....	78
2.3.5	FINANCIACIÓN.....	80
2.3.6	SIMULACIÓN DEL FLUJO DE CAJA LIBRE .....	82
3.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	85
3.1	DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO .....	85
3.2	PROPUESTA DE PLAN DE RECOLECCIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS ....	88
3.2.1	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PET A RECOLECTAR .....	88
3.2.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN .....	89
3.2.3	ASPECTOS GENERALES DEL PLAN DE RECOLECCIÓN.....	93
3.3	MODELO: FLUJO DE CAJA LIBRE.....	94
4.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES .....	99
	REFERENCIAS .....	101
	ANEXOS .....	106

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Resumen estadístico – PET recolectado semanal .....	46
Tabla 2: Resumen estadístico – PET recolectado anual .....	47
Tabla 3: Análisis de capacidad del camión .....	61
Tabla 4: Costos y gastos - FCL.....	64
Tabla 5: Gastos publicitarios - FCL.....	67
Tabla 6: Variables para proyectar crecimiento - FCL .....	70
Tabla 7: IPC - FCL.....	70
Tabla 8: Proyección del precio variable - FCL.....	76
Tabla 9: Inversiones - FCL.....	76
Tabla 10: Capital de trabajo neto - FCL .....	78
Tabla 11: Financiación - FCL.....	81
Tabla 12: Abono a la deuda anual - FCL .....	82
Tabla 13: Estructura financiera - FCL .....	82
Tabla 14: FCL del proyecto.....	83
Tabla 15: FCL del inversionista.....	83

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Ilustración 1: Logística inversa y logística directa.....	18
Ilustración 2: Ciclo de vida de un producto: Responsabilidad del productor .....	20
Ilustración 3: PET que puede ser recogido en una tienda en una semana.....	43
Ilustración 4: PET que puede ser recogido en una semana – Muestra encuestada .....	45
Ilustración 5: PET que puede ser recogido en una semana – Todo el barrio .....	45
Ilustración 6: Distribución del comportamiento semanal de PET a recolectar .....	46
Ilustración 7: PET que puede ser recolectado en un año .....	47
Ilustración 8: Mapa de la ruta óptima - ArcGIS.....	51
Ilustración 9: Distribución para el tiempo empleado por trayecto .....	52
Ilustración 10: Resultados de la simulación del tiempo total de recorrido.....	53
Ilustración 11: Distribución para el tiempo de las actividades de recolección en una tienda .....	54
Ilustración 12: Resultados de la simulación del tiempo total de las actividades de recolección .....	55
Ilustración 13: Resultados de la simulación del tiempo total de recolección semanal .....	56
Ilustración 14: Resumen de la disposición a hacer parte del plan de recolección propuesto .....	85
Ilustración 15: Resumen de variables nominales “Sí/No” encuesta.....	86
Ilustración 16: TIR del proyecto - FCL.....	94
Ilustración 17: VPN del proyecto - FCL.....	95
Ilustración 18: TIR inversionista - FCL .....	96

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Ilustración 19: VPN inversionista - FCL..... 97

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1: Encuesta.....	106
Anexo 2: Tabulación de resultados de la encuesta .....	108
Anexo 3: Resumen estadístico de las variables de la encuesta .....	112
Anexo 4: Ajuste de distribución para las variables de la encuesta .....	115
Anexo 5: Comparación de criterios de ajuste.....	120
Anexo 6: Tabla de atributos original - mapa de la ruta óptima en ArcGIS .....	121
Anexo 7: Tabla de atributos con cálculos - mapa de la ruta óptima en ArcGIS .....	122
Anexo 8: Estudio de movimientos .....	123
Anexo 9: AHP para el método de recolección.....	125
Anexo 10: AHP para el tipo de equipo seleccionado.....	126
Anexo 11: Tabla de amortización.....	127



## RESUMEN

El mercado local de PET para el reciclaje se encuentra actualmente en expansión, y su recuperación implica flujos inversos de material. Las prácticas de logística inversa han demostrado aumentar la efectividad en la industria a nivel internacional, mas no son muy utilizadas a nivel nacional debido al desconocimiento sobre éstas. El objetivo del presente trabajo fue determinar la viabilidad económica de incorporar prácticas de logística inversa en los procesos de recolección de PET para el reciclaje, en el canal minorista tradicional del barrio El Dorado del municipio de Envigado, Colombia. Para esto, se realizó una encuesta en las tiendas del barrio, y con la información obtenida se realizó un análisis logístico de la recolección actual de PET. Posteriormente, se diseñó un programa de recolección, determinando sus aspectos generales y los métodos y tiempos a emplear; para lo cual se analizaron las estrategias de recolección usuales, se planificó un recorrido óptimo y se realizó un estudio de los movimientos necesarios para realizar la recolección. Por último, se elaboró un modelo de flujo de caja libre, que incluyera como entrada estocástica la cantidad de PET que podría ser recuperado, y se evaluaron los principales indicadores de retorno del proyecto en términos probabilísticos, mediante una simulación con el software @RISK. Los resultados de la simulación indicaron que la propuesta es viable como inversión y como proyecto, incluso para el mínimo valor de retorno obtenido en el total de las iteraciones; y se observó cierta variabilidad en las salidas del modelo, corroborando lo planteado por otros autores sobre la gran influencia que tiene la naturaleza variable de los flujos inversos en los resultados de una estrategia logística.

**Palabras clave:** logística inversa, canal minorista tradicional, PET, recolección, modelos y simulación

## ABSTRACT

The local market for PET recycling is currently expanding, and its recovery involves reverse flows of material. Reverse logistics practices have shown to increase the effectiveness in the industry at an international level, but they are not widely used at a national level due to unfamiliarity about them. The purpose of this study was to determine the economic viability of incorporating reverse logistics practices in the collection processes for PET, in the traditional retail channel of the neighborhood El Dorado, in the town of Envigado, Colombia. For this, a survey was conducted in the shops, and with the information obtained a logistical analysis of the current collection of PET was performed. For this, a survey was conducted in the local shops and a logistical analysis of the current collection of PET was performed with the resultant information. A collection program was designed subsequently, determining its general aspects and the methods and times to be employed; for which the usual collection strategies were analyzed, an optimum route was planned and a movement study was performed. Finally, a model of a free cash flow was developed, which included the amount of PET that could be recovered as a stochastic input, and the main indicators of return for the project were evaluated in probabilistic terms, by a simulation with @RISK software. The simulation results indicated that the proposal is viable as an investment and as a project, even for the minimum return value obtained in the total number of iterations; and some variability was observed in the model outputs, corroborating the point raised by other authors about the great influence of the variable nature of the reverse flows on the results of a logistic strategy.

**Keywords:** reverse logistics, traditional retail channel, PET, recollection, modelling & simulation

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende mostrar el impacto de las prácticas de logística inversa en la recuperación de PET en mercados minoristas, en tanto que, como estrategia de la ingeniería industrial, dichas prácticas generan una competitividad sostenible.

Implementar prácticas de logística inversa representa una oportunidad para la industria colombiana, en tanto que son viables tanto económica, social y ambientalmente; si bien no debe dejarse de lado el hecho de que, aunque representan una oportunidad potencial, son un reto, y por ello deben realizarse ajustes para que estas prácticas se adecuen a la dinámica actual del mercado nacional. En este orden de ideas y teniendo en cuenta lo establecido por Corcho (2014), el enfoque en canales de distribución minoristas que posee este trabajo de grado se debe principalmente a que el mercado tienda a tienda es característico y nada despreciable en el mercado colombiano, mucho menos en el mercado medellinense, lugar “donde más se prefiere la tienda de barrio”. Es en base a ello que se formula el objetivo general del trabajo, consistente en determinar la viabilidad económica de la incorporación de prácticas de logística inversa en los procesos de recolección de empaques plásticos, en el canal de distribución tradicional en el barrio El Dorado de Envigado.

Dadas estas consideraciones, en este trabajo se busca determinar la factibilidad de implementar un plan de logística inversa en un barrio del municipio de Envigado, haciendo un análisis de la disposición de los tenderos a hacer parte activa del proyecto, y evaluando cada una de las estrategias a implementar para poder llevarlo a cabo. En este sentido, el presente trabajo de grado se estructura de la siguiente manera:

Primero y como base fundamental, se establece una metodología que apunte al cumplimiento del objetivo general presentado anteriormente y se determinan las actividades a realizar, que son: seleccionar las tiendas objeto de estudio, diseñar un instrumento para la recolección de la información, recolectar la información, hacer un análisis pertinente de la misma, efectuar un diagnóstico logístico con la información sintetizada, determinar tanto la cantidad óptima de empaques plásticos a recolectar semanalmente como las estrategias para realizar la recolección, diseñar un sistema de recolección y finalmente elaborar un modelo financiero mediante el cual se pueda evaluar la rentabilidad del proyecto.

Posteriormente, se implementa una metodología basada en el uso de herramientas de la ingeniería industrial, tales como la estadística, los procesos de jerarquía analítica, los sistemas de información georreferenciada, métodos y tiempos y la simulación estocástica, para desarrollar cada una de las actividades mencionadas anteriormente. Paso seguido, se realiza un análisis de resultados mediante el flujo de caja, en el que se presenta una combinación de variables determinísticas y estocásticas teniendo en cuenta la variabilidad natural que presentan este tipo de prácticas, y por último se presenta una sección de conclusiones y anexos que le dan soporte a los cálculos intermedios requeridos en todo el desarrollo del presente trabajo de grado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el marco de la globalización y de los tratados internacionales, la industria colombiana compite contra compañías extranjeras por el mercado, tanto local como global. La competencia es fuerte y existen notables diferencias entre la industria internacional y la nacional, pues según Bruce Mac Master, presidente de la Andi, “la empresa colombiana tiene un entorno interno más complejo, los problemas de infraestructura, el tema de trámites, la certeza jurídica, los problemas ambientales y con las comunidades, no hay la menor duda de que hay desventajas.” (Master, 2014 citado en Chagüendo A., 2014, parra. 21, junio 23)

La logística inversa es una de las estrategias de la ingeniería industrial que utilizan las grandes multinacionales para aumentar la efectividad, con resultados plausibles. A partir de conceptos de desarrollo social, económico y ambiental, la logística inversa actualmente logra construir competitividad sostenible, gracias a que cierra el ciclo logístico directo y lo convierte en un ciclo logístico integral mucho más eficiente. Eso es en el mundo industrializado, pero en Colombia no ocurre así: la industria está menos tecnificada y la implementación de sistemas de logística inversa está acorde a su menor nivel, además de que tampoco existen leyes que empujen a la “responsabilidad del productor”. (Monroy y Ahumada 2006).

Un ejemplo de implementación de la logística inversa a nivel local, puede verse en la industria de reciclaje de la ciudad. Esta industria recoge y reprocesa productos al final de su vida útil para convertirlos nuevamente en materias primas, que son vendidas después a otras industrias. Actualmente, la demanda nacional es mayor a la oferta, y el mercado se encuentra en plena expansión: el PET reciclado, por ejemplo, triplicará su demanda en los próximos 2 años, debido a la ampliación de la capacidad de la planta de ENKA (L. Villa, entrevista personal, 5 de mayo de 2015). Pero la industria del reciclaje también presenta dificultades, como la alta inestabilidad en los precios y el alto costo de la recolección, consolidación y transporte. Las actividades de recolección y consolidación son realizadas por terceros, lo cual incrementa la inestabilidad de los precios y ha generado grandes dificultades a la industria. Por otro lado, los costos de transporte representan el 40% de los costos totales y disminuyen la competitividad de las empresas recicladoras.

Para lograr que se desarrolle la logística inversa en Colombia, es necesario que se adecue este tipo de estrategia a la red logística urbana actual, pues la primera depende espacialmente de la segunda (Garzón Ramírez & Hernández Losada, 2014). La primera característica a tener en cuenta de la red logística urbana y de las empresas colombianas, es el tamaño de sus mercados, que se caracterizan por ser relativamente pequeños, por lo cual una red de recolección de productos es más fácil de estructurar y de manejar (Monroy y Ahumada 2006). Como segunda característica a analizar en la logística urbana colombiana, se tiene la importancia del canal de distribución minorista, en el cual existe un

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

mercado verdaderamente interesante de examinar: la tienda de barrio, que conforma el llamado “canal tradicional”. El canal tradicional (tienda a tienda o TAT) ocupa más del 62% del comercio minorista, y se posiciona como el de mayor acogida, incluso frente a las grandes superficies (Londoño 2004 citado en Bossa Gracia, 2012). Respecto al canal tradicional, el director económico de la Federación Nacional de Comerciantes (FENALCO), Rafael España, afirma que “las tiendas siempre les van a ganar la pelea a los grandes establecimientos, son los canales de distribución más importantes para los fabricantes y se estima que en el país hay cerca de 450 mil”. (España, 2014 citado en Sandoval, 2014).

En Medellín y todo el Valle de Aburrá, el lugar “donde más se prefiere la tienda de barrio” (Corcho, 2014), se pueden observar todas las características de la industria colombiana y de la red logística urbana. En un estudio realizado en el Valle de Aburrá (Gómez Montoya, Correa Espinal, & Vásquez Herrera, 2012), se encontró que las prácticas de logística inversa no son muy utilizadas, principalmente debido al desconocimiento de las mismas, pero también se identificó un interés en utilizarlas. En cifras, sólo un 13% de las empresas estudiadas utilizan actualmente este tipo de prácticas, pero un 87% mostró interés en comenzar a implementarlas, mencionando como motivos principales los potenciales impactos en la productividad, en el medio ambiente y los beneficios a la comunidad.

La investigación planteada tiene un alcance exploratorio y, por motivos de viabilidad económica y temporal, se decide desarrollar el estudio en el barrio El Dorado de Envigado, el cuál fue escogido como respuesta la cantidad significativa de tiendas y a su seguridad. Dado que los costos de transporte representan el 40% de los costos de operación en los procesos de logística inversa, lo más acertado es iniciar con una evaluación de costos de la distribución inversa para determinar si las prácticas de logística inversa en el canal TAT son rentables.

En este orden de ideas, ¿Cuál es la viabilidad económica de recolección en logística inversa en el canal de distribución minorista TAT del barrio el dorado de Envigado?

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la viabilidad económica de la incorporación de prácticas de logística inversa en los procesos de recolección de empaques plásticos en el canal de distribución tradicional en el barrio El Dorado de Envigado.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico logístico del sector de ventas TAT en el barrio el Dorado, enfocado en la logística inversa.
- Proponer un plan de recolección de empaques plásticos en el canal TAT del sector seleccionado.
- Evaluar el impacto económico del plan de recolección de logística inversa propuesto, mediante simulación

## 1.3 MARCO DE REFERENCIA

### 1.3.1 ANTECEDENTES

Para el siguiente trabajo de grado, se analizan como antecedentes:

- Una tesis en el tema de distribución inversa a nivel internacional (en España)
- Un estudio sobre la logística inversa a nivel nacional
- Un estudio sobre la logística inversa a nivel local (en Antioquia)
- Una tesis en el tema de distribución inversa a nivel nacional
- Una tesis doctoral sobre el sistema de logística inversa en la empresa (en España)
- Un artículo sobre el impacto del sistema de venta al menudeo en el comportamiento de compra de las marcas comercializadas en las tiendas de barrio a nivel nacional.

Al revisar los postulados enunciados en el artículo de Bossa Gracia (2012) se encuentra de manera clara, oportuna y confiable la realidad del proceso de compra en las tiendas de barrio, en un marco de su posicionamiento, análisis de la población, la apertura al comercio minorista y la “sanción por pobreza” causante del menudeo. Es un artículo que muestra la realidad del comercio minorista en Colombia su capacidad y utilización, por lo que a nivel de datos culturales y porcentuales es de fundamental importancia como base para la toma de decisiones en el desarrollo del estudio objetivo.

Además de ello, Rubio Lacoba (2003) aporta en su tesis doctoral los fundamentos clave de la logística inversa, analizando de manera específica cada uno de los factores que intervienen en el desarrollo de esta práctica logística, mediante una visión integral que la considera en el marco de un enfoque de recursos y capacidades, que conjuntamente logran el alcance de una ventaja competitiva sostenible. El contenido de esta tesis, está basado principalmente en cómo deben analizarse los procesos de destino final de un producto y la manera en que las empresas deben disponer de las opciones sugeridas por la logística inversa, para la adecuada gestión de los mismos.

Otro antecedente útil para este trabajo de grado es la tesis doctoral española de Miguel Ángel Ortega Mier (2008), *Utilización de métodos cuantitativos para el análisis de problemas de localización en logística inversa*. Esta tesis se basa en las redes de recolección de productos cuando ya han terminado su vida útil y en la localización de las instalaciones clave para esto, utilizando métodos cuantitativos, en concreto técnicas metaheurísticas. El trabajo ofrece un enfoque diferente a los propuestos hasta este momento para resolver problemas de decisión en las redes de recuperación y en la localización de las instalaciones, que contempla el carácter dinámico y estocástico de los flujos inversos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La logística inversa también ha sido estudiada en Colombia en varias ocasiones. El principal estudio realizado hasta el momento en el tema, *Logística Reversa: "Retos para la Ingeniería Industrial"*, de Néstor Monroy y María Claudia Ahumada (2006), es un referente en el tema a nivel nacional e internacional. En éste se plantea la hipótesis de que la presión de las tendencias ambientales, sociales y culturales, sumadas a la escasez de recursos, exigirán a las empresas manufactureras el desarrollo y la optimización de la logística inversa como un apoyo en el desempeño operativo y, más importe aún, en la competitividad. Se propone la integración de la logística inversa a la logística directa como uno de los desafíos más grandes de la ingeniería industrial nacional, lo cual se corrobora mediante el análisis y comparación de casos de aplicación de logística inversa relevantes en el ámbito nacional e internacional.

Posteriores a este estudio, se han visto nuevos trabajos en el campo de la logística inversa a nivel nacional. Un ejemplo con un enfoque en la distribución inversa, se puede ver en el trabajo de grado de Olarte Fiorillo (2011), *Propuesta de diseño de un modelo de logística reversa para el sector textil colombiano bajo la metodología SCOR*, donde se ilustra sobre la estructura de un modelo de logística inversa para empresas textiles de la ciudad de Bogotá, enfocándose en la recolección y recuperación de telas de algodón en exceso de inventario, desde el punto de venta hasta la fábrica con el fin de reciclar la fibra de algodón presente en éstas y utilizarla de nuevo en el proceso de producción. El trabajo se enfoca en el proceso de devolución, explicado a través del macroproceso "Devolver" del modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference Model). Se encontró que, con la implementación de una propuesta de logística inversa, se espera un ahorro total del 4% sobre los costos de materia prima e inventario de producto terminado.

Propiamente en Antioquia, es interesante observar el estudio de Gómez Montoya, Correa Espinal y Vásquez Herrera (2012): *Logística Inversa, un Enfoque con Responsabilidad Social Empresarial*, pues muestra el bajo nivel de utilización y de conocimiento de la logística inversa en el sector industrial del Área Metropolitana de Antioquia. En el estudio se consideran de forma integrada las nociones de logística inversa y responsabilidad social, para después hacer un estudio con seis empresas seleccionadas aleatoriamente, observando su grado de conocimiento sobre el tema (sólo el 13% de éstas habían escuchado algo sobre el tema) y la voluntad de utilización (el 87% de las empresas estaban interesadas en implementar la logística inversa).



## 1.3.2 MARCO TEÓRICO

- **Conceptos**

### **Logística:**

Se entiende la logística como una “estrategia que permite en cada caso cumplir los requisitos que pide el cliente con la máxima seguridad y la combinación óptima de costos, recursos y existencias en estrecha colaboración con los integrantes de la cadena de suministro global” (Fundación Icil, 2003 citado en Cabeza, 2012)

Entendiendo la logística como herramienta de gestión eficiente de recursos en toda la cadena de suministro, es necesario diferenciar los flujos presentes para llevarla a cabo: logística directa, logística inversa y logística integral.

### **Logística Directa:**

Tradicionalmente, se ha analizado el sentido del flujo de la cadena de suministros “hacia adelante”, desde el punto de origen hasta el consumidor final, a lo que se le conoce como logística directa. The Council of Logistics Management (2007, citado en Ortega Mier, 2008) definen la logística directa como “el proceso de planificar, implementar y controlar, de una manera eficiente, el flujo de materias primas, inventarios en curso, productos terminados, servicios e información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo, con el fin de satisfacer las necesidades del cliente”.

### **Logística Inversa:**

“La logística inversa hace referencia a todos los flujos de materiales en sentido inverso de la cadena logística”(Ortega, 2008, p. 3)

En este sentido se entiende la logística inversa como el flujo eficiente de todos los recursos involucrados en la cadena logística, pero en el sentido Cliente-Proveedor y no Proveedor-Cliente, tal como se hace en el proceso directo.

Es decir, es la gestión eficiente y costo-efectiva de los flujos de materiales, productos en proceso, productos terminados e información relacionada, que han perdido o disminuido su vida útil, para recuperar total o parcialmente su valor, disminuyendo costos y aumentando la sostenibilidad (Monroy & Ahumada, 2006).

Pocos conocen el concepto de logística inversa (Rubio Lacoba, 2003), aunque actualmente es uno de los aspectos de la logística que más está interesando a los profesionales e investigadores en los últimos años (Ortega Mier, 2008). Si bien los flujos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

inversos siempre han existido, el análisis del flujo de la cadena de suministros “hacia atrás” es un concepto relativamente nuevo que surge en la década de 1980, como respuesta a la complejidad extra que surge en las empresas debido al servicio post-venta, especialmente para gestionar adecuadamente las devoluciones comerciales de productos (González Benito & González Benito, 2001).

El concepto evolucionó con la creciente conciencia medioambiental y, posteriormente en la década de 1990, las empresas americanas descubrieron los grandes beneficios económicos que traen las prácticas en logística inversa, que sumados a las presiones por la escasez y el encarecimiento de las materias primas, han hecho de la logística inversa una práctica estratégica indispensable para las compañías multinacionales como Xerox, IBM o Dupont (Monroy & Ahumada, 2006).

Existen diferencias notables entre logística directa e inversa, principalmente por la mayor complejidad de la segunda frente a la primera. Cabeza (2012), resume las principales diferencias entre ambas en la siguiente tabla:

<i>Logística directa</i>	<i>Logística inversa</i>
Estimación de demanda relativamente cierta	Estimación de demanda más compleja
Transporte de uno a muchos, generalmente	Transporte de muchos a uno, generalmente
Calidad del producto uniforme	Calidad del producto no uniforme
Envase uniforme del producto	Envase a menudo dañado o inexistente
Precio relativamente uniforme	Precio en función de muchos factores
Reconocida importancia a la rapidez de entrega	Poca importancia, en general, de la rapidez de entrega
Costos definidos y monitorizados por sistemas de contabilidad	Costos menos visibles y rara vez contabilizados
Gestión de inventario relativamente sencilla	Gestión de inventario muy compleja
Ciclo de vida del producto gestionable	Ciclo de vida del producto más complejo
Métodos de <i>marketing</i> bien conocidos	<i>Marketing</i> complejo por varios factores

*Tabla 1. Diferencias entre logística directa e inversa. Aspectos esenciales.*

### **Ilustración 1: Logística inversa y logística directa**

En la mayoría de las definiciones de logística inversa, se subvalora el impacto en el desarrollo sostenible medido en términos de lo social, lo económico y bien, lo ambiental, y es por ello que Cabeza (2012) unifica el valor de la logística inversa en la definición presentada: “La logística inversa abarca el conjunto de actividades de recogida,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

desmontaje y desglose de productos usados o sus componentes, así como de materiales de distinto tipo y naturaleza con el objeto de maximizar el aprovechamiento de su valor, en sentido amplio de su uso sostenible y , en último caso, su destrucción”

### **Logística Integral:**

La logística integral es la integración de la logística directa y la logística inversa en un sistema de ciclo cerrado (Monroy & Ahumada, 2006), es decir, “aquella parte de la Gestión de la Cadena de Suministro (SCM), que planifica, implementa y controla el flujo directo e inverso y el almacenaje efectivo y eficiente de bienes y servicios, con toda la información relacionada” (Council of Supply Chain Management Professionals, 2014 citado en Oltra Badenes, 2014).

### **Productos Fuera de Uso (PFU):**

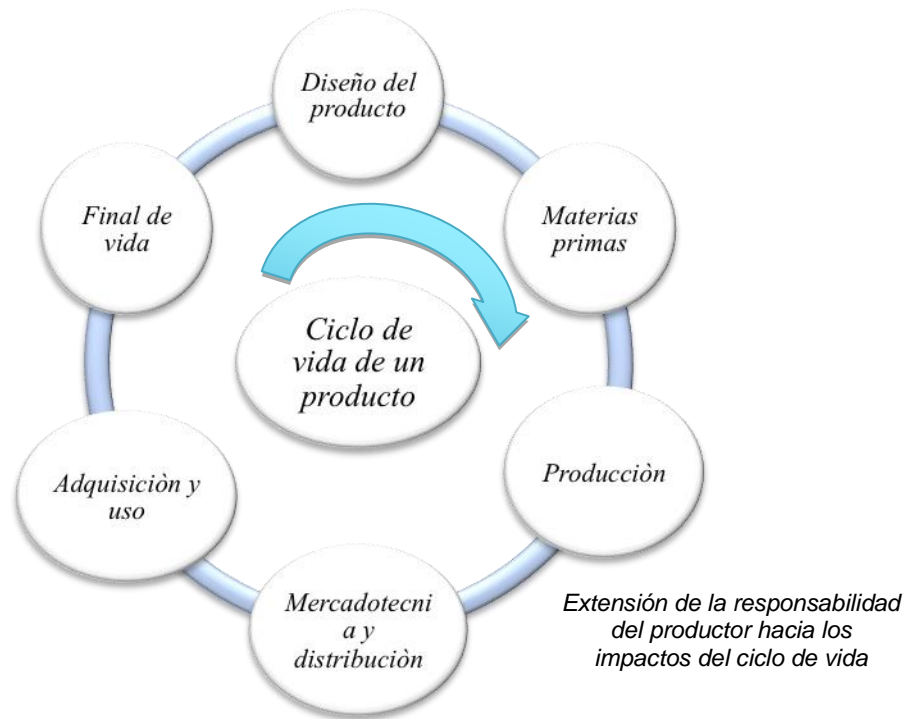
En la definición dada por Cure Vellojín, Meza González, y Amaya Mier (2011), son bienes que fluyen en forma inversa por acuerdos postventa con el cliente o por razones desconocidas, y su llegada no es predecible. Los PFU pueden ser mercancía defectuosa, una devolución de excesos de inventario, devoluciones por parte de los clientes, productos obsoletos o inventarios estacionales (Ramírez, 2010).

- **Ciclo de vida actual de un producto**

Actualmente, el ciclo de vida de un producto tiene en cuenta el factor medioambiental en su nivel de producción, incluyendo la responsabilidad del productor en los impactos del ciclo de vida que de su producto devinieran.(Cabeza, 2012)

De la inclusión descrita, se determina el primer eslabón de conciencia frente a los impactos ambientales generados a lo largo del ciclo de vida de un producto, y su posible solución en términos de la disminución de los mismos mediante el manejo efectivo de los procesos de logística inversa, siendo el uso de esta herramienta una apertura a la satisfacción de las demandas actuales de sostenibilidad, tanto económica como ambiental, por parte de los usuarios finales.

Con base en este nuevo precedente, las etapas de ciclo de vida del producto están condicionadas a los cambios mostrados a continuación:



**Ilustración 2:** *Ciclo de vida de un producto: Responsabilidad del productor*

**Tomado de:** (Cabeza, 2012)

○ **Clasificación de los flujos de la logística inversa**

Existe una gran variedad de flujos a considerar en la logística inversa, cada uno con un tratamiento muy distinto del anterior. Por esto es importante analizar las principales clasificaciones de estos flujos, haciendo énfasis en los que tienen mayor relevancia para este proyecto. Se analizarán las siguientes clasificaciones: según los motivos que originan el flujo, según el destino final de esos flujos, según los causales de devolución de productos, según los actores involucrados, según la duración de la vida útil de los productos correspondientes y según los tipos de materiales que forman esos flujos.

**Motivos que originan el flujo**

Es importante conocer los diferentes motivos que generan flujos inversos para la gestión de las actividades logísticas inversas que se realizan. Si los motivos principales son de carácter económico, será de esperar una mayor iniciativa de la compañía que recoge los materiales al final de su vida útil, generando una situación de demanda (pull), que “tira” de la cadena hacia atrás. Al

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

contrario, si las motivaciones son comerciales, legales o de protección de activos llevarán a situaciones de oferta (push) que obligarán a las compañías a responder al comportamiento de los clientes (usuarios finales, administraciones, etc.) (Ortega Mier, 2008).

#### *Motivos económicos:*

“Los productos o materiales que se trata de recuperar suponen, una vez tratados, una fuente de materia prima ‘barata’. La recuperación supone, en estos casos, un coste menor que la fabricación de nuevos productos o la compra de materiales vírgenes.”(Ortega Mier, 2008). Además, los flujos de regreso de los productos y subproductos (internos y externos) usualmente tienen altos costos, principalmente por la gran capilaridad de éstos, la manipulación extra que requieren y por los controles de calidad que deben pasar los productos, por lo cual es importante hacer una correcta administración de éstos flujos (Ramírez, 2010).

#### *Motivos legales*

Según Ramírez (2010), la legislación ambiental que estimula la reducción de la cantidad de residuos generados e incentiva las actividades de recuperación, reciclaje y reutilización de éstos, es una razón de peso para emplear este tipo de prácticas, que pueden disminuir la carga impositiva o evitar que se cometan infracciones. “La responsabilidad del fabricante y del usuario se está convirtiendo en un elemento clave de las políticas ambientales públicas de muchos países. Los fabricantes están obligados a reducir el vertido de productos que han fabricado después de su uso. Estas iniciativas legales están, de momento, más difundidas en la Unión Europea y Japón, pero se prevé que tengan un impacto creciente en el resto del planeta” (Parlamento Europeo, 2000 citado en Ortega Mier, 2008). En Colombia la legislación en este ámbito crece y las empresas deberán adaptarse en un futuro cercano, especialmente las industrias exportadoras (Ramírez, 2010).

#### *Motivos de marketing*

La disminución en las diferencias reales entre productos y la competitividad que esto genera entre compañías, ha hecho imprescindible el desarrollo de políticas de servicio al cliente, como las devoluciones (Ramírez, 2010).

El aumento de competitividad como motivo para implementar la logística inversa puede ser explicado si se observa a la logística inversa como estrategia de diferenciación, que crea un lazo tan fuerte con el cliente, que hace difícil o poco rentable cambiarse hacia otro proveedor, y esto se logra con un buen servicio al cliente en las devoluciones o con la creación de una imagen de empresa con conciencia ambiental que fidelice al cliente (Cure Vellojín et al., 2011).

#### *Motivos de protección de activos*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Las empresas que intentan reutilizar productos al final de su vida útil, en muchos casos evitan el coste de diseño y fabricación de producto. “Por eso las compañías que han invertido en el producto (diseño, marketing, fabricación, ...) intentan evitar el trasvase de componentes o productos que consideran importantes para su estrategia competitiva a mercados secundarios o a empresas competidoras. Así se evita la posible competencia que puede aparecer entre productos originales y recuperados. Un ejemplo claro es el de los cartuchos láser de impresora.” (Ortega Mier, 2008).

### **Destino final de los flujos:**

El destino final de los flujos se define en la última etapa de la logística inversa, la etapa de decisión, en la cual se definen las posibles opciones de recuperación del valor de los productos (Ortega Mier, 2008). Estos “camino” de recuperación de valor genéricamente tienen un orden de prelación, más dependiendo del producto que fluye, tienen un menor número de caminos posibles. Éste orden de prelación y el tipo de destinos finales de los flujos de un producto genérico son descritos por Cabeza (2012) y Monroy & Ahumada (2006) de la siguiente forma, en orden descendente:

*Reducción en la fuente:* inicialmente se considera la opción de reducción en la fuente, modificando el producto desde la etapa de diseño o cambiando los patrones de consumo.

*Reutilización:* cuando el producto conserva su forma y posee nulo o escaso deterioro, se puede revender en el mercado primario, después de realizar retoques o arreglos menores al producto.

*Reparación:* el producto usado se repara para ponerlo de nuevo en funcionamiento, operación llevada a cabo en el domicilio del cliente o en el taller del servicio técnico del proveedor.

*Restauración:* se devuelve valor al producto usado mediante la utilización de nuevas tecnologías que permitan ampliar su vida útil. Ej.: aviación civil.

*Refabricación:* para componentes con grado de descomposición medio-alto. Se realiza una remanufactura del producto y en la mayor parte de los casos se disminuye el costo del componente en un 50%. ej.: industria de telefonía móvil.

*Canibalización:* es igual a la refabricación, pero sólo se recupera una parte mínima de los componentes.

*Reciclaje:* si el producto no puede ser recuperado directamente ni reprocesado, se recurre al reciclaje para recuperar los materiales, ya sea para fabricar nuevamente el mismo producto (reciclaje interno) o para otros productos (reciclaje externo).

*Incineración:* si no es posible reciclar los desechos, éstos se pueden incinerar técnicamente para recuperar la energía contenida en ellos en forma de calefacción o energía eléctrica.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

*Vertedero (disposición final adecuada):* última opción de recuperación de valor. Se disponen adecuadamente los desechos en rellenos sanitarios técnicamente manejados. Si se hace adecuadamente, se pueden aprovechar los residuos como biomasa que genere gas combustible.

## **Causales de devolución**

Existen cuatro tipos de devoluciones que causan flujos inversos en diferentes etapas de la cadena de suministros, que según Monroy y Ahumada (2006) se dan en la manufactura, en la distribución, en el consumo y en el post-consumo, explicados por los mismos autores de la siguiente manera:

*En la manufactura:* son las devoluciones internas de productos rechazados por los controles de calidad, desechos de procesos productivos, etc.

*En la distribución:* son las devoluciones de producto por parte de los comerciantes por defectos en la mercancía entregada, exceso de inventarios, bajas ventas, caducidad u obsolescencia.

*En el consumo:* devoluciones de los productos que no cumplen las expectativas de los clientes, como en las garantías.

*En el post-consumo:* son las devoluciones realizadas por los usuarios o por intermediarios (ej.: recicladores) después de que la etapa de uso del producto concluye.

## **Actores involucrados**

Hay grandes diferencias entre cuando los materiales vuelven a la cadena de suministros que los generó y cuando van a una cadena distinta de la original.

*Sistemas propios de Logística Inversa:* la empresa interesada en realizar logística inversa es la encargada de diseñar, gestionar y controlar la recolección y recuperación del valor de sus PFU. “[Estas] empresas suelen ser líderes en sus mercados, en los que la identificación entre empresa y producto es muy alta” (Ortega Mier, 2008).

La red logística de recuperación, según Ortega Mier (2008), se identifica por ser una red:

- Compleja
- Intensiva en mano de obra
- Con varios eslabones
- Usualmente descentralizada
- El producto recuperado generalmente vuelve a introducirse en la cadena de suministro original

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

*Sistemas ajenos de Logística Inversa*: son terceros quienes gestionan la recuperación, la empresa responsable del producto no lo hace directamente. En este caso existen dos posibilidades Ortega Mier (2008):

- Adhesión a un Sistema Integrado de Gestión (SIG): “organización que promueve y gestiona la recuperación de productos fuera de uso para su posterior tratamiento o su adecuada eliminación.” (Ortega Mier, 2008)
- Profesionales u Operadores Logístico: empresas especializadas en la función de transporte.

○ **Actividades de la logística inversa**

Según lo propuesto por Cure Vellojín, Meza González, y Amaya Mier (2011), la logística inversa comprende las siguientes actividades, realizadas en orden:

1. Reconocimiento de la situación
2. Distribución inversa
3. Revisión
4. Decisión

**Reconocimiento de la situación**

Se oficializa en la empresa la recepción del producto proveniente de un cliente. Esta actividad implica más que desafíos para el área de producción, implica cambios en la estructura organizacional y en las políticas empresariales (Monroy & Ahumada, 2006).

**Recuperación o distribución inversa**

Es el traslado físico del producto a un lugar donde la empresa pueda disponer de él, sin que esto signifique la toma de acción alguna con respecto a éste. (Cure Vellojín et al., 2011)

Rubio Lacoba (2003) asocia la mayor parte de la incertidumbre de la logística inversa a la etapa de recolección de PFU, por lo cual esta actividad se califica como actividad crítica. Esta incertidumbre se puede ver como incertidumbre en la cantidad de artículos que se recuperarán (Incertidumbre Cuantitativa) e incertidumbre en el momento de recuperación (Incertidumbre Temporal). “La eficiencia de los procesos de recuperación de PFU es muy sensible al volumen de productos recuperados por lo que deberemos prestar especial atención al diseño de esta actividad intentando conseguir altas tasas de recuperación y, con ello, la obtención de economías de escala.” (Rubio Lacoba, 2003).

El autor también señala las decisiones estratégicas que deben tomarse en esta fase del proceso: decisiones sobre la ubicación y la cantidad de instalaciones de recolección

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



(centros de recuperación), la capacidad y las dimensiones de éstas, el diseño de las instalaciones y la tecnología que se utilizará. También menciona las otras tareas que deben realizarse, como transportar los artículos recogidos hasta los donde se procesan para recuperar su valor, el manejo que debe dárseles y su almacenamiento. Por esto, Rubio Lacoba (2003) habla de decisiones a nivel táctico, como la asignación de PFU a los distintos centros de recolección, el modo de transportarlos o la gestión de inventarios de los productos recolectados. También habla de decisiones a nivel operativo, como la definición de las rutas de recolección de productos o la configuración de los lotes en los que se recogen.

Según Savaskan y Van Wassenhove (2006), la recuperación de PFU del cliente puede ser realizada por la empresa manufacturera o por medio de los distribuidores minoristas. Cuando los productos son recogidos por la empresa manufacturera, la inversión en el proceso de recolección depende de los costos ahorrados por la planta en los procesos de recuperación, especialmente en la remanufactura. Los minoristas prefieren la recolección directa, pues les evita invertir en la recolección y se benefician por el cambio vertical externo, que representa una disminución en los precios de compra. Cuando los productos son recogidos por el minorista, es la empresa manufacturera quien se ahorra los costos de inversión en el proceso de recolección. El efecto de segundo grado es la interacción estratégica entre los minoristas en competencia, pues se muestra que en este caso surgen incentivos adicionales para que los minoristas reduzcan sus márgenes de ganancia en el producto, con la expectativa de compensar la reducción de precio de venta con los pagos de recompra que hace la manufacturera por los PFU. Debido a que el mercado minorista es competitivo, la interacción estratégica entre los minoristas hace bajar los precios minoristas aún más. Así, el fabricante se beneficia pues el volumen total de ventas se incrementa. Esta estructura de canal es preferida por el fabricante, sobre todo cuando los productos de los minoristas no son sustitutos directos, como resultado de que los minoristas son bastante independientes en sus decisiones de precios y la doble marginación es pronunciada.

## **Revisión**

Para tomar una decisión adecuada sobre qué hacer con el artículo. Se tienen en cuenta factores de clasificación y consolidación (Cure Vellojín et al., 2011).

*Clasificación:* los PFU que entran a un proceso de logística inversa son “impredecibles” en cuanto a calidad. Es por esto que se deben inspeccionar minuciosamente y de forma individual cada producto, con el fin de determinar qué hacer con éstos (Cure Vellojín et al., 2011).

*Consolidación:* según la naturaleza de los PFU y el destino final de su flujo inverso, se determina un período apropiado para consolidar cierto número de productos (Rubio Lacoba, 2003). Éstos se conservan en inventario, por lo cual significan un gasto para la compañía y se requiere un adecuamiento de los almacenes. Para determinar el período de espera y la cantidad de PFU a consolidar antes de comenzar, por ejemplo, con una remanufactura, es importante tener en cuenta tanto los costos por el tiempo en inventario

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de los PFU como el hecho de que las devoluciones en pequeñas cantidades representan mayores costos al ser integrados al sistema (Cure Vellojín et al., 2011).

## **Decisión**

Etapa en la cual se decide el destino final de los flujos inversos de PFU. En esta etapa se decide cómo recuperar el valor de éstos (Cure Vellojín et al., 2011).

- **Logística urbana: logística inversa y canal TAT**

Respecto a la logística inversa y su relación con la logística urbana, Garzón Ramírez y Hernández Losada (2014) afirman que:

Observar a la logística inversa como una actividad de ciudad hace pensar en la relación directa con la logística urbana, si se considera un asunto de ciudad es necesario abordarlo desde un enfoque multidisciplinario. La logística inversa se ha vuelto un campo de estudio relevante por su impacto tanto en el desempeño medioambiental de las empresas como en el desarrollo de la ciudad. Ubicar las actividades logísticas en territorio, y este por contexto y como determinante de las decisiones en el diseño de los sistemas logísticos cambia el paradigma tradicional de optimización de costos y se enfoca a una visión económica en torno a la generación de beneficio social. (p.3)

La logística urbana en Medellín se caracteriza por tener un canal de distribución minorista sobresaliente, con prelación de las tiendas de barrio frente a los grandes almacenes de cadena (51% frente a un 49%) en la preferencia de los consumidores para adquirir los productos para su hogar, según lo indicado por un reciente estudio de la firma Brandstrat (Corcho, 2014). Otra característica de la red logística urbana y de las empresas colombianas es el tamaño de sus mercados, que se caracterizan por ser relativamente pequeños, por lo cual una red de recolección de productos es más fácil de estructurar y de manejar (Monroy y Ahumada 2006).

- **Canal tradicional**

- **Definición Canal tradicional o TAT:**

El canal TAT comúnmente llamado tradicional, es un canal de distribución minorista en el que no se han incorporado tecnologías avanzadas en la realización de operaciones de intercambio (Miquel Romero, Lhermie, Parra Guerrero, & Miquel Peris, 2008)

## **Utilización del canal tradicional en Colombia:**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En una publicación del portafolio (2010) se estima que en Colombia hay un promedio de 450.000 tiendas de barrio que venden al detal con el fin de abastecer el consumo masivo de los hogares, además Londoño (2004, citado en Bossa Gracia 2012) sugiere que el canal tradicional ocupa más del 62% del comercio minorista, posicionándose como el de mayor acogida frente a las grandes superficies.

### **Componentes del canal de distribución: detallistas**

Son “intermediarios que compran a fabricantes o mayoristas y venden al consumidor final” (“Decisiones Sobre Dirección Comercial,n.d.)

### 1.3.3 ACTIVIDADES DE LA LOGÍSTICA INVERSA

Según lo propuesto por Cure Vellojín, Meza González, y Amaya Mier (2011), la logística inversa comprende las siguientes actividades, realizadas en orden:

1. Reconocimiento de la situación
2. Distribución inversa
3. Revisión
4. Decisión

- **Reconocimiento de la situación**

Se oficializa en la empresa la recepción del producto proveniente de un cliente. Esta actividad implica más que desafíos para el área de producción, implica cambios en la estructura organizacional y en las políticas empresariales (Monroy & Ahumada, 2006).

- **Recuperación o distribución inversa**

Es el traslado físico del producto a un lugar donde la empresa pueda disponer de él, sin que esto signifique la toma de acción alguna con respecto a éste. (Cure Vellojín et al., 2011)

Rubio Lacoba (2003) asocia la mayor parte de la incertidumbre de la logística inversa a la etapa de recolección de PFU, por lo cual esta actividad se califica como actividad crítica. Esta incertidumbre se puede ver como incertidumbre en la cantidad de artículos que se recuperarán (Incertidumbre Cuantitativa) e incertidumbre en el momento de recuperación (Incertidumbre Temporal). “La eficiencia de los procesos de recuperación de PFU es muy sensible al volumen de productos recuperados por lo que deberemos prestar especial atención al diseño de esta actividad intentando conseguir altas tasas de recuperación y, con ello, la obtención de economías de escala.” (Rubio Lacoba, 2003).

El autor también señala las decisiones estratégicas que deben tomarse en esta fase del proceso: decisiones sobre la ubicación y la cantidad de instalaciones de recolección (centros de recuperación), la capacidad y las dimensiones de éstas, el diseño de las instalaciones y la tecnología que se utilizará. También menciona las otras tareas que deben realizarse, como transportar los artículos recogidos hasta los donde se procesan para recuperar su valor, el manejo que debe dárseles y su almacenamiento. Por esto, Rubio Lacoba (2003) habla de decisiones a nivel táctico, como la asignación de PFU a los distintos centros de recolección, el modo de transportarlos o la gestión de inventarios de los productos recolectados. También habla de decisiones a nivel operativo, como la definición de las rutas de recolección de productos o la configuración de los lotes en los que se recogen.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según Savaskan y Van Wassenhove (2006), la recuperación de PFU del cliente puede ser realizada por la empresa manufacturera o por medio de los distribuidores minoristas. Cuando los productos son recogidos por la empresa manufacturera, la inversión en el proceso de recolección depende de los costos ahorrados por la planta en los procesos de recuperación, especialmente en la remanufactura. Los minoristas prefieren la recolección directa, pues les evita invertir en la recolección y se benefician por el cambio vertical externo, que representa una disminución en los precios de compra. Cuando los productos son recogidos por el minorista, es la empresa manufacturera quien se ahorra los costos de inversión en el proceso de recolección. El efecto de segundo grado es la interacción estratégica entre los minoristas en competencia, pues se muestra que en este caso surgen incentivos adicionales para que los minoristas reduzcan sus márgenes de ganancia en el producto, con la expectativa de compensar la reducción de precio de venta con los pagos de recompra que hace la manufacturera por los PFU. Debido a que el mercado minorista es competitivo, la interacción estratégica entre los minoristas hace bajar los precios minoristas aún más. Así, el fabricante se beneficia pues el volumen total de ventas se incrementa. Esta estructura de canal es preferida por el fabricante, sobre todo cuando los productos de los minoristas no son sustitutos directos, como resultado de que los minoristas son bastante independientes en sus decisiones de precios y la doble marginación es pronunciada.

#### ○ **Revisión**

Para tomar una decisión adecuada sobre qué hacer con el artículo. Se tienen en cuenta factores de clasificación y consolidación (Cure Vellojín et al., 2011).

#### **Clasificación:**

Los PFU que entran a un proceso de logística inversa son “impredecibles” en cuanto a calidad. Es por esto que se deben inspeccionar minuciosamente y de forma individual cada producto, con el fin de determinar qué hacer con éstos (Cure Vellojín et al., 2011).

#### **Consolidación:**

Según la naturaleza de los PFU y el destino final de su flujo inverso, se determina un período apropiado para consolidar cierto número de productos (Rubio Lacoba, 2003). Éstos se conservan en inventario, por lo cual significan un gasto para la compañía y se requiere un adecuamiento de los almacenes. Para determinar el período de espera y la cantidad de PFU a consolidar antes de comenzar, por ejemplo, con una remanufactura, es importante tener en cuenta tanto los costos por el tiempo en inventario de los PFU como el hecho de que las devoluciones en pequeñas cantidades representan mayores costos al ser integrados al sistema (Cure Vellojín et al., 2011).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Decisión**

Etapa en la cual se decide el destino final de los flujos inversos de PFU. En esta etapa se decide cómo recuperar el valor de éstos (Cure Vellojín et al., 2011).

### **1.3.4 LOGÍSTICA URBANA: LOGÍSTICA INVERSA Y CANAL TAT**

Respecto a la logística inversa y su relación con la logística urbana, Garzón Ramírez y Hernández Losada (2014) afirman que:

Observar a la logística inversa como una actividad de ciudad hace pensar en la relación directa con la logística urbana, si se considera un asunto de ciudad es necesario abordarlo desde un enfoque multidisciplinario. La logística inversa se ha vuelto un campo de estudio relevante por su impacto tanto en el desempeño medioambiental de las empresas como en el desarrollo de la ciudad. Ubicar las actividades logísticas en territorio, y este por contexto y como determinante de las decisiones en el diseño de los sistemas logísticos cambia el paradigma tradicional de optimización de costos y se enfoca a una visión económica en torno a la generación de beneficio social. (p.3)

La logística urbana en Medellín se caracteriza por tener un canal de distribución minorista sobresaliente, con prelación de las tiendas de barrio frente a los grandes almacenes de cadena (51% frente a un 49%) en la preferencia de los consumidores para adquirir los productos para su hogar, según lo indicado por un reciente estudio de la firma Brandstrat (Corcho, 2014). Otra característica de la red logística urbana y de las empresas colombianas es el tamaño de sus mercados, que se caracterizan por ser relativamente pequeños, por lo cual una red de recolección de productos es más fácil de estructurar y de manejar (Monroy y Ahumada 2006).

### **1.3.5 CANAL TRADICIONAL**

- **Definición Canal tradicional o TAT**

El canal TAT comúnmente llamado tradicional, es un canal de distribución minorista en el que no se han incorporado tecnologías avanzadas en la realización de operaciones de intercambio (Miquel Romero, Lhermie, Parra Guerrero, & Miquel Peris, 2008)

- **Utilización del canal tradicional en Colombia**

En una publicación del portafolio (2010) se estima que en Colombia hay un promedio de 450.000 tiendas de barrio que venden al detal con el fin de abastecer el consumo masivo de los hogares, además Londoño (2004, citado en Bossa Gracia 2012) sugiere que el

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

canal tradicional ocupa más del 62% del comercio minorista, posicionándose como el de mayor acogida frente a las grandes superficies.

- **Componentes del canal de distribución: detallistas**

Son “intermediarios que compran a fabricantes o mayoristas y venden al consumidor final”(“DECISIONES SOBRE DISTRIBUCIÓN COMERCIAL Dirección Comercial,n.d.)

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO

Para realizar el diagnóstico logístico del canal TAT del barrio el Dorado de Envigado, enfocado en determinar las características de un posible flujo logístico inverso, la primera actividad que fue realizada fue seleccionar las tiendas que objeto de estudio. Después, se diseñó el instrumento que permitiría recolectar la información necesaria para realizar el diagnóstico logístico, para lo cual se decidió realizar una encuesta. Ya con la encuesta diseñada, se prosiguió a realizar el trabajo de campo para recolectar la información deseada. Esta información fue analizada posteriormente y se realizó el diagnóstico logístico planteado.

#### 2.1.1 SELECCIÓN DE LAS TIENDAS OBJETO DE ESTUDIO

Para determinar el número de tiendas a encuestar durante el estudio, se decidió utilizar el método de muestreo probabilístico, pues asegura la representatividad de la muestra (Torres, Paz, & Salazar, 2006) y, por lo tanto, asegura la representatividad de la información recolectada en las tiendas del barrio el Dorado, mientras que se optimizan los recursos de los investigadores.

La fórmula utilizada para el cálculo del número de tiendas a encuestar, es decir, del tamaño de muestra propuesta, fue tomada de la publicación de Torres, Paz y Salazar (2006), y la ecuación es:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

En donde,

N = tamaño de la población, es decir, el número total de tiendas en el barrio El Dorado.

Z = estadístico para cierto nivel de confianza. Se decide utilizar un 95% de confianza, con un  $Z = 1,96$

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada. Como este no se posee esta información, se asume  $p = 0,5$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



$q$  = probabilidad de fracaso, en donde  $q = 1 - p = 1 - 0,5 = 0,5$

$d$  = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción). Se decide utilizar un

$d = 0,1$  , que es el máximo error usualmente utilizado por grupos de investigación por cuestiones de recursos.

Idealmente, la información sobre el tamaño de la población, es decir, sobre el número total de tiendas, se buscaría en una fuente de datos confiable, como en las bases de datos proporcionadas por la Cámara de Comercio, la Alcaldía de Envigado, el DANE o la Superintendencia de Industria y Comercio. En un principio se buscó el número de tiendas existentes en el barrio El Dorado en estas fuentes, sin llegar a ningún resultado. La falta de información y de bases de datos que incluyan números acertados sobre la cantidad de tiendas que hay en el barrio se debe, según Fenaltiendas (Camargo, 2016), a que las tiendas de barrio conforman un sector con altos índices de informalidad, lo que lleva a que haya pocos establecimientos registrados. Es por esto que se decide calcular el número total de tiendas utilizando otros datos que permitan llegar a una cifra confiable.

Para el cálculo del tamaño de la población ( $N$ ), es decir, el número total de tiendas en el barrio El Dorado, se tienen en cuenta los siguientes datos:

- La población total del barrio El Dorado: 12.492 personas
- Este dato fue tomado del Primer Censo de Población y Vivienda del Municipio de Envigado (2002, citado en Sistema Local de Planeación, 2008), el cual es el único censo que se ha realizado hasta la fecha que arroja información estadística barrial y veredal del municipio de Envigado.
- El número promedio de personas por hogar en el municipio de Envigado: 3,6 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2005)
- El porcentaje de hogares con actividad económica en el municipio de Envigado: 3% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2005)
- El porcentaje de establecimientos con actividad económica comercial en el municipio de Envigado: 41,5% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2005)

Además, se realizan las siguientes asunciones:

- Todos los hogares con actividad económica comercial son tiendas de barrio
- Un hogar con actividad económica es un establecimiento con actividad económica

Teniendo en cuenta los datos y las asunciones anteriores, se calcula el número total de tiendas en el barrio El Dorado, utilizando la siguiente fórmula:

$$N = 12492 \text{ personas} \times \frac{1 \text{ hogar}}{3,6 \text{ personas}} \times \frac{3 \text{ hogares con actividad económica}}{100 \text{ hogares}} \times \frac{41,5 \text{ establecimientos con actividad económica comercial}}{100 \text{ establecimientos con actividad económica}}$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

*N = 43,2015 hogares con actividad económica comercial ≈ 43 tiendas de barrio*

Se reemplazaron los valores en la fórmula del cálculo del tamaño de muestra y se obtuvo el tamaño de muestra:

$$n = \frac{43 \times 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,1^2 \times (43 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5} = 29,92 \approx 30$$

Se procedió entonces a realizar el diseño de las encuestas realizadas en una muestra de 30 tiendas del barrio El Dorado, del municipio de Envigado.

### **2.1.1 DISEÑO DE LAS ENCUESTAS**

El instrumento escogido para la recolección de la información fue la encuesta, la cual se definió teniendo en cuenta que la obtención de datos debía tener concordancia con los objetivos planteados, por lo que cada una de las preguntas establecidas tienen como propósito dar respuesta a los cuestionamientos requeridos para el desarrollo del presente proyecto.

Es importante aclarar que la importancia de escoger la encuesta como método de recolección de información, estriba en el hecho de que se requiere obtener la información desde la fuente primaria, puesto que el objetivo principal planteado desde el inicio del proyecto corresponde a determinar la viabilidad de implementar un plan de recolección inversa en un barrio del municipio de Envigado, por lo que tener certeza en la calidad de los datos, hacer uso apropiado de las unidades de medida y de cada una de las variables establecidas bien sean nominales, continuas o discretas, además de asegurar que la muestra escogida es representativa según la población objeto de estudio, es fundamental. (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

En este orden de ideas, se realizó una encuesta que se desarrolló teniendo claridad de cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, además de que se redactó de forma clara según el público objetivo, y se estableció pensando en el posterior análisis requerido. La encuesta se puede observar en el anexo 1.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### **2.1.2 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

El modo de administración de la encuesta fue personal, en tanto que permite mayor control sobre cómo se administra, el uso de ayudas visuales y el uso de un marco muestral más completo (Champ, 2003); además de ello, se realizó un muestreo probabilístico conocido como muestreo por rutas aleatorias, definido por Torres, Paz & Salazar (2006) como aquel en el que “establecida el área de muestreo se asigna una ruta desde un punto de partida determinado y los elementos de la muestra se van seleccionando a medida que se avanza en el trabajo de campo, buscando asegurar una cobertura geográfica de la muestra.”

De esta manera se realizó la encuesta a las 30 tiendas, recolectando así la información requerida para el posterior análisis de datos y diagnóstico logístico.

### **2.1.3 SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA**

Se realiza una síntesis de la información recolectada, de modo que sea posible utilizarla durante los análisis de la presente investigación. Para esto, se decide tabular toda la información obtenida, y realizar algunos análisis estadísticos para las respuestas a ciertas preguntas, según lo considerado por el grupo de investigación. La síntesis de la información se realiza mediante los siguientes pasos:

1. Se tabula la información obtenida en una hoja de cálculo de Excel, relacionando cada pregunta con la respuesta dada a ésta en cada tienda. La tabla obtenida se encuentra en el Anexo 2.
2. Se decide qué preguntas que no serán analizadas estadísticamente en este punto del proyecto:
  - La pregunta sobre la cantidad promedio de PET recolectada en una semana no será analizada por ahora, pues el análisis de esta pregunta se realiza más adelante en el proyecto, a un nivel de detalle mucho mayor que el realizado a continuación.
  - La pregunta sobre quién recoge el PET, en caso de que sea recogido no será analizado por este método, pues las respuestas a esta pregunta son utilizadas de forma meramente cualitativa durante la realización del diagnóstico logístico.
  - La pregunta abierta en la cual el tendero da sugerencias para el plan de recolección no es analizada estadísticamente, debido a su alta variabilidad. A estas sugerencias se les presta la debida atención más adelante, durante la determinación de las estrategias para realizar la recolección en las tiendas y durante las conclusiones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. Se definen las variables a analizar durante la síntesis de la información recolectada: cada pregunta realizada durante la encuesta corresponde a una variable asignada.
  - $X_1$ : interés en participar del plan de recolección propuesto. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_2$ : disposición a separar los desechos. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_3$ : deseo de utilizar un basurero especializado para los desechos plásticos. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_4$ : deseo de recibir una prensa para compactar los desechos plásticos. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_5$ : frecuencia deseada de recolección. Variable cuantitativa en veces/semana.
  - $X_6$ : consideración de que es adecuado un pago de 400 COP por cada kg PET. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_7$ : recolección previa del plástico. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_8$ : recepción de retribución económica por el PET recolectado. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
  - $X_9$ : deseo de recibir capacitación sobre la separación de desechos. Variable cualitativa con respuesta “Sí”/“No”.
4. Se asignan valores numéricos para facilitar el análisis de las variables cualitativas “Sí”/“No”:
  - 1, para los éxitos (respuestas de “Sí”)
  - 0, para los fracasos (respuestas de “No”)
5. Se realizan análisis de estadística descriptiva para las variables, las cuales se encuentran en el Anexo 3.
6. Se busca una distribución de probabilidad que se ajuste a cada variable. Los gráficos representativos para cada variable se encuentran en el Anexo 4:
  - En el caso de las variables cualitativas “Sí”/“No”, se elige realizar el ajuste de cada variable a una distribución binomial. Esto se debe a que estas variables miden si hay un “éxito” o un “fracaso”, y a que cada respuesta dada por el tendero frente a cada pregunta, se considera como un experimento independiente. Se busca entonces estimar cuál podría ser el parámetro “p” de cada variable, que es la proporción de éxitos o de respuestas de “Sí”, generalizada para toda la población de tiendas del barrio El Dorado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- En el caso de la variable cuantitativa  $X_3$ , se hace un análisis que ajuste una distribución de probabilidad continua a los datos obtenidos, y se elige la opción que tenga una mayor bondad de ajuste según la prueba chi cuadrado.
- Las estimaciones de los parámetros se realizan por medio de un software estadístico especializado, que permite además comprobar la bondad del ajuste del modelo teórico con los datos muestrales.

#### **2.1.4 ESTRATEGIAS PARA HACER LA RECOLECCIÓN EN LAS TIENDAS**

Para el desarrollo de esta actividad, se determina cuáles pueden ser las estrategias para la recolección del PET en las tiendas, utilizando la información de todas las preguntas de la encuesta orientadas a conocer las preferencias de los tenderos que muestran disposición a participar del plan propuesto en cuanto a la posterior recolección de los empaques plásticos de PET.

Las preguntas aptas para el desarrollo de esta actividad son de 2 tipos: cualitativas y cuantitativas.

De acuerdo al nivel de medición, se ajustan los datos obtenidos a una distribución de probabilidad, con el objetivo de conocer el comportamiento de los mismos de manera detallada.

Para todas las preguntas que dan respuesta a un nivel de medición cualitativo en el orden nominal, la distribución encontrada es la binomial y el criterio de aceptación automática es la probabilidad del 70% de éxito, esto es, la respuesta tipo “Si” con una probabilidad mayor o igual al 70%, frente a la respuesta fracaso, “No”, teniendo en cuenta que la probabilidad es condicional en dependencia al número total de personas que muestran disposición a participar en el plan de recolección, a manera de filtro, puesto que quienes no muestran disposición no están sujetos ningún análisis en esta parte del desarrollo, dado que cualquier estrategia de recolección no aplica para esta parte de la muestra.

Para la pregunta que da respuesta a un nivel de medición cuantitativo en el orden continuo, la distribución ajustada es la gumbel máxima, aunque el criterio de aceptación de esta variable, a diferencia de lo establecido para las variables de tipo cualitativa, no está sujeto a la probabilidad encontrada sino al criterio del evaluador final.

En este orden de ideas, las estrategias para hacer la recolección en las tiendas son:

##### **1. Realizar una separación previa de los diferentes tipos de desechos plásticos por parte de los tenderos.**

Con una probabilidad del 96% de éxito entre los tenderos interesados en participar del plan de recolección, se establece automáticamente como estrategia de recolección una separación previa por parte de los tenderos de los diferentes tipos de plástico, además de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

que el impacto de esta estrategia en el resultado final del proyecto es positivo, puesto que el ahorro posterior en el rubro de costo por hora de dicha separación por parte de un tercero es del 100%.

**2. Dar una retribución económica correspondiente a 300 COP por cada kilogramo de PET al tendero.**

El 100% de los tenderos encuestados que mostraron interés en participar en el plan de recolección encuentran apropiada dicha retribución, por lo que dicho pago se establece como un estándar en la implementación de esta estrategia.

Es necesario aclarar que el precio ofrecido se determinó gracias a la información proporcionada por el dueño de la chatarrería del sector, que viene a ser el intermediario en la cadena reciclador – intermediario – empresa recicladora.

**3. Recoger los desechos una vez a la semana:**

Esta estrategia se implementa teniendo en cuenta factores como el volumen de PET recogido y el costo devengado de la recolección. Se determina una frecuencia de recolección correspondiente a una vez por semana teniendo en cuenta la relación costo-beneficio, puesto que el volumen de PET recogido al cabo de una semana sopesa el costo de recolección en esta misma unidad de tiempo.

**4. Entregar el pago en el momento de la recolección:**

La respuesta en esta estrategia fue unánime, es decir el 100% de los tenderos interesados en participar en el plan de recolección prefieren el pago al momento de la recolección, frente a las otras opciones propuestas, tales como realizar un el pago semanalmente, diariamente o quincenalmente.

○ **Estrategias excluidas**

**1. Poner un basurero especial para desechos plásticos:**

Aproximadamente el 35% de los tenderos encuestados toman una postura negativa frente a esta iniciativa, en tanto que consideran que el uso de un basurero solo promueve un mal uso por parte de los terceros que lo utilizan, su criterio es objetivo teniendo en cuenta que la cultura en torno al reciclaje está en progreso, pero aún presenta deficiencias.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## **2. Poner una prensa para compactar el volumen del PET recolectado en las tiendas:**

El 56% de los tenderos encuestados muestra disposición frente a esta estrategia de recolección, sin embargo, teniendo en cuenta que la inversión inicial sería alta y la frecuencia de recolección se encuentra en un rango tolerable para que no se acumulen cantidades inmanejables de PET, se decide rechazar esta estrategia.

## **3. Recibir capacitación:**

Aunque el porcentaje de tenderos a favor de esta estrategia solo alcanza el 48%, se decide rechazar esta estrategia en dependencia a lo expresado de forma general por cada encuestado, esto es, la mayoría de tenderos son propietarios del negocio y en consecuencia disponer de tiempo para recibir capacitación por fuera de el mismo no es una opción, aunque se aclara que se establece como sugerencia por parte de los tenderos promover la capacitación de forma directa.

### **2.1.5 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO PARA LA INFORMACIÓN OBTENIDA**

Se desarrolla un diagnóstico logístico para el método de recolección ya implementado entre las tiendas y los recicladores avalados por el Municipio de Envigado, utilizando como derrotero los principales puntos clave descritos en el método propuesto por Anaya Tejero en el libro “El diagnóstico logístico: Una metodología para promover mejoras competitivas”

#### **○ Política de servicio**

- *Disponibilidad de productos para entrega inmediata:* Las tiendas cuentan con disponibilidad inmediata de entrega a los recicladores de ENVIASEO del municipio de Envigado.
- *Plazo de entrega prometido al cliente:* El ciclo de respuesta del tendero al reciclador es normalmente cada 3 días, esto es, los días miércoles y viernes.
- *Fiabilidad en el cumplimiento de la fecha de entrega:* Sujeta a la disponibilidad de los envases recolectados durante el ciclo de entrega, lo que implica una alta variabilidad en el cumplimiento de la entrega.
- *Calidad de la entrega:* Se clasifica como mediana, el tendero entrega al reciclador el PET pre-separado, pero no siempre con los estándares de calidad necesarios.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Análisis de la cadena logística**

El acuerdo de recolección entre las partes, esto es, tendero y reciclador es de carácter informal, puesto que lo único que está debidamente establecido con anterioridad es el lugar de la entrega, es decir, el propio establecimiento minorista. Después de que el PET es recolectado, es separado y transportado a una chatarrería, donde se realiza la consolidación. Finalmente, la chatarrería realiza la venta y distribución del PET recolectado y separado a las empresas recicladoras, quienes lo procesan.

- **Análisis de capacidad**

El análisis de capacidad es realizado de modo intuitivo por el reciclador, dada la cantidad que normalmente se recoge en cada tienda. Se estima una capacidad máxima por tendero, pero no hay valores constantes de capacidad debido a la informalidad del proceso y a la aleatoriedad inherente a los flujos logísticos inversos.

La capacidad del almacén, el volumen de carga a entregar y la capacidad de carga se reducen a la capacidad de carga de los recicladores y al espacio físico de las chatarrerías.

- **Análisis de los inventarios**

- Naturaleza del inventario: inventario de desecho tras actividad comercial.
- Políticas de inventario establecidas: el inventario es determinado según las políticas de cada tendero. Generalmente, la política es almacenar los envases PET en la trastienda.
- Rotación de inventarios: se almacenan los envases por un máximo de tres días, de modo que coincida con el ciclo de recolección de ENVIASEO.
- Riesgo de obsolescencia: ninguno.
- Costos del inventario: costos del espacio de almacenamiento.

- **Sistemas operativos de gestión empleados**

No se utiliza ningún tipo de herramienta informática o tecnológica para gestionar ningún punto de la cadena de suministros.

- **Estructura y organización de los almacenes**

- Sistemas de manipulación y almacenaje empleados: todos los procesos de almacenaje se realizan manualmente, haciendo una preselección del PET y el cartón recogidos de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



entre los demás productos de desecho. Siempre se tiene cuidado de que el almacenamiento se encuentre en una zona aislada y lejos de los productos comercializados.

- Sistemas de identificación, estandarización, codificación y señalización de productos: no se utiliza ningún tipo de automatización, codificación o identificación de inventarios de los envases desechados.
- Infraestructura física y capacidad del almacén: depende totalmente del tamaño de la trastienda y es variable de tienda a tienda.
- Organización física del almacén: no hay un estándar definido, pero generalmente se almacenan los desechos separados para la recolección en diferentes tipos de recipientes (bolsas y canecas), lejos de los demás desechos o productos comercializados.

#### ○ **Sistemas de distribución física**

La entrega es directa del tendero al reciclador, el cual tiene una ruta definida de acuerdo a su propio criterio, pero tiende a ser constante. El método de transporte del material recogido es por medio de carretillas manuales, usualmente.

#### ○ **Costos logísticos**

- Costos de almacenaje y de posesión de inventarios: costo oculto del espacio físico que ocupa el material recogido en la trastienda.
- Costos de manipulación: costo en tiempo que devenga la separación realizada por el tendero.

#### ○ **Observaciones generales**

Se realiza una separación de todos los materiales propensos a ser reciclados, no exclusivamente del PET.

El tendero no recibe ninguna retribución económica por la separación o por el material reciclado.

## 2.2 PROPUESTA DE PLAN DE RECOLECCIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS

Para elaborar la propuesta de recolección de PET en el canal minorista TAT del barrio El Dorado, primero se definió la variable que determina la cantidad de PET que puede ser recolectada. Se continúa después con el diseño del sistema de recolección, definiendo primero sus aspectos generales y detallando después los métodos a emplear y los tiempos que éstos conllevan.

### 2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PET A RECOLECTAR

El primer paso realizado para proponer un plan de recolección de PET en el canal TAT escogido es determinar cuál puede ser la cantidad de PET recolectada, pues esta es la variable con mayor impacto en el sistema y la que permite dimensionar la capacidad que éste debe tener. Para esto, se busca conocer la cantidad de PET que puede ser recolectada en la muestra de 30 tiendas, teniendo en cuenta los datos recolectados anteriormente, para después llevar este análisis a la población total de tiendas del barrio El Dorado, correspondiente a 43 tiendas.

Se puede observar que los estadísticos de los datos reales de la cantidad de kg PET que pueden ser recogidos en una tienda por semana son:

- Mínimo = 1,00
- Máximo = 12,00
- Media = 4,91
- Mediana = 4,00
- Desviación estándar = 3,25
- Índice de asimetría = 0,91
- Curtosis = -0.0064

Se definen las siguientes variables para el estudio de la cantidad de PET proyectado a recolectar:

- X: cantidad de PET en kg que puede ser recogida en una tienda en una semana.
- Y: cantidad de PET en kg que puede ser recogida en la muestra de 30 tiendas en una semana.
- Z: cantidad de PET en kg que puede ser recogida en la población de 43 tiendas en una semana.

#### ○ **Ajuste de la distribución de la cantidad de PET recogido en una tienda**

Primero, se encuentra una distribución de probabilidad para la variable X, que es la cantidad de PET en kg que puede ser recogida en una tienda en una semana, utilizando el software de análisis de riesgo @RISK, de Palisade Corporation. Para esto, se introducen los datos obtenidos en las encuestas sobre los kilogramos que pueden ser recogidos en las 30 tiendas de la muestra, y se realiza un ajuste de distribución para

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

datos muestrales continuos, acotado de forma que la mínima cantidad de kilogramos que se puedan recoger sean cero.

Inicialmente, el programa arroja el resultado de la distribución lognormal desplazada para el ajuste de los datos obtenidos, con un p-value de 94.60% evaluada bajo la prueba Kolmogorov-Smirnov.

El programa ofrece otras medidas de bondad de ajuste además de la prueba Kolmogorov-Smirnov, como el criterio de información de Akaike, el criterio de información de Schwartz, el criterio de información de Anderson-Darling y el criterio de información de Kuiper's, pero se elige tomar la prueba Kolmogorov-Smirnov como criterio de decisión para la distribución encontrada, tras realizar una comparación de ajuste entre todos los criterios anteriormente mencionados (la comparación se puede ver en el Anexo 5) y encontrar que el valor p más alto correspondiera a dicha prueba en el ajuste de distribución lognormal desplazada (Valor P =94.60%) siendo mucho mayor que el nivel de significación del 5%, además de que la mayor diferencia absoluta observada entre la frecuencia acumulada observada y la frecuencia acumulada (D) teórica es de 0.11 para este ajuste de distribución, indicando así una similitud alta entre los valores observados y los esperados, puesto que entre mayor sea el valor D mayor será la discrepancia entre la distribución empírica y la teórica (Canaria, n.d.).

En resumen, la distribución obtenida de X es:

$$X \sim \text{Lognormal desplazada}(\mu = 6.50, \sigma = 1.02)$$

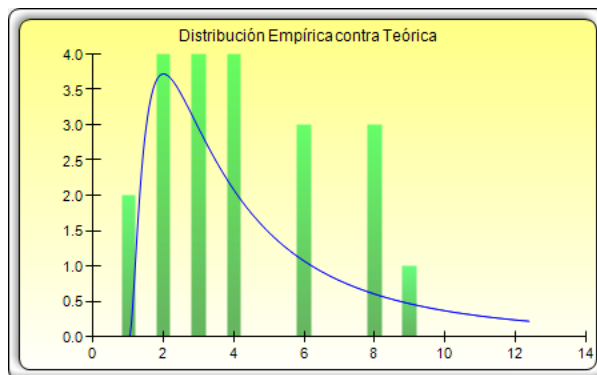
Dónde:

$$\mu = \text{Estimador del valor medio} = 6.50$$

$$\sigma = \text{Estimador de la desviación estándar} = 1.02$$

#### Resumen Estadístico

Supuesto Ajustado	4.91	
Distribución Ajustada	<b>Lognormal Desplazada</b>	
Desplazada	5.78	
Media	6.50	
Desv.Est	1.02	
Estadístico Kolmogorov-Smirnov	0.11	
Prueba Estadística para P-Value	0.9460	
	Real	Teórica
Media	4.91	5.78
Desviación Estándar	3.25	6.50
Asimetría	0.91	6.60
Curtosis	-0.01	130.78



**Ilustración 3: PET que puede ser recogido en una tienda en una semana**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El valor-p es de 0,9460 para la prueba de Kolmogorov-Smirnov, lo que significa que con una probabilidad de error tipo I del 5%, no se rechaza la hipótesis de que ésta sea la distribución real de X.

○ **Ajuste de la distribución de la cantidad de PET recogido en la muestra y en la población por semana:**

Para el análisis de la cantidad de PET que puede ser recogido en total, tanto en la muestra de 30 tiendas como en la población de 43 tiendas, se asume que la cantidad de PET que puede ser recogida en una tienda es independiente de la cantidad de PET que puede ser recogida en cualquier otra tienda. Esto significa que la cantidad recogida en todas las tiendas encuestadas y en todas las tiendas del barrio El Dorado, se toman como la suma de la cantidad recogida en las 30 tiendas (para la muestra de tiendas encuestadas) y en las 43 tiendas (para la población total de tiendas del barrio El Dorado).

Recordando la definición de las variables realizada anteriormente se tiene que:

- X: es la cantidad de PET en kg que puede ser recogida en una tienda en una semana.
- Y: es la cantidad de PET en kg que puede ser recogida en la muestra de 30 tiendas en una semana.
- Z: es la cantidad de PET en kg que puede ser recogida en la población de 43 tiendas en una semana.

Para efectos prácticos, esto significa que las variables Y y Z, son combinaciones lineales independientes de n variables X, todas con la misma distribución de probabilidad:

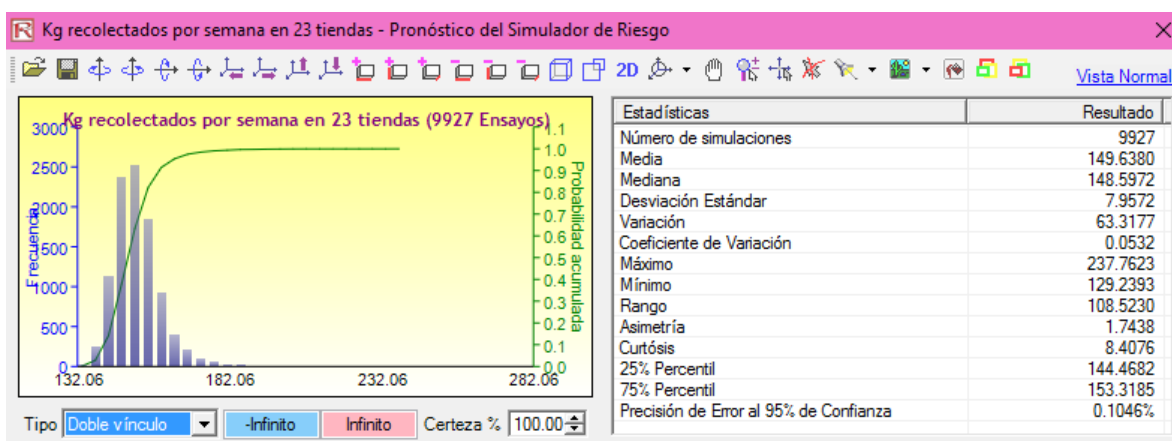
$$Y = X_1 + X_2 + \dots + X_{30}$$

$$Z = X_1 + X_2 + \dots + X_{43}$$

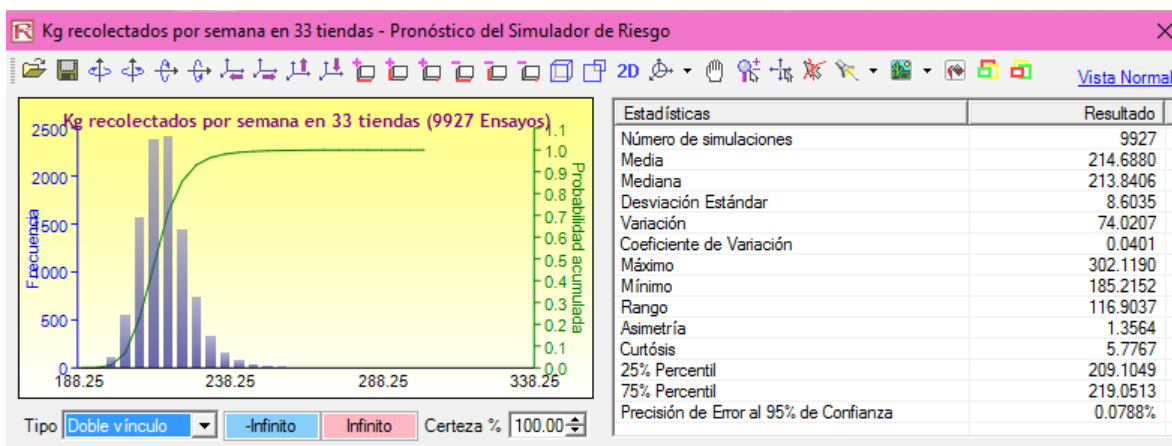
Por practicidad, y por la dificultad matemática de encontrar las distribuciones de probabilidad conjunta para Y y Z, se decide estimar los principales estadísticos de estas variables utilizando el software @RISK, de Palisade Corporation. Se realiza una simulación de 10.000 iteraciones; donde se simulan primero las 30 y las 43 tiendas para Y y Z, respectivamente; se continúa simulando las sumas de las cantidades recogidas en estas tiendas, que son las salidas del modelo; y se obtienen finalmente los principales estadísticos de estas variables.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Teniendo en cuenta que la proporción de personas dispuestas a participar en el plan de recolección es de 76.6% tanto en la muestra calculada, como en la población, lo que indica una participación total de 23 y 33 tiendas tal como se presenta a continuación:



**Ilustración 4: PET que puede ser recogido en una semana – Muestra encuestada**



**Ilustración 5: PET que puede ser recogido en una semana – Todo el barrio**

En resumen, los estadísticos obtenidos fueron:

Nombre estadístico	Y Cantidad en kg/semana recolectada en 23 tiendas	Z Cantidad en kg/semana recolectada en 33 tiendas
Mínimo	129,2393	185.2152
Máximo	237.7623	302.1190
Media	149.6380	214.6880

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Desviación estándar	7.9572	8.6035
Asimetría	1.7438	1.3564
Curtosis	8.4076	5.7767

**Tabla 1: Resumen estadístico – PET recolectado semanal**

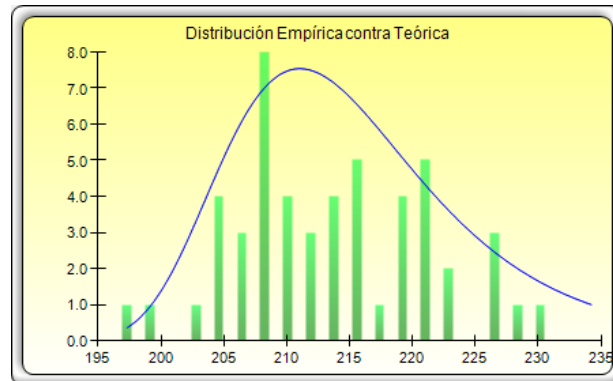
- **Ajuste de la distribución de la cantidad de PET recogido en la muestra y en la población durante 52 semanas (1 año):**

Para determinar la cantidad de kilogramos PET recogidos en la población total del barrio el Dorado teniendo en cuenta una participación de aproximadamente 76.6% , es decir, para un total de 33 tiendas, se realiza una simulación compuesta por 100 bloques de 33 entradas correspondientes al comportamiento semanal por tienda en todas las tiendas de la población y se establecen 100 salidas correspondientes a la suma del comportamiento semanal de las 33 entradas, lo que da como resultado el comportamiento semanal pero para el total de tiendas , paso después se toma el valor de dichas salidas como datos iniciales para realizar un ajuste de distribución y encontrar con un 95% de confianza el total de kg de PET obtenidos semanalmente para posteriormente escalar este resultado a las 52 semanas del año y de dicha manera obtener un valor promedio estocástico de las ventas anuales del proyecto.

Es de esta manera que se encuentra una distribución para el comportamiento semanal como se muestra a continuación:

**Resumen Estadístico**

Supuesto Ajustado	214.90	
Distribución Ajustada	<b>Gumbel Máxima</b>	
Alfa	211.04	
Beta	7.81	
Estadístico Kolmogorov-Smirnov	0.06	
Prueba Estadística para P-Value	0.9789	
	Real	Teórica
Media	214.90	215.54
Desviación Estándar	8.09	10.01
Asimetría	0.27	1.14
Curtosis	-0.41	2.40



**Ilustración 6: Distribución del comportamiento semanal de PET a recolectar**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

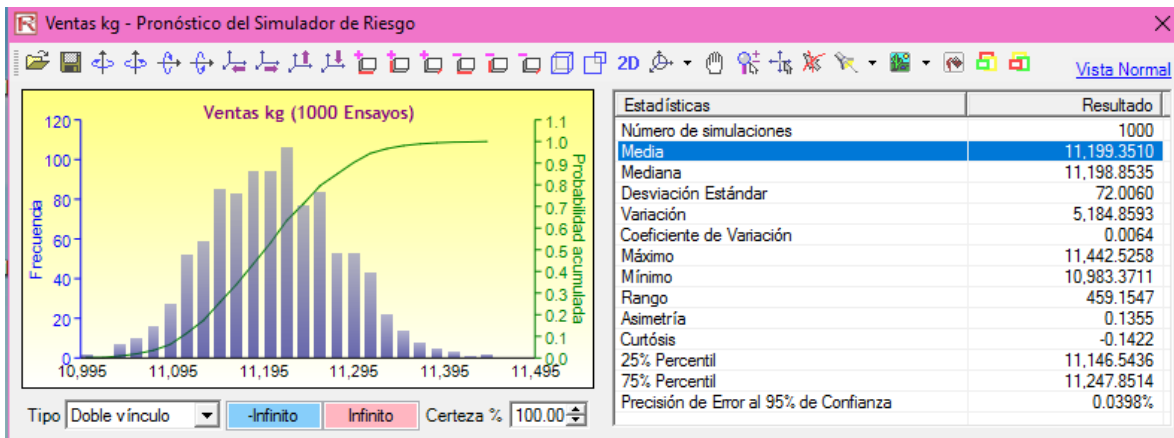
En resumen, la distribución obtenida de X es:

$$X \sim \text{Gumbel Máxima} (\alpha = 211.04, \beta = 7.81)$$

Posteriormente, se definen las 52 entradas para obtener la proyección de las unidades vendidas en el año 1 del proyecto, con la distribución gumbel máxima encontrada.

Y se encuentra por medio de una salida correspondiente a la suma semanal de los kilogramos PET obtenidos en el total de 33 tiendas la proyección anual de ventas requerida

A continuación, se muestra el comportamiento de dicha proyección



**Ilustración 7: PET que puede ser recolectado en un año**

Y cuyos estadísticos son:

Nombre estadístico	Cantidad anual total recolectada en 33 tiendas
Mínimo	10.983, 37 kg
Máximo	11.442,53 kg
Media	11.199, 35 kg
Desviación estándar	72,01
Asimetría	0.1355
Curtosis	-0.1422

**Tabla 2: Resumen estadístico – PET recolectado anual**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## 2.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

La recolección del PET se compone una secuencia de actividades realizadas en cada tienda y del desplazamiento entre las tiendas del barrio El Dorado. Por tanto, el diseño del sistema de recolección consiste en la planeación de cómo se realizarían dichas actividades y cómo sería el recorrido entre las tiendas. Para esto, se analizaron por separado el recorrido y las actividades de recolección, buscando determinar los métodos y tiempos totales de la recolección semanal de PET.

- **Análisis del recorrido entre tiendas**

El análisis del recorrido entre las tiendas, se subdividió en la determinación de la ruta óptima de recorrido para la muestra de tiendas encuestada y que mostraron interés en participar del plan de recolección, y en la extrapolación de los resultados obtenidos en esta ruta óptima para determinar el tiempo de recorrido total entre las tiendas del barrio El Dorado que participarían en el plan de recolección.

### **Determinación de la ruta óptima**

El punto de partida para la selección del método indicado en la obtención de la ruta óptima corresponde al parámetro de distancia, esto es, se define como objetivo encontrar el recorrido más corto con impacto directo en el tiempo de recolección teniendo en cuenta las características de las vías, clasificadas como secundarias, puesto que el recurso de tiempo es proporcional a la distancia recorrida.

En este orden de ideas, se define como método de obtención de la ruta óptima el algoritmo de análisis utilizado en la plataforma ArcGIS que permite recopilar, organizar, administrar, compartir y distribuir información geográfica (Environmental Systems Research Institute Inc. ("Esri"), 2016d).

Es de esta manera que, para el diseño del sistema de recolección, se buscó la ruta más costo-efectiva, de modo que se pudiera establecer más adelante y de una forma clara cuál es el costo mínimo necesario relativo al transporte. Se asumió que la mejor ruta para realizar la recolección de residuos en las diferentes tiendas del estudio, era la que menor costo tuviera, es decir, la de menor tiempo y distancia. Este planteamiento coincide con el planteamiento del problema de la ruta más corta, muy tradicional de la gestión de operaciones, que consiste en encontrar una ruta óptima entre nodos enlazados a través de una red con arcos (por ej.: vías) que poseen un cierto atributo como costo, distancia y tiempo (GEO Tutoriales, 2013).

Para hallar la ruta más corta se pueden utilizar diversos métodos, usualmente analizados y resueltos con la ayuda de representaciones gráficas (Sáez, 2004). Entre éstos, el método Simplex es muy utilizado, sin embargo existen métodos más eficientes como el algoritmo de Dijkstra o el de Bellman-Ford (Sosa Sánchez, n.d.). Entre estos dos algoritmos, el de Dijkstra es el más utilizado pues tiene un menor tiempo de procesamiento respecto al de Bellman-Ford, y puede ser utilizado siempre y cuando no

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



existan costos negativos para ningún arco en el problema a solucionar (Hanumanthappa, Manjaiah, & Thippeswamy, 2010). Debido a que esta condición se cumple en el problema de investigación, pues durante la recolección no es posible recorrer una distancia sin que esto genere un costo, se decidió utilizar el algoritmo de Dijkstra, considerando además la ventaja de que éste también es compatible con el software de análisis de sistemas de información georreferenciada: ArcGIS, al cual tiene acceso el grupo investigador.

Los solucionadores de enrutamiento de la Extensión ArcGIS Network Analyst, en concreto los solucionadores Ruta, Instalación más cercana y Matriz de coste OD, se basan en el conocido algoritmo de Dijkstra para buscar las trayectorias más cortas. [...] El algoritmo de Dijkstra clásico resuelve el problema de la trayectoria más corta de origen único en un gráfico ponderado. Para buscar la trayectoria más corta desde una ubicación de origen *s* a una ubicación de destino *d*, el algoritmo de Dijkstra mantiene un conjunto de confluencias, *S*, cuya trayectoria más corta final desde *s* ya se ha calculado. El algoritmo encuentra repetidamente la confluencia del conjunto de confluencias que tiene la estimación de la trayectoria más corta mínima, la agrega al conjunto de confluencias *S* y actualiza las estimaciones de trayectoria más corta de todos los vecinos de esta confluencia que no están en *S*. El algoritmo continúa hasta que la confluencia de destino se agrega a *S*. (Environmental Systems Research Institute Inc. (“Esri”), 2016b)

#### *Solucionador de enrutamiento:*

El solucionador de enrutamiento de la Extensión ArcGIS Network Analyst, escogido para el diseño de la ruta corresponde al “Análisis de ruta”, basado como ya se mencionó anteriormente, en el algoritmo de Dijkstra, cuyo principio de funcionamiento consiste en encontrar la trayectoria más corta entre un punto de origen y otro de destino.

En este orden de ideas, el análisis de ruta, busca encontrar la mejor ruta en dependencia a la impedancia inicial escogida, que para el propósito del proyecto en desarrollo, corresponde a la distancia más corta entre tiendas (Environmental Systems Research Institute Inc. (“Esri”), 2016c).

#### *Procedimiento en ArcGIS:*

Como punto de partida, se da un contexto de lo que es una capa en ArcGIS puesto que para el diseño de la ruta se requirió inicialmente de dos capas, una de puntos y otra de vías; dicho esto, una capa es un mecanismo que se utiliza para visualizar conjuntos de datos (data sets) geográficos en ArcMap, ArcGlobe y ArcScene, siendo que cada capa hace referencia a un data set distinto y especifica como el mismo se representa con símbolos y etiquetas de texto (Environmental Systems Research Institute Inc. (“Esri”), 2016a)

Ahora bien, la primera capa que se realizó corresponde a una capa de puntos basada en las direcciones de las tiendas encuestadas cuya respuesta fue “Si” a la pregunta de si estaría dispuesto a participar de un plan de recolección, siguiendo los siguientes pasos:

- En Google Maps se selecciona la opción tus lugares de las opciones desplegadas en el menú, luego se selecciona la opción mapas, crear mapa.

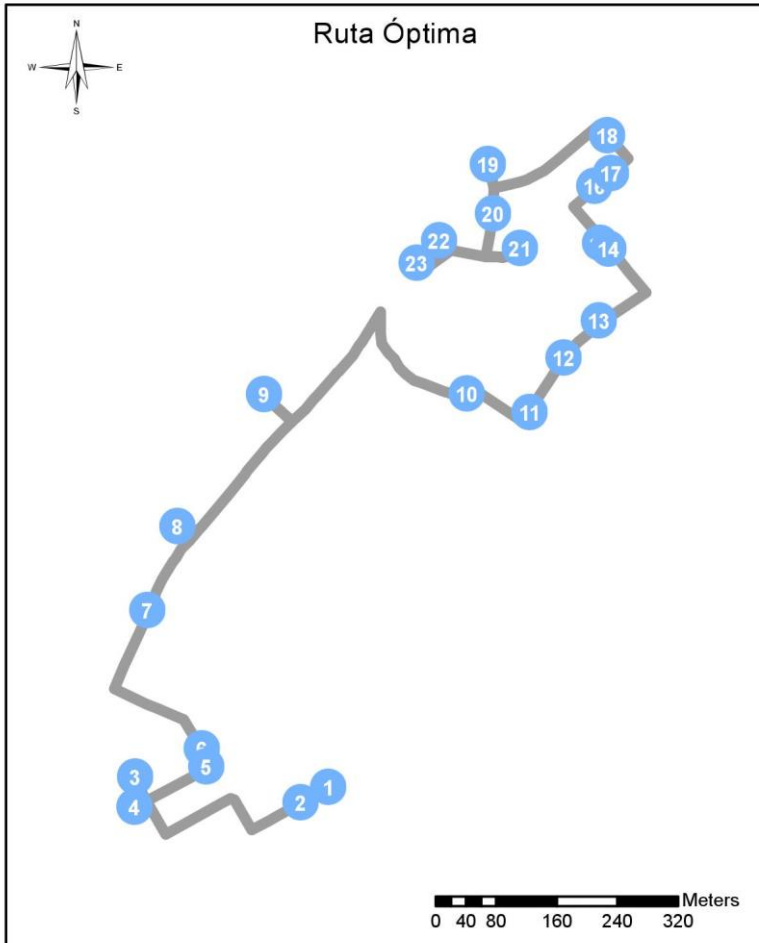
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Luego de ello se definen los puntos que conforman el mapa, ingresando las direcciones de las distintas tiendas y resaltándolas mediante iconos
- Finalmente se verifica y se exporta.

Paso seguido, se procede a realizar una búsqueda de la capa de vías del municipio de envigado constituida como fuente secundaria de información ; por último y habiendo obtenido dicha capa, se ensambla el mapa en ArcGIS agregando las dos capas anteriormente mencionadas, las cuales se visualizan en un orden particular que aparece en la tabla de contenido del mapa, teniendo en cuenta que cuando se agrega una capa a un mapa, se especifica el data set y se establecen las propiedades de etiquetado y símbolos para el mismo (Environmental Systems Research Institute Inc. ("Esri"), 2016a).

Finalmente se crea la ruta mediante el solucionador de enrutamiento de la Extensión ArcGIS Network Analyst, escogido para el diseño de la ruta, donde se almacenan todas las entradas, parámetros y resultados del análisis y en el cual deben tenerse en cuenta paradas, impedancia, barreras y tipo de salida, con lo que se obtiene el mapa de la ruta óptima determinada por la distancia más corta.

El mapa obtenido, se muestra a continuación. La tabla de atributos del mapa puede verse en el Anexo 6, e incluye el nombre de cada tienda, su secuencia en la recolección, el lado de la calle en la que se realiza la parada del camión y la distancia acumulada entre tiendas.



Sistema de Coordenadas: MAGNA medellín Antioquia 2010  
 Datum: MAGNA  
 Falso este: 835.378,6470  
 Falso norte: 1.180.816,8750  
 Unidades: Metro  
 Longitud total 2833.123192

**Ilustración 8: Mapa de la ruta óptima - ArcGIS**

**Determinación del tiempo de recorrido**

Para determinar el tiempo de recorrido para las todas las tiendas del barrio El Dorado que deseen participar del plan de recolección, sería ideal hacer un mapa que incluya todas estas tiendas; sin embargo, no es posible obtener las direcciones de todas las tiendas del barrio, por los mismos motivos que no es posible determinar el número total de tiendas que hay en el barrio a ciencia cierta (referencia a la parte del trabajo sobre selección de las tiendas objeto de estudio).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

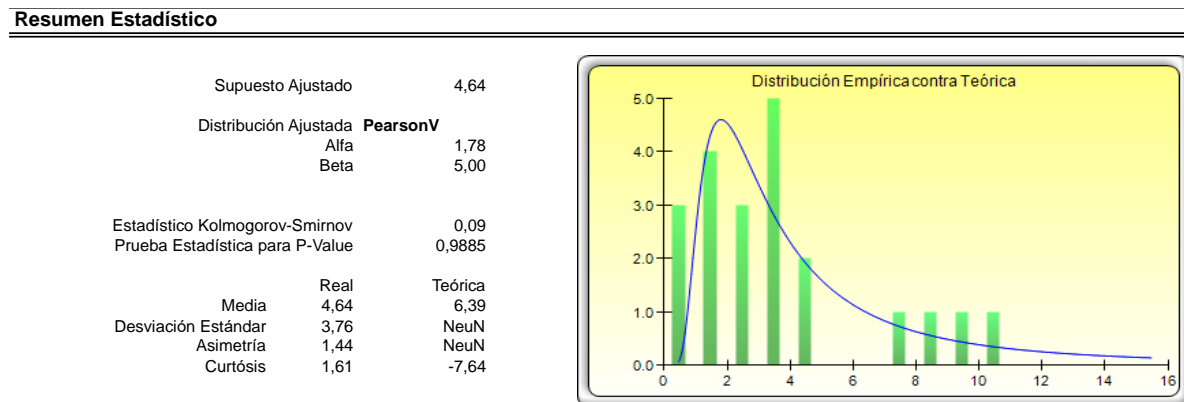
Es debido a esto que se decidió extrapolar los resultados obtenidos en la determinación de la ruta óptima de la muestra, a información sobre el tiempo de recorrido necesario para todas las tiendas del barrio El Dorado. Para esto, se siguieron los siguientes pasos:

Primero se calculó el tiempo que se toma en ir de una tienda a otra en la ruta óptima de la muestra, utilizando la distancia entre tienda y tienda, y asumiendo que la velocidad máxima a la cual puede ir el camión sea de 10 kilómetros por hora (debido al tráfico en la ruta y a las condiciones en los caminos). Este cálculo se realizó en Excel en la tabla de atributos del mapa, que se encuentra en el Anexo 7 de este trabajo. La fórmula empleada para esto, es:

$$\text{Tiempo empleado por trayecto} = \frac{\text{Distancia consecutiva de tienda a tienda}}{\text{Velocidad máxima del camión}}$$

Después, se determinó la distribución de probabilidad que siguen los tiempos empleados por trayecto, utilizando el software @RISK. Según el estadístico Kolmogorov-Smirnov, el comportamiento de esta variable sigue una distribución PearsonV, con un p-value de 0,9885, lo que indica que no se rechaza la hipótesis de que esta sea la distribución verdadera.

*Distribución para el Tiempo empleado por trayecto:*



**Ilustración 9: Distribución para el tiempo empleado por trayecto**

Como la proporción media de tiendas que participarían en el programa de recolección es del 76,76%, según el análisis de las encuestas realizadas, se calculó que para una población total de 43 tiendas, 33 sería el número de tiendas que participarían en el programa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

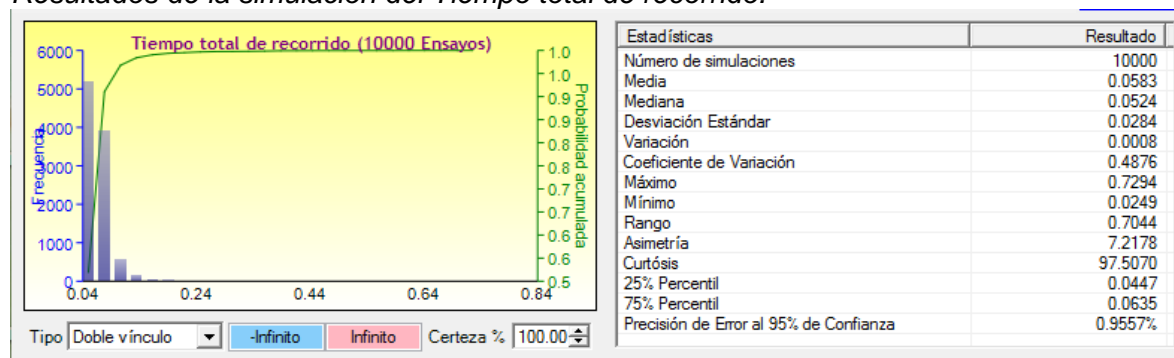
$N^{\circ}$  tiendas participantes =  $N^{\circ}$  total de tiendas  $\times$  Proporción de participación

$N^{\circ}$  tiendas participantes =  $43 \times 76,76\% = 33$

Después, se simuló la suma del tiempo total recorrido entre las 33 tiendas, sumando los 33 trayectos que se realizarían. Cada uno de estos trayectos se simuló utilizando una entrada aleatoria independiente, con las características de la distribución ajustada para la variable “tiempo empleado por trayecto”.

$$\text{Tiempo total de recorrido} = \sum_{i=1}^{33} \text{Tiempo empleado por trayecto}_i$$

Resultados de la simulación del Tiempo total de recorrido:



## Ilustración 10: Resultados de la simulación del tiempo total de recorrido

### ○ Análisis de las actividades de recolección

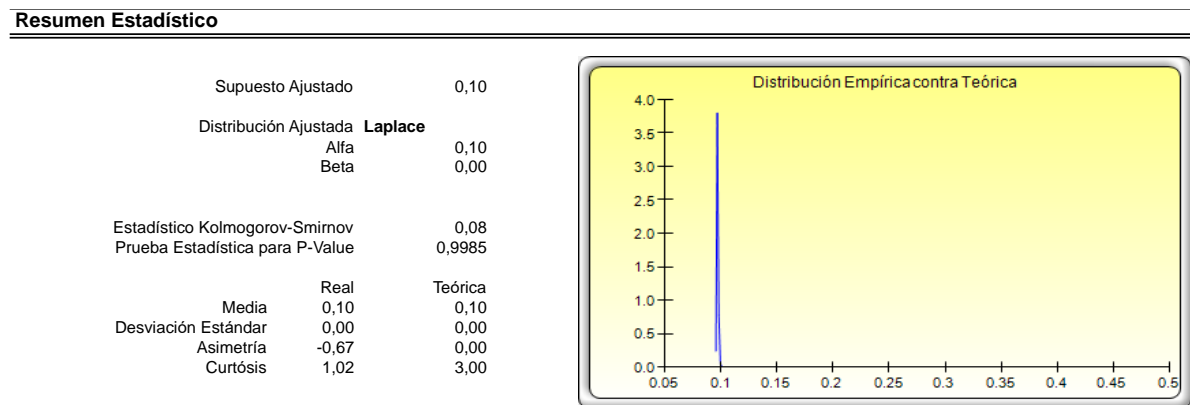
Para analizar las actividades que se realizan durante la recolección, se hizo un estudio de los movimientos que serían realizados durante en cada una de las tiendas, para después simular el tiempo total que se emplearía en el total de tiendas del barrio El Dorado que participarían en el plan de recolección.

Inicialmente, se hizo una lista de los movimientos que serían necesarios para solicitar, recuperar y pagar el PET en una tienda, y después se hizo un estudio del tiempo que tardaría cada uno de estos movimientos. Este estudio se hizo con la ayuda de tres voluntarios: el primero simuló ser la persona encargada de la recolección, el segundo simuló ser el tendero, y el tercero tomó y anotó los tiempos de cada movimiento realizado. Se tomaron 20 mediciones, que pueden verse la tabla del Anexo 8.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Acto siguiente, se hizo un ajuste de distribución para el tiempo que toma realizar las actividades de recolección en una tienda, utilizando el software @RISK. Según el estadístico Kolmogorov-Smirnov, el comportamiento de esta variable sigue una distribución de Laplace, con un p-value de 0,9985, lo que indica que no se rechaza la hipótesis de que esta sea la distribución verdadera.

*Distribución para el Tiempo de las actividades de recolección en una tienda:*



### **Ilustración 11: Distribución para el tiempo de las actividades de recolección en una tienda**

Puede observarse que el tiempo de compactación no se incluyó en la lista de movimientos, pues por ser una actividad que podría tener un alto consumo de tiempo, se planteó utilizar una máquina compactadora automática, de modo que sólo fuera necesario cargar el PET y que la compactación se realizara automáticamente mientras que el operario ejecuta las demás actividades. Para que esto sea viable, el tiempo necesario para compactar el PET de cada tienda debe ser menor que el tiempo de las demás actividades realizadas en la tienda.

El tiempo de compactación se determinó utilizando la velocidad de compactación de una máquina compactadora y la cantidad máxima de PET que podría recogerse en una tienda. La velocidad de compactación seleccionada fue de 150kg PET / hora (Mechatronic Support, 2016) y se utilizó la cantidad máxima de PET que arrojaron los datos de las encuestas, es decir, 12 kilogramos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$\text{Tiempo de compactación} = \frac{\text{kg PET máx. por tienda}}{\text{Velocidad compactación}} = \frac{12 \text{ kg}}{\frac{150 \text{ kg}}{60 \text{ min}}} = 4,8 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo actividades de recolección en una tienda} = 0,1 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 6 \text{ min}$$

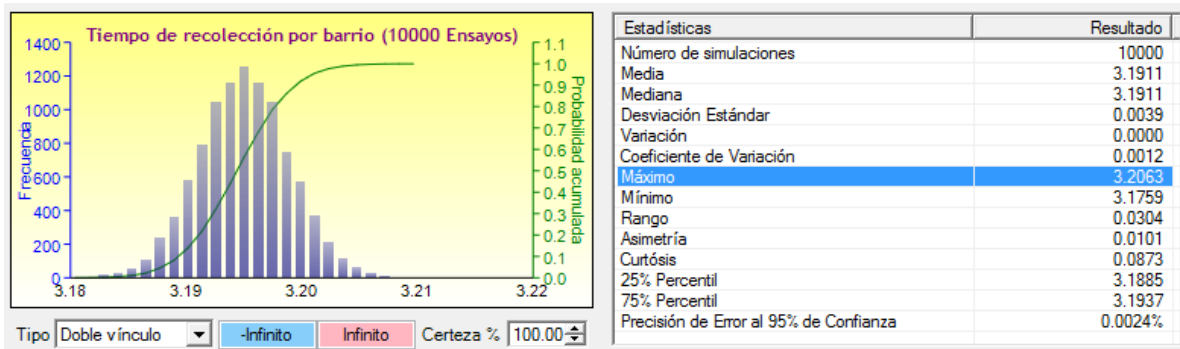
∴ *Tiempo de compactación < Tiempo actividades de recolección en una tienda*

Como el tiempo de compactación resultó ser menor que el tiempo que se toma realizar las actividades de recolección en una tienda, se determinó que era viable que esta actividad fuera realizada por la compactadora mientras que el operario realizaba las demás actividades, por lo que no fue necesario adicionar el tiempo de compactación al tiempo total de recolección en cada tienda.

Después de obtener esta distribución, se simuló la suma del tiempo total que se emplearía realizando las actividades de recolección en el total de tiendas que participarían del programa de recolección, que anteriormente se determinó que serían. Cada uno de estos tiempos se simuló utilizando una entrada aleatoria independiente, con las características de la distribución ajustada para la variable “tiempo de las actividades de recolección en una tienda”.

$$\text{Tiempo total actividades de recolección} = \sum_{i=1}^{33} \text{Tiempo actividades de recolección por tienda}_i$$

*Resultados de la simulación del Tiempo total de las actividades de recolección:*



**Ilustración 12: Resultados de la simulación del tiempo total de las actividades de recolección**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

○ **Análisis de la recolección total semanal**

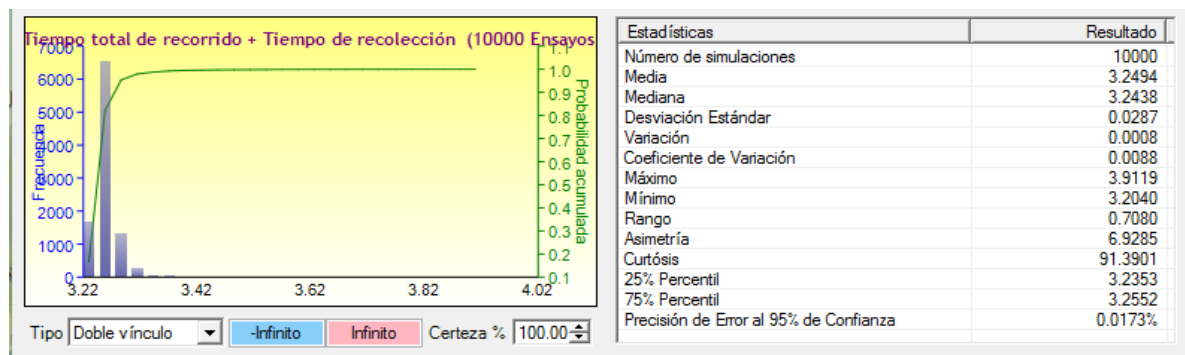
Después de analizar por separado cuáles serían los métodos y tiempos del recorrido entre las tiendas y de las actividades a realizar en ellas, se calculó el tiempo total necesario para realizar la recolección semanal en todo el barrio El Dorado.

*Tiempo total de recolección semanal*

$$= \textit{T tiempo total de recorrido} + \textit{T tiempo total de actividades de recolección}$$

Para esto, se realizó una simulación de esta suma en @RISK, tomando como entradas aleatorias el tiempo total de recorrido y el tiempo total de las actividades de recolección. Se obtuvo que el tiempo total de la recolección semanal fue en promedio de 3,25 horas. El resumen estadístico de esta variable se puede ver a continuación:

*Resultados de la simulación del Tiempo total de recolección semanal:*



**Ilustración 13: Resultados de la simulación del tiempo total de recolección semanal**



### 2.2.3 ASPECTOS GENERALES DEL PLAN DE RECOLECCIÓN

Para el desarrollo de esta actividad, se tienen en cuenta las variables de mayor influencia en la elaboración de una ruta, haciendo un análisis y evaluación de cada una de las mismas de manera independiente y de acuerdo a su grado de impacto en el resultado final.

Teniendo en cuenta que el método de recolección está definido principalmente por el tipo de demanda exigida y por el grado de tecnificación de los equipos utilizados (Vázquez Mota, Mulás Alonso, Aguilar Valenzuela, & Sancho y Cervera, 2000)

En este orden de ideas, las variables involucradas en el diseño del plan de recolección, incluyen:

- **Frecuencia de recolección:** Esta variable se define previamente en el análisis de las encuestas realizadas, teniendo en cuenta el volumen acumulado de PET y el costo devengado de la recolección, dando como resultado una frecuencia de recolección correspondiente a una vez por semana, ya que de recogerse más veces por semana el PET recogido no equilibraría el costo de recolección en esa misma unidad de tiempo, y de recogerse en intervalos de tiempo mayores a 7 días se iría en contra de la opinión general de los tenderos, quienes no disponen de un espacio de almacenamiento apto para grandes volúmenes de PET.

- **Tamaño de la tripulación.** Esta variable se determina en forma independiente al tipo de vehículo de recolección escogido, puesto que aunque este fuera altamente especializado o no, el criterio de selección depende del estudio de movimientos anteriormente realizado y del costo de mano de obra proyectado, por lo que puede concluirse que una sola persona encargada del manejo del vehículo puede realizar a su vez las demás labores involucradas en la recolección tales como el pago al tendero, el pesaje del PET, la compactación y embalaje del mismo, con lo que se cumple el objetivo de recoger en un solo día el PET recolectado en 33 tiendas dentro del margen del costo mínimo estimado.

- **Distancia entre paradas:** La distancia entre paradas y estaciones se calculó a partir de la tabla de atributos obtenida del mapa de ruta óptima diseñado previamente, que puede verse en el Anexo 7.

Tomando una distancia promedio y multiplicándola por n-1 tiendas puesto que el recorrido de la última tienda es distinto ya que no se dirige hacia otra tienda sino hasta la recicladora, para la distancia total.

En este orden de ideas *la distancia promedio* calculada es de 128,7783 metros

Y *la distancia total* entre 32 tiendas es de: 4120.9064 metros

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Topografía del terreno.** Esta variable es importante, en tanto que de acuerdo a condiciones topográficas especiales cambia el tipo de vehículo de recolección.

La topografía del barrio el dorado, situado al suroeste del centro municipal, está caracterizada por tener colinas redondeadas y pendientes que van de rectas a un poco convexas y medias en longitud; además de ello se encuentra entre los 1900 y 1600 metros sobre el nivel del mar y las pendientes predominantes se encuentran entre el 25 y el 75%. (ESAP, 1997)

- **Tráfico en la ruta y condiciones de los caminos:** El barrio El Dorado presenta grave problemática en materia vial, debido en gran parte a la angostura de muchas de sus calles, por lo que se encuentra embotellado. Esto se debe a que, cuando el barrio fue construido, se encontraba aislado del centro del municipio y de los barrios que ahora lo circundan; Esta variable es importante porque en dependencia a las condiciones viales presentadas en el barrio el dorado se escoge el tiempo de recorrido para la recolección de los kg PET recogidos.(ESAP, 1997)

Finalmente las dos variables mostradas a continuación se evaluaron por el método de AHP en dependencia a su nivel de relevancia dentro de la ruta de recolección; en este orden de ideas el método de AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS), es un proceso que ayuda a tomar decisiones descomponiendo el problema en una jerarquía de criterios y alternativas y definiendo claramente cuál es el objetivo que se quiere lograr; determinando la importancia relativas de unas alternativas sobre otras , haciendo comparaciones por parejas en una escala de relevancia que el mismo analista establece ; aclarando que cada comparación se hace en base a un vector de criterios y luego de realizar operaciones matriciales se escoge la alternativa cuyo peso ponderado frente a las otras sea mayor (Hass & Meixner, 2014).

- **Método de recolección:** Esta variable se constituye como la parte medular del sistema, en tanto que en dependencia al nivel de organización del mismo se establece el indicador más representativo del nivel de servicio con que se esté atendiendo a los usuarios de dicho sistema (Vázquez Mota et al., 2000).

Los criterios, alternativas y escala de comparación de importancia para esta variable de acuerdo a lo definido en el AHP se muestran a continuación:

CRITERIOS:

Relación beneficio/costo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Adecuación al nivel de demanda

Relación con el tendero (acogida e interacción directa).

#### ALTERNATIVAS:

Método de parada fija

Método de acera

Método intradomiciliario

Método de contenedores

#### ESCALA DE EVALUACIÓN:

1:Igual

3:Moderada

5:Fuerte

7:Muy fuerte

9:Extrema

Luego de aplicar el proceso de jerarquía analítica se escoge el método intradomiciliario, el cual consiste en recoger el PET recolectado directamente en las tiendas lo que implica un mayor costo respecto al método de parada fija (en el cual hay un punto de acopio común por cada cuadra) y el de acera (en el cual se disponen los recipientes a un costado de la acera), en tanto que requiere mayor tiempo para llevarlo a cabo, pero se constituye como el mejor para el desarrollo del proyecto porque es necesario tener un contacto directo con el tendero para poder pesar el PET recolectado y de acuerdo a ello entregar el pago correspondiente. Las principales matrices empleadas para el método AHP para esta variable pueden observarse en el Anexo 9.

• **Número y tipo de equipo seleccionado:** Para la selección del equipo de recolección se realizó un análisis de capacidad, consistente en determinar el volumen del PET proyectado a recoger, tanto compactado como sin compactar, con el fin de establecer una

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

relación entre dicho volumen y el inherente a cada equipo de acuerdo a sus características específicas, para finalmente determinar de manera confiable que si cumpliera con el criterio de la capacidad requerida.

El análisis de capacidad realizado se muestra a continuación:

Se requieren como datos iniciales la densidad del PET sin compactar y compactado, además de los kilogramos proyectados a recolectar por semana en 33 tiendas.

*densidad PET sin compactar* =  $110 \text{ kg/m}^3$  dato tomado de (Haddad S.A, 2016)

*densidad PET compactado* =  $1340 \text{ kg/m}^3$  dato tomado de (Bove-ag s.l, 2016)

*Kg mínimos a recolectar* = 185.2152

*Kg promedio a recolectar* = 214.6880

*Kg máximos a recolectar* = 302.1190

Teniendo estos datos se procede a realizar el cálculo del volumen ocupado en  $m^3$  por el PET compactado y sin compactar para cada uno de los 3 escenarios, es decir, asumiendo que se recoge una cantidad mínima, promedio y máxima en las 33 tiendas del barrio el dorado de envigado semanalmente, mediante la fórmula general:

$$\text{Volumen sin compactar} = \frac{\text{Kg PET a recolectar}}{\text{densidad del PET sin compactar}}$$

$$\text{Volumen compactado} = \frac{\text{Kg PET a recolectar}}{\text{Densidad del PET compactado}}$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Obteniendo así, los siguientes resultados.

Método	Capacidad requerida	Volumen (m <sup>3</sup> )
Compactando	Mínimo	0.138220299
	Promedio	0.160214925
	Máximo	0.22546194
Sin compactar	Mínimo	1.683774545
	Promedio	1.951709091
	Máximo	2.746536364

**Tabla 3: Análisis de capacidad del camión**

Realizado esto, se utilizó como primer filtro en el establecimiento de los distintos camiones a evaluar mediante el proceso de AHP, cuyos criterios, alternativas y escala de comparación de importancia se muestran a continuación:

**CRITERIOS:**

Relación beneficio/costo.

Volumen adecuado de carga

Nivel de tecnificación

**ALTERNATIVAS:**

Sistema de recolección por contenedores altamente especializados

Vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera, frontal y lateral

Vehículos compactadores de carga lateral

Vehículos compactadores de carga trasera

Vehículos sin mecanismos de compactación de carga lateral o trasera

Vehículos tipo volteo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## ESCALA DE EVALUACIÓN:

1:Igual

3:Moderada

5:Fuerte

7:Muy fuerte

9:Extrema

Luego de aplicar el proceso de jerarquía analítica se escoge un vehículo sin mecanismo de compactación de carga lateral o trasera, cuya utilización en la actualidad se hace cada vez más frecuente, debido al ahorro en inversión y mantenimiento frente a un equipo especializado; caracterizado por tener una capacidad de transporte en peso volumétrico

de hasta  $350 \text{ kg/m}^3$  y con la ventaja de tener bajos requerimientos económicos de mano de obra especializada para su mantenimiento; con lo que se cumple así con los criterios de bajo costo, nivel adecuado de tecnificación y volumen requerido de carga definidos para la elección del mismo.(Vázquez Mota et al., 2000). Las principales matrices utilizadas para el método AHP para esta variable puede observarse en el Anexo 10.

### 2.3 MODELO: FLUJO DE CAJA LIBRE

Para evaluar la conveniencia de invertir en el plan de recolección propuesto, se decidió utilizar un modelo de flujo de caja, proyectado a cinco años, con entradas tanto estocásticas como determinísticas. Este flujo de caja se evaluó tanto para el proyecto, como para los posibles inversionistas de éste. A continuación, se explica detalladamente por qué se eligió este modelo.

Los estados financieros proyectados (como lo son el balance general, el estado de pérdidas y ganancias y el flujo de caja) son herramientas fundamentales para la toma de decisiones, especialmente útiles para la evaluación de alternativas de inversión (Vélez Pareja & Dávila L. de G., n.d.). Entre estos estados financieros, el flujo de caja “es quizás el estado financiero más importante (...) [y] es mucho más útil que un balance general o estado de pérdidas y ganancias, en términos de planeación.” (Vélez Pareja & Dávila L. de G., n.d.). Esta mayor importancia se da porque los estados financieros tradicionales son en realidad “fotografías” del flujo de caja, tomadas en un momento específico (usualmente el final del año contable), lo que significa que si el flujo de caja se encuentra bien, los demás estados financieros también se encuentran bien (Vélez Pareja & Dávila L. de G., n.d.). Es por esto que se decidió utilizar como modelo de evaluación económica de la propuesta un flujo de caja, tomando como plantilla un modelo de flujo de caja libre proporcionado por Javier Vicente Jaramillo Betancur (correo electrónico, 11 de octubre de 2016), docente de la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Este flujo de caja se proyectó a cinco años, pues se considera que la evaluación del proyecto de recolección debe ser a mediano plazo. Se descartó hacer la proyección a corto plazo, pues se cree necesario utilizar un plazo de tiempo lo suficientemente grande como para poder recuperar la inversión inicial realizada y para observar el valor que podría generar la propuesta; y también se descartó hacer la proyección a largo plazo, pues el plazo de tiempo tampoco debe ser demasiado grande como para que cambien las condiciones en las que se realizó la prospección de las variables del modelo (ej.: un gran crecimiento o decrecimiento en la demanda de PET para reciclar o una reforma tributaria que aplique al material reciclado).

Por último, se decidió utilizar una combinación de variables estocásticas y determinísticas, pues la principal dificultad a la hora de implementar prácticas de logística inversa es la naturaleza estocástica y la alta variabilidad de los flujos inversos, lo que en este caso hace imposible determinar con exactitud cuál sería la cantidad recolectada de PET. Se hace conveniente entonces analizar la viabilidad económica de una forma probabilística, que muestre cómo la variabilidad de los kilogramos de PET recolectados afecta en el VPN (valor presente neto) y la TIR (tasa interna de retorno), que son las salidas del modelo del flujo de caja. Las demás variables del modelo se trabajaron como variables determinísticas por practicidad y porque su variabilidad no es tan determinante en el modelo como la de la cantidad de PET recolectado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### 2.3.1 COSTOS Y GASTOS

Los *costos y gastos* se refieren a los valores necesarios para calcular el flujo de caja libre del año 1. Estas variables también son la base para calcular el flujo de caja de los demás años, multiplicando estos valores por las variables de crecimiento pertinentes.

Costos y Gastos	
Ventas de kilogramos PET año 1*	\$11.204
Precio venta año 1	\$1.300
Costos Variables Unitarios	\$300
Gastos Variables Unitarios	0,00%
Costos fijos totales	\$4.560.000
Gastos fijos totales	\$4.634.038
Depreciación línea recta	\$1.203.574
Impuesto	33,00%

**Tabla 4: Costos y gastos - FCL**

\* Las ventas de kilogramos PET año 1 cambian para cada simulación, por estar ligada a una entrada estocástica. En esta tabla se muestran las ventas de kilogramos PET año 1 para el valor promedio de la simulación realizada.

- **Ventas de kilogramos PET año 1**

Las *ventas de kilogramos PET en el año 1* son la variable que describe la cantidad total de PET que se le vendería a una recicladora en el primer año del estudio. Teniendo en cuenta que la demanda de PET para reciclaje es muy alta, se asumió que todo el PET que pueda ser recuperado puede ser vendido. Esta variable es la entrada estocástica del modelo de flujo de caja libre, y corresponde a la variable de la *cantidad anual recolectada*, que fue anteriormente estudiada.

- **Precio de venta año 1**

El precio de venta estimado para el año 1 se toma de los datos proporcionados por Lina María Villa Henao de la recicladora Socya (Correo electrónico, 20 de octubre de 2016), correspondiente a \$1300 COP por kg de PET prensado, es por ello que aunque la capacidad del vehículo recolector es apta para un volumen de PET sin compactar según

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



el análisis de capacidad planteado previamente para la determinación del mismo; se decide incluir una compactadora dentro del presupuesto del flujo de caja, en tanto que el precio ofrecido por la recicladora es mayor cuando se prensa.

- **Costos variables unitarios**

Esta variable hace referencia al monto que se le pagaría a los tenderos por cada kilogramo PET que recojan, para el primer año del plan de recolección. Este costo propuesto es de \$300 / kg PET, que es la cifra que paga actualmente la chatarrería del barrio El Dorado (J. Ramírez, entrevista personal, 12 de marzo de 2016). Se le preguntó los tenderos si consideraban que este valor era adecuado y las encuestas mostraron que sí había un acuerdo sobre la validez de este monto.

- **Gastos variables unitarios**

Se entiende por gasto variable aquel desembolso causado por la administración de la empresa y cuyo valor varía ante los diferentes niveles de venta, en este orden de ideas no se genera ningún gasto variable durante el desarrollo del proyecto, en tanto que los egresos se encuentran diferidos únicamente en gastos fijos, costos fijos y costos variables.

- **Costos fijos totales**

Los *costos fijos totales* se refieren, en este caso, al costo de la recolección del PET, pues los costos deben comprender las actividades que le generan valor agregado al producto (el PET), y el valor agregado percibido por la recicladora reside en que el PET entregado esté compactado y que conforme un buen volumen, lo cual se logra, precisamente, durante el proceso de recolección.

Se decidió que este proceso de recolección fuera tercerizado, debido a que los altos costos de adquirir el camión seleccionado son mucho menores que el costo de subcontratar este servicio: mientras que el costo de adquirir un camión como el seleccionado puede ser de mínimo \$21.000.000 (Mercado Libre, 2016), a lo cual también se le adicionarían los costos de la mano de obra; el costo de tercerizar puede ser de sólo \$ 23.750 por hora, según personas del sector transporte (A. Cuartas, entrevista telefónica, 29 de septiembre de 2016).

Para poder tercerizar este servicio, sería necesario realizar un contrato por un número de horas fijas (A. Cuartas, entrevista telefónica, 29 de septiembre de 2016), por lo cual los *costos fijos totales* dependen directamente de la cantidad de horas necesarias para

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

realizar la recolección. Este tiempo total de recolección se analizó anteriormente de forma estadística y se decidió tomar su máximo como base para calcular este costo de recolección semanal, de modo que haya holguras de tiempo en caso de que se presente cualquier anomalía.

El cálculo de los costos fijos totales para el primer año se realizó calculando los costos fijos semanales, y después llevando estos costos a una cantidad anual de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo total de recolección} = \text{Máximo tiempo de recolección} = 3,9119 \text{ horas} \approx 4 \text{ horas}$$

$$\text{Tarifa del servicio por hora} = \frac{\$23.750}{\text{hora}}$$

$$\text{Costos fijos totales (semanal)} = \text{Tiempo total de recolección} \times \text{Tarifa servicio por hora}$$

$$\text{Costos fijos totales (semanal)} = 4 \text{ horas} \times \frac{\$23.750}{\text{hora}} = \$95.000$$

$$\text{Costos fijos totales (año 1)} = \frac{\$95.000}{\text{semana}} \times \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = \frac{\$4.560.000}{\text{año}}$$

Ya para el flujo de caja libre, los costos fijos a partir del año 1 se calcularon incrementando el IPC a los costos del año inmediatamente anterior, así:

$$\text{Costos fijos totales}_{\text{año } i} = \text{Costos fijos totales}_{\text{año } i-1} \times (1 + \text{IPC}_{\text{año } i})$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

○ **Gastos fijos totales**

Un gasto fijo total es también un desembolso causado por la administración de la empresa y cuyo valor es independiente al nivel de ventas.

Los gastos fijos requeridos para la operación del proyecto son:

**Gastos publicitarios:**

Para llegar al objetivo de obtener un crecimiento anual en ventas, es necesario promover la cantidad de kilogramos PET recolectados por cada tendero, mediante estrategias como las campañas publicitarias, es por ello que uno de los gastos fijos involucrados en el proyecto corresponde al gasto por promoción o publicitario.

Para llevar a cabo el cálculo de dicho gasto se hizo un análisis de todos los factores constituyentes del mismo, los cuales se muestran a continuación.

Programa			
	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Coordinador de la campaña	1	\$ 330,000	\$ 330,000
Promotores de la campaña	2	\$ 80,000	\$ 160,000
Total	2	\$ 80,000	\$ 490,000

Publicidad			
	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Diseño e impresión	33	\$ 3,000	\$ 99,000
Obsequios promocionales	33	\$ 6,000	\$ 198,000
Total	66	\$ 9,000	\$ 297,000

**Tabla 5: Gastos publicitarios - FCL**

Con lo que se obtiene un **gasto total anual** de \$787.000 COP, en tanto que las campañas publicitarias se realizaran con una frecuencia anual.

La estimación de costos de cada uno de los requerimientos para llevar a cabo la campaña publicitaria se realizó teniendo en cuenta la asesoría por (L. Gómez, Entrevista personal, octubre 15 de 2016).

**Gastos por servicios de profesionales independientes:**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En este rubro se tiene en cuenta la prestación de servicio de un ingeniero administrativo en una frecuencia de 4 veces al mes, para realizar las funciones del pago al conductor del vehículo recolector, la entrega al mismo del dinero estimado correspondiente al pago por tendero de acuerdo al nivel independiente de tienda a tienda de kilogramos PET recolectados, además de la coordinación de la entrega a la recicladora el mismo día de recolección y la generación de los estados financieros del proyecto correspondientes al balance general y al estado de resultados en una unidad de tiempo mensual, así como el resumen financiero de cierre de año con los datos obtenidos mes a mes.

Para el cálculo de dicho gasto, se obtuvo el dato proyectado del valor mensual del salario de un administrativo de finanzas con 5 años de experiencia laboral, correspondiente a

\$2'404.399 COP (Tu salario, n.d.)

A lo que luego se obtuvo la porción de dicho salario a los 4 días en el mes requeridos en el desarrollo del proyecto, dando como resultado:

$$\text{Valor del gasto mensual por prestación de servicios} = \frac{\$2'404.399}{30 \text{ días}} * 4 \text{ días}$$

$$\text{Valor del gasto mensual por prestación de servicios} = \$320.587 \text{ COP}$$

Lo que anualmente genera un gasto total de:

$$\text{Valor del gasto anual por prestación de servicios} = \$3'847.038 \text{ COP}$$

#### ○ Depreciación línea recta

Se eligió utilizar el método de depreciación en línea recta para reflejar el desgaste de la maquinaria a través de los años. Por ley, la maquinaria y los equipos se deprecian con base en una vida útil de diez años (Gerencie, 2013). En consecuencia, el cálculo de la depreciación se hizo de la siguiente forma:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Valor de la maquinaria}}{\text{Vida útil}} = \frac{\$12.035.737}{10 \text{ años}} = \frac{\$1.203.574}{\text{año}}$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Esta depreciación anual se resta del flujo de caja libre para calcular la utilidad operacional y los impuestos; y después se vuelve a agregar para obtener el flujo de caja bruto, pues no representa un desembolso real de efectivo.

○ **Impuesto**

La determinación del impuesto se realizó teniendo en cuenta que “para efectos del impuesto sobre la renta la legislación tributaria distingue tres clases de regímenes de imposición: el régimen general, el régimen especial y el régimen de retención en la fuente como equivalente al impuesto” (Avendaño Luque, 2012)

Siendo que según Avendaño Luque (2012):

- **El régimen general** tributa con una tarifa del 33% basado en un sistema de renta presuntiva, entendiéndose como renta presuntiva, aquel valor de renta que la ley asume que debe producir un determinado patrimonio
- **El régimen especial** que solo aplica a entidades sin ánimo de lucro y que se basa en la determinación de un beneficio neto que generalmente está exento del impuesto sobre la renta y que podría estar gravado a una tarifa del 20%
- **El régimen de retenciones en la fuente** como equivalente al impuesto se aplica normalmente a personas naturales asalariadas, trabajadores independientes y a contribuyentes de menores ingresos.

Por lo que se concluye que, de acuerdo al objeto del proyecto, es decir, una entidad con ánimo de lucro y a las demás características del mismo como el nivel de ingresos, el impuesto que debe asumirse es el correspondiente al régimen general correspondiente al 33%.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### 2.3.2 VARIABLES PARA PROYECTAR CRECIMIENTO

Las *variables para proyectar crecimiento* son aquellas variables utilizadas para que el modelo pueda moverse en el tiempo, es decir, gracias a éstas se puede ver cómo influye el paso del tiempo en todas las demás variables del flujo de caja.

Variables para proyectar crecimiento					
	1	2	3	4	5
Inflación		3,16%	3,10%	3,04%	3,00%
Crecimiento en unidades		10,11%	10,11%	10,11%	10,11%
Proyección unidades*	11.204	12.337	13.584	14.957	16.469
Proyección del precio variable	\$1.300	\$1.700	\$2.100	\$2.500	\$2.900
Proyección del costo variable	\$300	\$400	\$500	\$600	\$700

**Tabla 6: Variables para proyectar crecimiento - FCL**

\* La proyección en unidades cambia para cada simulación, por estar ligada a una entrada estocástica. En esta tabla se muestra la proyección en unidades para el valor promedio de la simulación realizada.

#### ○ **Inflación**

Para determinar el incremento anual de los costos y los gastos, se decidió utilizar el IPC (Índice de Precios al Consumidor) y su proyección para cada año del presente estudio, porque es un índice que mide el ritmo al que cambian los precios de los bienes y servicios de consumo, y pues su variación porcentual entre dos periodos de tiempo representa la inflación observada en dicho lapso (Banco de la República, 2013; Organización Internacional del Trabajo et al., 2004). Los valores utilizados para el modelo corresponden a los pronósticos del IPC para cada año del estudio según el Grupo Bancolombia (2016). Estos datos son:

Año	2017	2018	2019	2020
Inflación (IPC variación anual)	3.16%	3.10%	3.04%	3.00%

**Tabla 7: IPC - FCL**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Crecimiento en unidades**

El *crecimiento en unidades* se refiere al crecimiento porcentual anual de la cantidad de kilogramos de PET recolectados.

Cuando se analiza el inicio de un nuevo negocio, como en el presente caso de estudio, “no es posible utilizar métodos de proyección como el de la regresión lineal o de descomposición y será necesario de todas maneras, hacer proyecciones. (...) Para esto es necesario identificar las variables pertinentes y hacer predicciones sobre sus posibles valores.” (Vélez Pareja & Dávila L. de G., n.d.). Teniendo en cuenta lo anterior, se concluye que a falta de datos históricos con los cuales proyectar la tasa de crecimiento en unidades y dada la necesidad de tener un estimado de esta variable, es necesario identificar las demás variables que pueden afectarla y hacer una predicción de los valores que podría tomar para cada uno de los cinco años en los que se analiza el flujo de caja.

Según Acción Táctica, empresa de consultoría en mercadeo y ventas, el crecimiento en unidades usualmente se calcula con la ayuda de datos históricos, pero también puede definirse con un estudio de mercado, analizando el potencial de crecimiento de la empresa (L. Gómez, 15 de octubre de 2016). Llegar a crecer el 100% del potencial del mercado es inviable, debido a que siempre existirán competidores pujando por el mercado, que en este caso son los recicladores. Una cifra más realista sería un crecimiento de hasta un 80% del crecimiento potencial, que puede darse siempre y cuando se realicen campañas de promoción para este fin, lo que representaría un gasto anual (L. Gómez, 15 de octubre de 2016).

Para el caso práctico del proyecto de recolección de PET, el grupo investigador considera que sería posible alcanzar este crecimiento total del 80% del potencial, mediante la realización de campañas de promoción del programa de recolección para los tenderos, por lo cual se decidió calcular el crecimiento total en unidades para el final de los cinco años de esta forma, incluyendo los gastos de las campañas de promoción en el flujo de caja. En el caso particular de la recolección de PET en el barrio El Dorado, el potencial de crecimiento se refiere, en una primera instancia, al potencial de aumento de la cantidad de PET recolectado en las tiendas. De lo anterior se obtiene:

(1):

$$\text{Crecimiento total en unidades} = 80\% \times \text{Potencial de crecimiento}$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

(2):

*Potencial de crecimiento = Potencial de aumento de cantidad PET*

Para definir el potencial de aumento de cantidad de PET, era necesario utilizar datos de mercado, por lo cual se tomaron los resultados de la encuesta anteriormente realizada, que cumple la función de un estudio de mercado. Para calcular el potencial de aumento de cantidad, se utilizó la diferencia entre la máxima cantidad de PET recolectado que fue reportada por los tenderos (12 kg PET) y la cantidad promedio (4,91 kg PET). Con esto, se obtuvo el siguiente resultado:

(3):

$$\text{Potencial de crecimiento} = P. \text{ de aumento de cantidad PET} = \frac{(12 - 4,91) \text{ kg PET}}{12 \text{ kg PET}} = 59\%$$

(3) en (1) = (4):

$$\text{Crecimiento total en unidades} = 80\% \times 59\% = 47\%$$

Se esperaba alcanzar este crecimiento total del 47% con el paso de los años, por lo cual se decidió repartir esta tasa de crecimiento total entre los cinco años en los cuales se analiza el flujo de caja. De esta forma se obtuvieron cuatro tasas de crecimiento en unidades, una para cada cambio de año, de manera que se alcanzara el crecimiento total al final de los cinco años del estudio. El cálculo de estas tasas, que son las empleadas en el modelo, se hizo de la siguiente manera:

*X<sub>1</sub>: kg PET del primer año*

*X<sub>5</sub>: kg PET esperados en el quinto año*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



(5):

$$X_5 = X_1 \times (1 + \text{Crecimiento total en unidades}) = X_1 \times (1 + 0,47)$$

Si se desea repartir este crecimiento en 5 años, con una tasa de crecimiento anual en unidades constante para cada año, se obtiene:

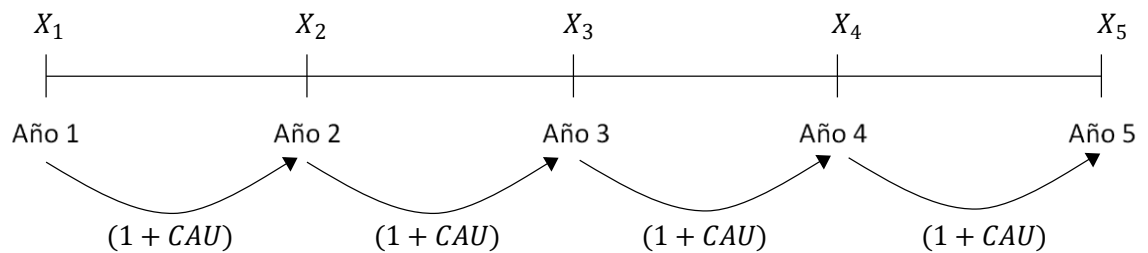
*CAU: crecimiento anual en unidades*

$$X_2 = X_1 \times (1 + CAU)$$

$$X_3 = X_1 \times (1 + CAU)^2$$

$$X_4 = X_1 \times (1 + CAU)^3$$

$$X_5 = X_1 \times (1 + CAU)^5$$



(6):

$$X_5 = X_1 \times (1 + CAU)^5$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Igualando (5) y (6) y despejando CAU:

$$CAU = \sqrt[4]{1 + 0,47} - 1 = 10,11\%$$

Se obtuvo que la tasa de crecimiento en unidades para cada año es del 10,11%, que fue el valor empleado en el modelo del flujo de caja.

#### ○ **Proyección unidades**

La *proyección en unidades* es la cantidad de kilogramos de PET que se espera recolectar y vender para cada año en el que se analiza el flujo de caja. Para el año 1, esta cantidad corresponde a los kilogramos que se calculó anteriormente que podrían recogerse en total para el primer año. Desde el año 2 hasta el año 5, que es el último año del estudio, la proyección de los kilogramos de PET que podrían recolectarse se calcula multiplicando el porcentaje de crecimiento anual en unidades por la cantidad de kilogramos PET del año anterior.

$$Proyección\ unidades_{año\ 1} = kg\ PET\ recolectados_{año\ 1}$$

$$Proyección\ unidades_{año\ i} = Crecimiento\ unidades_{año\ i} \times Proyección\ unidades_{año\ i-1}$$

#### ○ **Proyección del precio variable**

La *proyección del precio variable* es el precio al cual se esperaría que se pudiera vender cada kilogramo de PET a una empresa recicladora, para cada uno de los años en los que se realiza el flujo de caja. Para hacer esta proyección, se cuenta con dos datos:

- Precio de compra promedio por kilogramo PET en el año 2015 = \$900
- Dato suministrado por la empresa de reciclaje Socya (L. Villa, entrevista personal, 5 de mayo de 2015).
- 
- Precio de compra promedio por kilogramo PET en el año 2016 = \$1300
- Dato suministrado por la empresa de reciclaje Socya (L. Villa, correo electrónico, 20 de octubre de 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se decidió extrapolar el precio a los siguientes años del estudio, calculando la tendencia lineal de los datos anteriores. Esto se hizo de la siguiente forma:

*PV: precio variable – variable dependiente*

*Año: desde el año 0 (2015) hasta el año 5 (2020) – variable independiente*

$$PV = m \times \text{Año} + b$$

$$m = \frac{PV_{\text{año 1}} - PV_{\text{año 0}}}{\text{Año 1} - \text{Año 0}} = \frac{\$1.300 - \$900}{1 - 0} = \$400$$

$$b = PV_{\text{año 0}} - m \times \text{Año 0} = \$900 - \$400 \times 0 = \$900$$

$$\therefore PV = \$400 \times \text{Año} + \$900$$

Con esto, el resultado utilizado en el flujo de caja fue:

Año	0	1	2	3	4	5
Proyección del precio variable	\$900	\$1.300	\$1.700	\$2.100	\$2.500	\$2.900

○ **Proyección del costo variable**

La *proyección del costo variable* es el monto al cual se le esperaría comprar cada kilogramo de PET a los tenderos, para cada uno de los años en los que se realiza el flujo de caja. Esta es una variable libre del modelo, por lo cual podía ser definida de forma libre. Según las encuestas realizadas, los tenderos están de acuerdo en que el monto pagado a ellos en el año 1 sea de \$300 por kilogramo. Inicialmente se planteó incrementar esta cantidad según el IPC, pero se considera que un incremento tan pequeño no sería percibido por el tendero, por lo cual se decidió en cambio que a partir

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

del año 2 este monto incrementara en \$100 anuales. En consecuencia, los datos utilizados en el modelo fueron:

Año	1	2	3	4	5
Proyección del precio variable	\$300	\$400	\$500	\$600	\$700

**Tabla 8: Proyección del precio variable - FCL**

### 2.3.3 INVERSIONES

Las siguientes variables del flujo de caja detallan la inversión en maquinaria y los indicadores de rotación necesarios para calcular la inversión en capital de trabajo (rotación de cartera, rotación de inventarios y rotación de cuentas por pagar); basándose en un año comercial (años de 360 días).

INVERSIONES	
Maquinaria	\$12.035.737
Cuentas por cobrar (días)	30
Inventarios (días)	7
Cuentas por pagar (días)	7
Año	360

**Tabla 9: Inversiones - FCL**

#### ○ **Maquinaria**

Para llevar a cabo el plan de recolección de PET, son necesarias una báscula digital tipo gancho y una compactadora residencial manual/automática.

La báscula es necesaria para pesar el PET recolectado por cada tendero, de modo que pueda pagársele por los kilogramos entregados. Se eligió una báscula digital, pues es más durable; se eligió que fuera de tipo gancho porque es más fácil de cargar, además de que se hace más rápido el pesaje de modo que no se tomaría mucho tiempo del tendero; y se buscó que la báscula tuviera un rango de medición apropiado para la cantidad de PET que puede ser recogido en cada tienda. Se obtuvo una cotización de una báscula con estas características, con una capacidad de entre 20 gramos y 50 kilogramos, y con un costo de \$435.737 (A. Valencia, correo electrónico, 6 de octubre de 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La compactadora se considera necesaria pues, según la empresa de reciclaje Socya, el PET puede ser recibido sin compactar, pero el precio de compra es menor por estar suelto (L. Villa, correo electrónico, 20 de octubre de 2016). Mediante una asesoría telefónica con la empresa de compactadoras, Mechatronic Support (D. González, entrevista telefónica, 6 de octubre de 2016), se encontró que la compactadora más indicada para la necesidad propia del proyecto es la compactadora residencial manual automática. El precio de esta compactadora es de \$11.600.000.

*Inversión en maquinaria = Costo báscula + Costo compactadora*

*Inversión en maquinaria = \$435.737 + \$.11.600.000 = \$12.035.737*

○ **Cuentas por cobrar**

Se toma que el tiempo transcurrido para el pago por parte de la recicladora son 30 días, es decir, un mes. Se asume este tiempo pues, según los datos facilitados por la empresa de reciclaje Socya (L. Villa, correo electrónico, 20 de octubre de 2016), una empresa recicladora paga a través de transacciones electrónicas, lo que usualmente se da en las empresas al cierre de cada mes.

$$\text{Cuentas por cobrar (días)} = \frac{\text{Días al año}}{\text{Rotación de cartera en el año}} = \frac{360 \text{ días}}{12} = 30 \text{ días}$$

○ **Inventarios**

Como el PET recolectado puede ser llevado a la empresa recicladora el mismo día de la recolección (L. Villa, correo electrónico, 20 de octubre de 2016), no se guardan inventarios. Se planea realizar esta recolección una vez por semana, para un año de 52 semanas. Esto significa que la rotación de inventarios es 52 para un período de un año, lo que conlleva a que transcurran 7 días entre cada conversión de inventarios en cuentas por cobrar.

$$\text{Inventarios (días)} = \frac{\text{Días al año}}{\text{Rotación de inventarios en el año}} = \frac{360 \text{ días}}{52} \approx 7 \text{ días}$$

○ **Cuentas por pagar**

Según lo encontrado en la encuesta, el pago al tendero por el PET recuperado debe realizarse al momento de la recolección, es decir, una vez por semana.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$\text{Cuentas por pagar (días)} = \frac{\text{Días al año}}{\text{Rotación de cuentas por pagar}} = \frac{360 \text{ días}}{52} \approx 7 \text{ días}$$

### 2.3.4 INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO NETO

La *inversión en el capital de trabajo neto* se refiere a los recursos que requiere la empresa para poder operar.

INVERSIÓN EN KTNO	1	2	3	4	5
Inversión en cartera	\$1.213.767	\$1.747.703	\$2.377.194	\$3.116.105	\$3.980.127
Inversión en inventario	\$65.357	\$95.952	\$132.066	\$174.502	\$224.168
Financiación proveedores	\$65.357	\$95.952	\$132.066	\$174.502	\$224.168
Inversión en KTNO	\$1.213.767	\$1.747.703	\$2.377.194	\$3.116.105	\$3.980.127
Inversión incremental KTNO	\$533.936	\$629.492	\$738.911	\$864.021	-\$3.980.127

**Tabla 10: Capital de trabajo neto - FCL**

- **Inversión en cartera**

La *inversión en cartera* representa los recursos de la empresa en manos de la recicladora, pues ésta no paga el PET al momento de la entrega sino una vez al mes. Esta variable se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Inversión en cartera} = \text{Ingresos} \times \text{Rotación de cuentas por cobrar}$$

$$\text{Rotación cuentas por cobrar} = \frac{\text{Cuentas por cobrar (días)}}{\text{Días del año}}$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Inversión en inventario**

Si bien no se guardaría el PET (lo que quiere decir que no se guardan inventarios), la venta del PET a la recicladora se realizaría una vez a la semana, por lo cual debe calcularse este rubro con base en esta rotación. Para esto, se utilizó la siguiente fórmula:

*Inversión en inventario = Costos variables × Rotación de inventarios*

$$\text{Rotación de inventarios} = \frac{\text{Inventarios (días)}}{\text{Días del año}}$$

- **Financiación proveedores**

La *financiación proveedores* se refiere a los recursos de los proveedores (que son los tenderos) que estarían en manos de la empresa. Aunque la empresa pagaría a los tenderos al momento de la recolección y no les retiene recursos, este rubro debe calcularse porque la rotación de cuentas por pagar es semanal. El cálculo se realizó de la siguiente forma:

*Financiación proveedores = Costos variables × Rotación de cuentas por pagar*

$$\text{Rotación de cuentas por pagar} = \frac{\text{Cuentas por pagar (días)}}{\text{Días del año}}$$

Al igual que en el cálculo de la *inversión en inventario*, el cálculo de la *financiación proveedores* se realizó únicamente por rigurosidad contable, lo cual no presenta ningún inconveniente a la hora de calcular el flujo de caja libre, pues la *inversión en inventario* y la *financiación proveedores* se anulan por llevarse a cabo al mismo tiempo.

- **Inversión en capital de trabajo neto e inversión en capital de trabajo neto incremental**

La inversión en capital de trabajo neto es la suma de los activos que directamente intervienen en la generación de recursos, menos los pasivos a corto plazo, es decir, es la suma de inventarios y cartera, menos las cuentas por pagar (Gerencie, 2011).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$\text{Inversión en KTNO} = \text{Inv. cartera} + \text{Inv. inventario} - \text{Financiación proveedores}$$

La inversión en capital de trabajo neto incremental es la diferencia entre la inversión en capital de trabajo neto del próximo año y la del año presente, lo que corresponde a la necesidad operativa de fondos que se tendría para el próximo año. Como el flujo de caja debería ser suficiente para atender las necesidades operacionales de la empresa, sin necesidad de recurrir a un nuevo financiamiento (Gerencie, 2011), se descontó la inversión incremental en KTNO del flujo de caja bruto, antes de obtener el flujo de caja libre.

$$\text{Inversión incremental en KTNO} = \text{Inv. en KTNO}_{\text{año } i+1} - \text{Inv. en KTNO}_{\text{año } i}$$

### 2.3.5 FINANCIACIÓN

Para la financiación de la maquinaria requerida en el proyecto constituida por:

- Una compactadora residencial con un sistema de expulsión de capa por cadena, y una capacidad de producción de 150 kg compactados/ hora cuyo valor comercial es de \$11'600.000 COP (D. González, Entrevista telefónica, 6 de octubre de 2016)
- Y una báscula digital tipo gancho cuyo valor comercial es de \$435.730 COP (A. Valencia, correo electrónico, 6 de octubre de 2016).

Se decide hacer un estudio de crédito de libre inversión con el fin de determinar si el retorno del proyecto cubre las inversiones iniciales requeridas, además de no disponer del 100% del patrimonio.

El crédito se realiza por la entidad bancaria Bancolombia en tanto que ofrece la menor tasa de interés efectiva anual respecto a otras entidades reconocidas.

En este orden de ideas, las tasas de interés ofrecidas por Bancolombia son:

- Tasa de interés -  $i_{ea}$  = 22.42% efectiva anual
- Tasa de interés -  $i_{pm}$  = 1,70% periódica mensual

Bajo esta tasa de interés se realiza un préstamo correspondiente al 40% del valor total comercial de la maquinaria requerida, siendo que:

- Valor total de la maquinaria = \$12'035.737 COP

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



- Valor a financiar = \$4'814.295 COP

Además de ello, y teniendo en cuenta que se quiere evaluar la factibilidad económica de la implementación del proyecto a un término de 5 años, se determina el mismo plazo para el pago de la deuda, es decir, el plazo de financiación corresponde a 5 años, con cuotas mensuales afectadas por una tasa de interés del 1,70% mensual.

A partir de los datos mencionados anteriormente se calcula el valor de la cuota fija que corresponde a:

- Valor de la cuota fija: \$128.624 COP
- Valor de la cuota fija más seguros: \$134.160 COP

En este punto se aclara que Bancolombia cobra un seguro de vida asociado a la deuda por cuota de \$5.536, 44 COP por lo que la cuota que debe pagarse debe incluir dicho valor.

En resumen, las variables que fueron calculadas son:

<b>FINANCIACIÓN</b>	
Préstamo	40.00%
Préstamo en \$	\$4,814,295
Tasa de Interés - $i_{ea}$	22.42%
Tasa de Interés - $i_m$	1.70%
Estudio crédito	0.0%
Cuota manejo	0.0%
Pagos mensuales	12
Plazo (Años)	5

**Tabla 11: Financiación - FCL**

Además de ello, se hizo la tabla de amortización de la deuda desde el periodo 1 hasta el periodo 60, en la cual se muestra el comportamiento mes a mes del saldo de la cuota con y sin seguro de vida, y la discriminación de la cuota en interés y abono a la deuda. Esta tabla de amortización se encuentra en el Anexo 11.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La siguiente tabla muestra la cantidad en pesos abonada a la deuda y a los intereses por año

	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Total</b>
Abono	\$ 616,938	\$ 755,256	\$ 924,584	\$ 1,131,875	\$ 1,385,642	\$ 4,814,295
intereses	\$ 926,548	\$ 788,230	\$ 618,902	\$ 411,610	\$ 157,844	\$ 2,903,134

**Tabla 12: Abono a la deuda anual - FCL**

Finalmente se muestra la estructura financiera obtenida en el proyecto:

<b>ESTRUCTURA FINANCIERA</b>			
<b>FUENTES</b>	<b>%</b>	<b>COSTO</b>	<b>PONDERACIÓN</b>
Recursos Propios - Patrimonio	60%	5.15%	3.09%
Deuda - Pasivos	40%	16.53%	6.61%
<b>WACC</b>			<b>9.7%</b>

**Tabla 13: Estructura financiera - FCL**

Donde el WACC es un indicador de diagnóstico financiero que indica que la maquinaria debe generar una rentabilidad mínima del 9.7% para que el proyecto sea viable.

### **2.3.6 SIMULACIÓN DEL FLUJO DE CAJA LIBRE**

Con todas las variables de entrada del flujo de caja libre bien definidas, se procedió a correr una simulación de 1000 iteraciones en el software @RISK, con las siguientes salidas:

- El valor presente neto del proyecto
- La tasa interna de retorno del proyecto
- El valor presente neto para el inversionista
- La tasa interna de retorno para el inversionista

La estructura del flujo de caja libre del proyecto y del flujo de caja libre del inversionista, se muestran a continuación:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

<b>FLUJO DE CAJA LIBRE DEL PROYECTO</b>						
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Ingresos		\$14.565.200	\$20.972.431	\$28.526.331	\$37.393.266	\$47.761.521
Costos Variables		\$3.361.200	\$4.934.690	\$6.791.984	\$8.974.384	\$11.528.643
Gastos variables		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costos fijos		\$4.560.000	\$4.704.096	\$4.849.923	\$4.997.361	\$5.147.281
Gastos fijos		\$4.634.038	\$4.780.474	\$4.928.669	\$5.078.500	\$5.230.855
<b>EBITDA</b>		<b>\$2.009.962</b>	<b>\$6.553.172</b>	<b>\$11.955.756</b>	<b>\$18.343.021</b>	<b>\$25.854.741</b>
Depreciaciones		\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574
<b>Utilidad operacional</b>		<b>\$806.388</b>	<b>\$5.349.598</b>	<b>\$10.752.182</b>	<b>\$17.139.447</b>	<b>\$24.651.168</b>
Impuestos		\$266.108	\$1.765.367	\$3.548.220	\$5.656.018	\$8.134.885
<b>UODI</b>		<b>\$540.280</b>	<b>\$3.584.231</b>	<b>\$7.203.962</b>	<b>\$11.483.430</b>	<b>\$16.516.282</b>
Depreciaciones		\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574
<b>Flujo de caja bruto</b>		<b>\$1.743.854</b>	<b>\$4.787.804</b>	<b>\$8.407.536</b>	<b>\$12.687.003</b>	<b>\$17.719.856</b>
Inversión en KTNO		\$533.936	\$629.492	\$738.911	\$864.021	-\$3.980.127
Inversión en A. F		\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574	\$1.203.574
<b>FLUJO DE CAJA LIBRE</b>	<b>-\$13.249.504</b>	<b>\$6.344</b>	<b>\$2.954.739</b>	<b>\$6.465.051</b>	<b>\$10.619.409</b>	<b>\$20.496.409</b>
					<b>VPN</b>	<b>\$1.441.467,02</b>
					<b>TIR</b>	<b>13,16%</b>

Tabla 14: FCL del proyecto

<b>FLUJO DE CAJA LIBRE DEL INVERSIONISTA</b>						
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
FCL DE LA INVERSIÓN		6.344	2.954.739	6.465.051	10.619.409	20.496.409
ABONO		679.154	831.421	1.017.825	1.246.022	1.525.380
INTERESES		1.019.987	867.721	681.316	453.120	173.762
BENEFICIO TRIBUTARIO		336.596	286.348	224.834	149.530	57.341
<b>FCL DEL INVERSIONISTA</b>	<b>(7.949.702)</b>	<b>(1.356.202)</b>	<b>1.541.945</b>	<b>4.990.744</b>	<b>9.069.797</b>	<b>18.854.609</b>
					<b>VPN</b>	<b>\$3.867.147</b>
					<b>TIR</b>	<b>16,90%</b>

Tabla 15: FCL del inversionista

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Notas:

\*Se muestran resultados para el valor promedio de la entrada estocástica, "ventas de PET en kilogramos para el año 1"

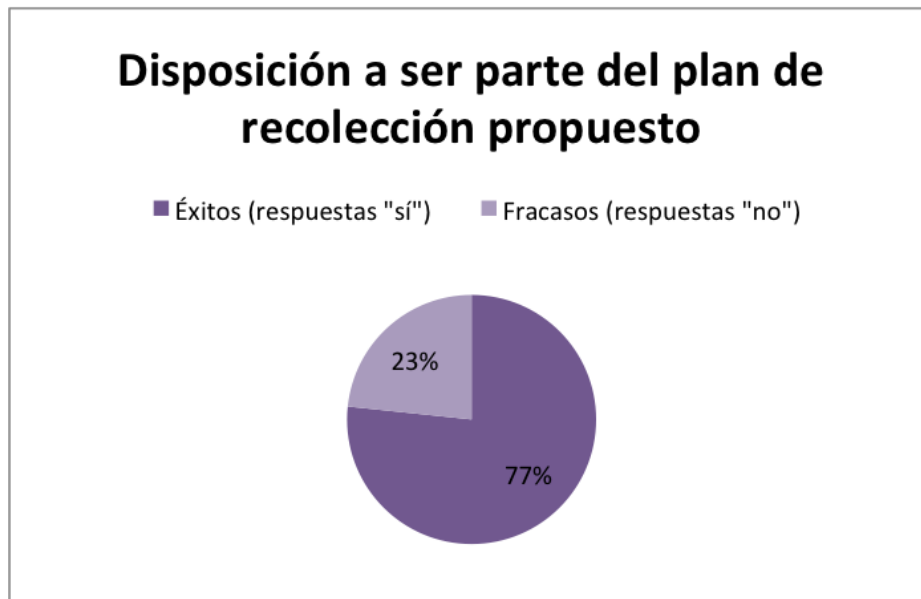
\*Estas salidas se evaluaron para el inicio del año 5, por lo cual el cálculo del flujo de caja de este año se toma sólo como una referencia para calcular los demás flujos de caja.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### 3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

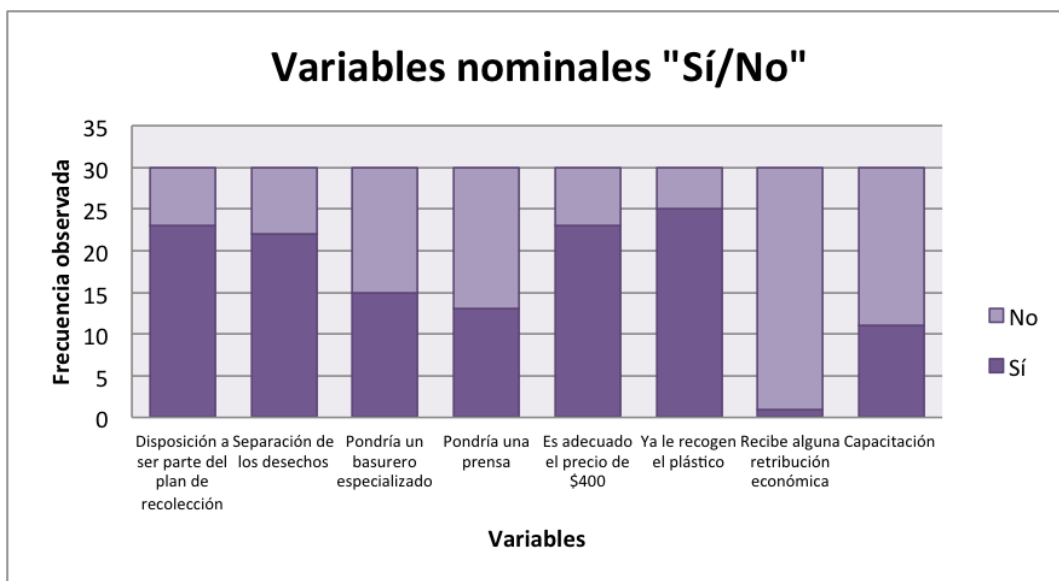
#### 3.1 DIAGNÓSTICO LOGÍSTICO

Tras realizar la encuesta, se tabuló la información obtenida, como se puede ver en el Anexo 2. Esta información puede resumirse en los siguientes gráficos:



**Ilustración 14:** Resumen de la disposición a hacer parte del plan de recolección propuesto

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Ilustración 15: Resumen de variables nominales “Sí/No” encuesta**

Se asignaron variables a los aspectos más relevantes de la encuesta, para las cuales se hicieron análisis de estadística descriptiva y se ajustaron distribuciones de probabilidad, para ver el comportamiento de estas variables. Los análisis de estadística descriptiva se pueden ver en el Anexo 3, y los ajustes de distribución de las variables se pueden ver en el Anexo 4.

Los resultados obtenidos de las variables analizadas en la encuesta, que representan las preferencias de los tenderos para diferentes aspectos del programa de recolección propuesto, clarificaron cuáles son las estrategias de recolección de PET que podrían funcionar. En resumen, las estrategias seleccionadas para realizar la recolección tras el análisis de las encuestas, fueron:

- Los tenderos serían quienes realizan la separación previa de los diferentes tipos de desechos plástico, que es una actividad que ya realizan
- Se debe dar una retribución económica correspondiente a 300 COP por cada kilogramo de PET al tendero, que es el valor que actualmente paga la chatarrería del barrio a los recicladores
- El PET debe recogerse una vez a la semana, pues si se aumentara la frecuencia los tenderos consideran que no habría suficiente PET que entregar
- Debe entregarse el pago en el momento de la recolección

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

También hubo estrategias propuestas inicialmente que mostraron no ser efectivas, por lo cual fueron excluidas como posibles estrategias:

- Poner un basurero especial para desechos plásticos
- Poner una prensa para compactar el volumen del PET recolectado en las tiendas
- Recibir capacitación

Después de determinar las preferencias del tendero, se hizo un diagnóstico logístico de la situación actual de la recolección de PET en el barrio. Se pudo encontrar que ya existe un antecedente de recolección de PET en las tiendas, que funciona con un modelo tendero-reciclador-intermediario-recicladora. El tendero no recibe ninguna retribución económica, pero de igual manera participa en la recolección, pues ya ha recibido capacitación en la separación de residuos por parte de la empresa ENVIASEO.

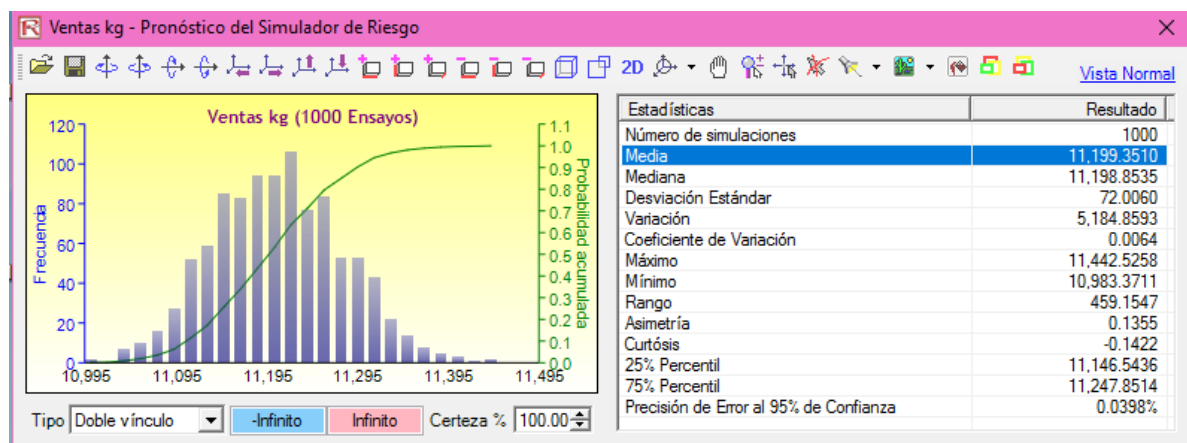
## 3.2 PROPUESTA DE PLAN DE RECOLECCIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS

### 3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PET A RECOLECTAR

El resultado con mayor relevancia determinado a partir del software @RISK, corresponde a la proyección de kilogramos obtenidos semanalmente en las 33 tiendas objeto de estudio del barrio el Dorado del municipio de Envigado, durante las 52 semanas del año, es decir el total de kilogramos PET recolectados anualmente.

Este dato es importante en tanto que permite dimensionar la proyección de ventas, constituidas como ingreso en el flujo de caja utilizado para el análisis financiero del proyecto.

El comportamiento de la proyección de los kilogramos a recolectar en un año se muestra a continuación:



*Ilustración 7: PET que puede ser recolectado en un año*

El valor máximo, promedio y mínimo de Kilogramos PET anuales, obtenido es:

**Valor Máximo = 11.442,5258 kg**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



*Valor Promedio = 11.199,3510 kg*

*Valor Mínimo = 10.983,3711 kg*

En este sentido, la importancia de caracterizar esta variable, como una variable estocástica estriba en el hecho de que debe tenerse en cuenta la variabilidad natural de los flujos de recolección inversa, puesto que es un ciclo cuya dinámica no está completamente adaptada al mercado nacional, en gran parte por el desconocimiento predominante de dicha estrategia.

Es importante además aclarar, que esta variabilidad afecta directamente la proporción de unidades vendidas, la generación de ingresos discriminados en utilidades y pasivos , y finalmente a los indicadores de rentabilidad tales como el valor presente neto y la tasa interna de retorno, ya que tanto para el proyecto como para el inversionista resulta más seguro determinar las diferentes escalas de riesgo generadas en cada uno de los 3 escenarios presentados , es decir, para una proyección de ventas máximo, mínimo y promedio en vez de tomar una decisión en base a un valor determinístico que condiciona la expectativa del riesgo y de la rentabilidad obtenida.

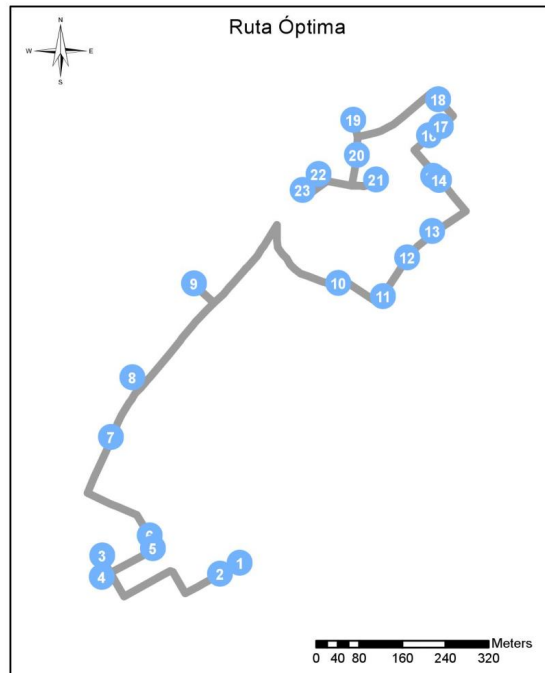
### **3.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN**

El diseño del sistema de recolección se compuso del análisis del recorrido a realizar entre las tiendas y el análisis de las actividades de recolección.

Del análisis de recorrido en las tiendas, se obtuvieron los siguientes resultados:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Un mapa de la ruta óptima de recolección en la muestra de tiendas encuestada, elaborado con el software ArcGIS. El mapa tuvo en cuenta variables como el sentido de las rutas y el lado de la acera en la cual se realizaría la recolección.



Sistema de Coordenadas: MAGNA medellín Antioquia 2010  
Datum: MAGNA  
Falso este: 835.378,6470  
Falso norte: 1.180.816,8750  
Unidades: Metro  
Longitud total 2833.123192

*Ilustración 4: Mapa de la ruta óptima - ArcGIS*

- La determinación del tiempo total de recorrido, mediante la extrapolación de los tiempos necesarios para recorrer la muestra de tiendas, a la totalidad del tiempo necesario para recorrer todas las tiendas del barrio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

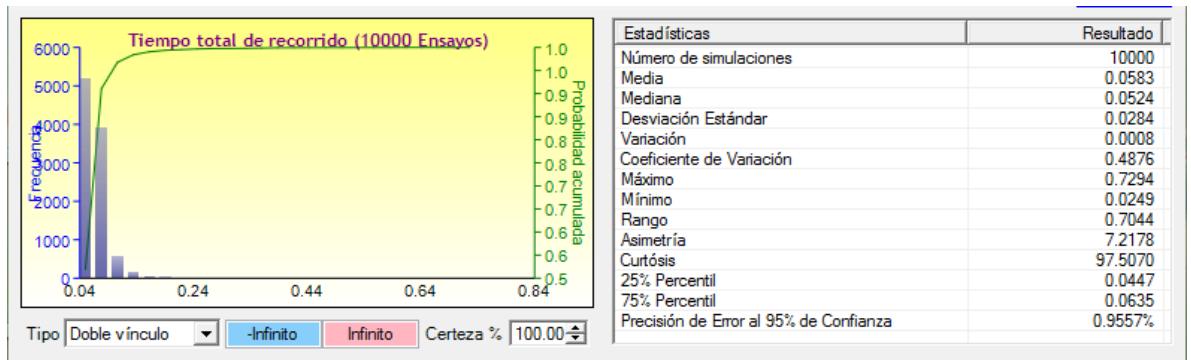
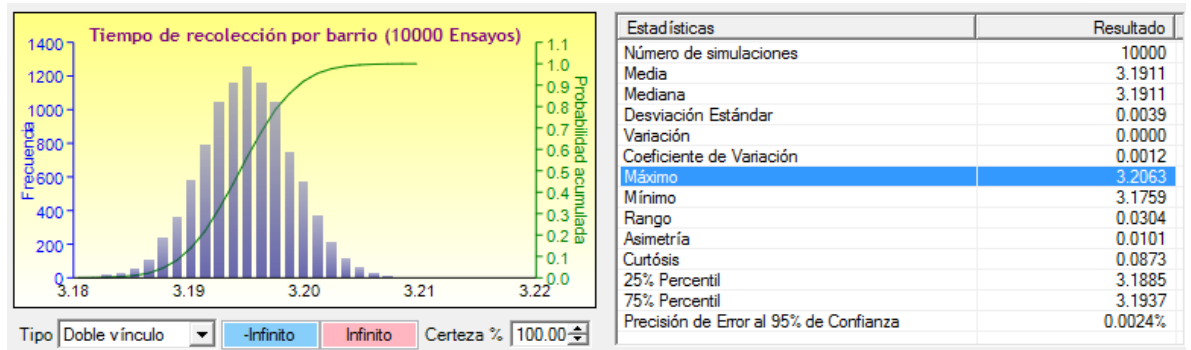


Ilustración 6: Resultados de la simulación del tiempo total de recorrido

- Se observó que la variabilidad de los tiempos en ir de una tienda a otra no es muy grande, pero que, al realizar la simulación del tiempo total de recorrido, estas pequeñas variaciones pueden significar una gran diferencia en la cantidad de tiempo necesaria para recorrer todas las tiendas del barrio. Esto se evidencia en el rango de 0.7 horas, obtenido en la simulación del tiempo total de recorrido, que indica que la variabilidad del tiempo de recolección puede significar hasta casi una hora de diferencia.

Del análisis de las actividades de recolección de PET, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Una lista de los movimientos necesarios para llevar a cabo la recolección de PET en cada tienda y un estudio de los tiempos que toma realizarlos
- La simulación en @RISK del tiempo que toma realizar las actividades en una sola tienda, y la extrapolación de este tiempo al tiempo total de recolección en todo el barrio.

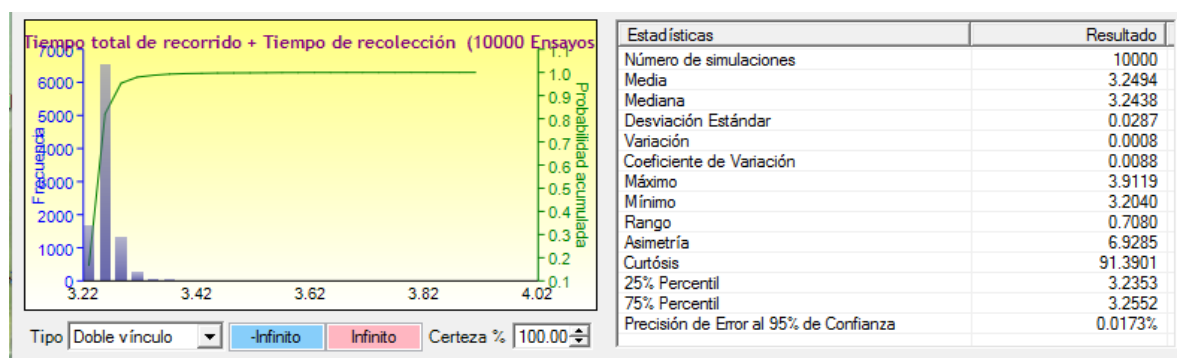


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

*Ilustración 8: Resultados de la simulación del tiempo total de las actividades de recolección*

- Se encontró que el tiempo promedio necesario para realizar las actividades de recolección es mucho más alto que el tiempo promedio para realizar el recorrido, a una razón de 3,1911 h a 0,0586 h, lo que significa una diferencia de más de 3 horas. Con esto, se concluye que el punto crítico que debe observarse para optimizar el tiempo de recolección, se encuentra en los métodos y movimientos empleados.
- Teniendo en cuenta que es importante optimizar el tiempo de las actividades de recolección, resulta conveniente que el tiempo de compactación haya resultado menor al tiempo de ciclo, de modo que esta actividad pueda realizarse paralelamente a otras y que no aumente el tiempo total.
- La variabilidad en el tiempo de las actividades de recolección no fue tan grande como el del tiempo de recorrido, pues su rango fue de apenas 0.0304 h.

Uniendo ambos análisis, se obtuvo la descripción de la cantidad total de tiempo que se emplearía en la recolección de PET, tanto por su recorrido por las tiendas, como por las actividades que realiza el operario durante la recuperación:



*Ilustración 9: Resultados de la simulación del tiempo total de recolección semanal*

Cabe destacar que este tiempo tiene un rango casi idéntico al del tiempo de recorrido, y una duración promedio muy similar a la del tiempo de realización de actividades.

El resultado total del diseño del sistema de recolección, fue la determinación de los métodos y tiempos a emplear en la recolección de PET. Pudo observarse que la planeación de los movimientos y variabilidad pueden tener un gran impacto en el tiempo necesario para realizar la recolección completa, el cual debe conocerse antes de dar inicio

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

a un plan de recolección como el propuesto para no subestimar el tiempo ni incurrir en los costos extra que esto conlleva.

### **3.2.3 ASPECTOS GENERALES DEL PLAN DE RECOLECCIÓN**

Después de realizar un análisis independiente de cada una de las variables que influían en la elaboración del plan de recolección, se obtienen como resultados para dicho plan, los siguientes lineamientos:

- Una frecuencia de recolección correspondiente a una vez por semana
- Un método de recolección intradomiciliario
- Un vehículo recolector sin mecanismo de compactación de carga lateral o trasera.
- Un tamaño de tripulación correspondiente a una persona

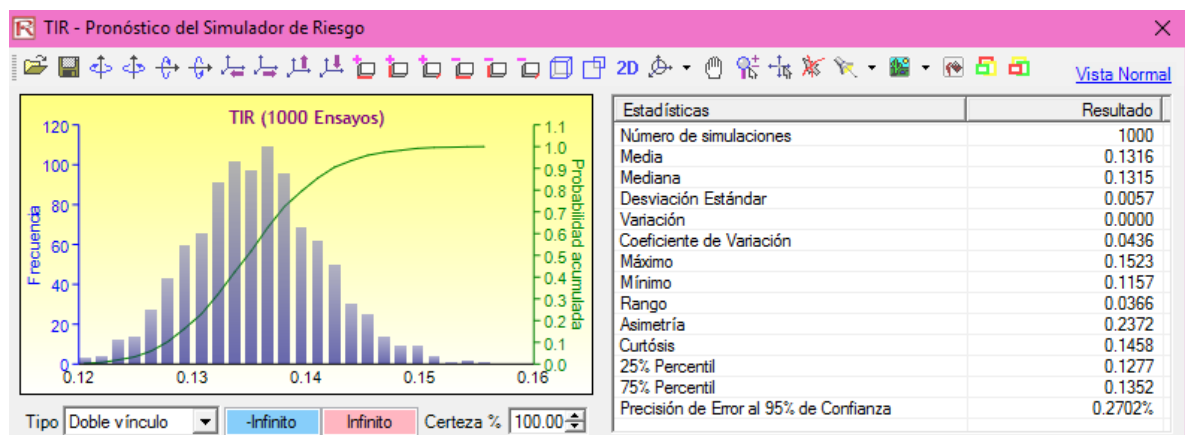
De los resultados obtenidos, puede concluirse que los parámetros definidos para el plan de recolección difieren en cuanto a tamaño, frecuencia, capacidad y método frente a los utilizados por los sistemas de recolección de basuras de la ciudad, lo cual se explica frente al nivel de demanda de ambos ya que para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta un alcance delimitado espacial y temporalmente, es así que aunque la frecuencia de recolección es mínima, la capacidad del vehículo es mediana y no posee mecanismos especializados de compactación, el método de recolección es más costoso y solo es necesario de una persona para la recolección, se logra la meta de recoger de manera adecuada el PET recolectado en las 33 tiendas del barrio el Dorado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### 3.3 MODELO: FLUJO DE CAJA LIBRE

Existen unos indicadores financieros que permiten ver y analizar la viabilidad de poder llevar a cabo un proyecto de inversión o en caso contrario de rechazarlo, las variables más importantes dentro de dicho análisis son el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), las cuales se explican a continuación tanto para el proyecto como para el inversionista

#### ○ TIR



**Ilustración 16: TIR del proyecto - FCL**

“La Tasa Interna de Retorno o de Rentabilidad (TIR), es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión, en términos relativos, es decir en porcentaje” (Iturrioz del campo, 2016)

Para determinar la viabilidad del proyecto, en términos de dicho indicador, debe compararse con la tasa de promedio ponderado del costo de capital (WACC), es decir, debe efectuarse la diferencia entre ambos indicadores financieros y de acuerdo al resultado se hace el análisis de viabilidad, esto es:

$$TIR \text{ Máxima} - WACC = 15.23\% - 9.70\% = 5.53\%$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$TIR \text{ Promedio} - WACC = 13.16\% - 9.70\% = 3.46\%$$

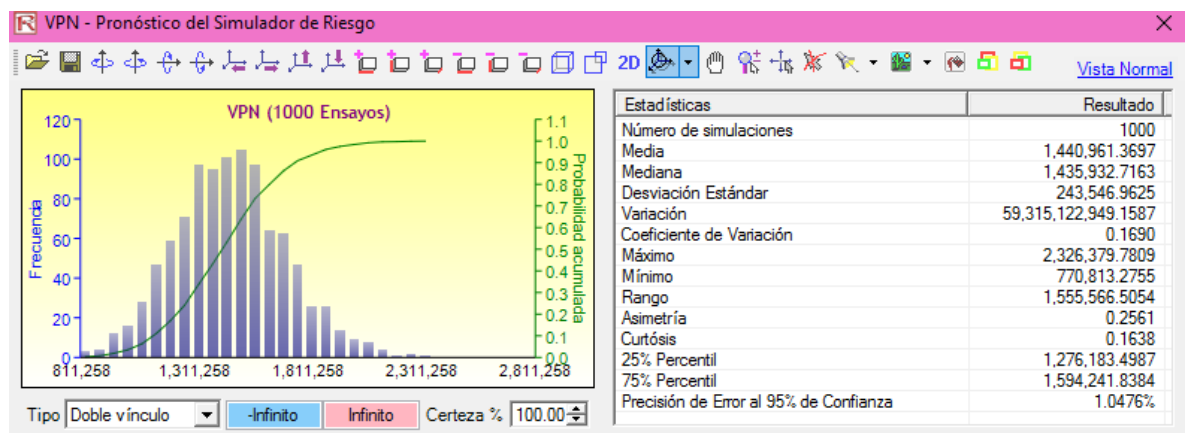
$$TIR \text{ M\u00ednima} - WACC = 11.57\% - 9.70\% = 1.87\%$$

Se aclara adem\u00e1s que se toma el m\u00e1ximo, promedio y m\u00ednimo valor de la TIR del proyecto obtenido a partir de una simulaci\u00f3n compuesta por 1000 iteraciones.

Y se interpreta el resultado positivo de dicha tasa, obtenida incluso con el valor m\u00ednimo de acuerdo a la variabilidad inherente que representa el proyecto en t\u00e9rminos del flujo inverso, como la viabilidad de llevar a cabo el proyecto.

Seg\u00fan algunos autores (Jairo Alberto G\u00f3mez, entrevista personal, 8 de noviembre de 2016), la TIR real podr\u00eda ser igual a hasta un tercio del valor de la TIR calculada.

○ **VPN:**



**Ilustraci\u00f3n 17: VPN del proyecto - FCL**

Para calcular el valor presente neto del proyecto, se lleva al punto cero todos los ingresos y egresos presentados en el flujo de caja a una tasa de inter\u00e9s denominada WACC que tiene en cuenta tanto los recursos propios como la deuda en pasivos e indica la rentabilidad m\u00ednima que debe generar la maquinaria para que el proyecto sea viable

Para determinar la viabilidad del proyecto, en t\u00e9rminos de dicho indicador, se tiene en cuenta que el valor m\u00e1ximo, promedio y m\u00ednimo obtenido para el valor presente neto del

La informaci\u00f3n presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

proyecto, a partir de una simulación compuesta por 1000 iteraciones y un nivel de confianza del 95%, esto es:

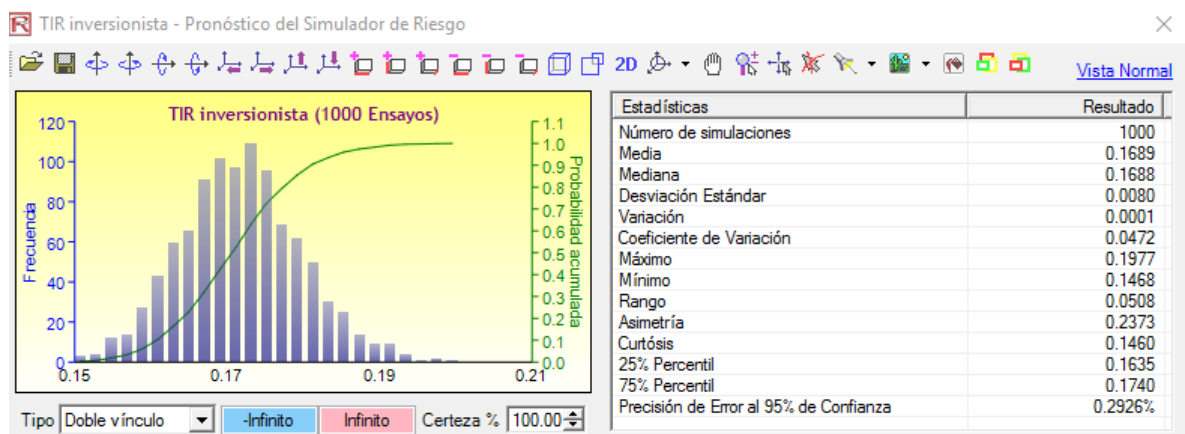
VPN Máximo = 770.813 > 0 → VP(Ingresos) > VP(Egresos) → El proyecto es viable.

VPN Promedio = 1'440.961 > 0 → VP(Ingresos) > VP(Egresos) → El proyecto es viable.

VPN Mínimo = 2'326.380 > 0 → VP(Ingresos) > VP(Egresos) → El proyecto es viable.

Ahora bien, se interpreta que al obtener en los 3 escenarios un valor mayor que cero, incluso para el mínimo valor del valor presente neto; se encuentra que el valor presente de los ingresos es mayor que el valor presente de los egresos y en consecuencia el proyecto es viable.

### ○ TIR Inversionista



**Ilustración 18: TIR inversionista - FCL**

Para determinar la viabilidad del proyecto en términos del inversionista, teniendo en cuenta la tasa interna de retorno, debe compararse la misma con la tasa de promedio ponderado del costo de capital (WACC), es decir, debe efectuarse la diferencia entre ambos indicadores financieros y de acuerdo al resultado se hace el análisis de viabilidad, esto es:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



$$TIR \text{ Máxima} - WACC = 19.77\% - 9.70\% = 10.07\%$$

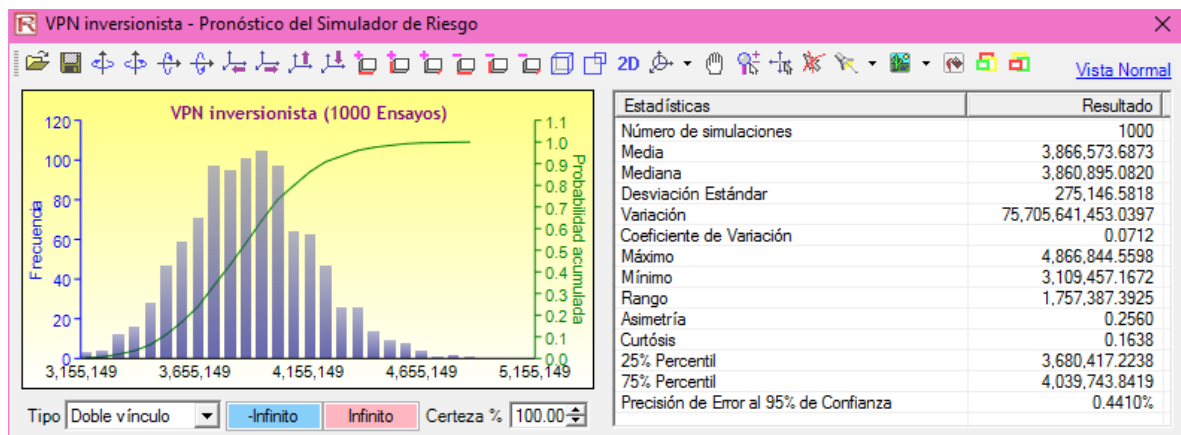
$$TIR \text{ Promedio} - WACC = 16.89\% - 9.70\% = 7.19\%$$

$$TIR \text{ Mínima} - WACC = 14.68\% - 9.70\% = 4.98\%$$

Se aclara además que se toma el máximo, promedio y mínimo valor de la TIR del proyecto obtenido a partir de una simulación compuesta por 1000 iteraciones.

Y se interpreta el resultado positivo de dicha tasa, obtenida incluso con el valor mínimo de acuerdo a la variabilidad inherente que representa el proyecto en términos del flujo inverso, como la viabilidad de llevar a cabo el proyecto.

○ **VPN Inversionista**



**Ilustración 19: VPN inversionista - FCL**

Para calcular el valor presente neto del proyecto, se lleva al punto cero todos los ingresos y egresos presentados en el flujo de caja a una tasa de interés que se denomina tasa de interés de oportunidad (TIO) la cual es la máxima tasa que un inversionista est en capacidad de invertir en un proyecto cualquiera

Para determinar la viabilidad del proyecto, en términos de dicho indicador, se tiene en cuenta que el valor máximo, promedio y mínimo obtenido para el valor presente neto del

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

proyecto, a partir de una simulación compuesta por 1000 iteraciones y un nivel de confianza del 95%, esto es:

VPN Máximo = 4'866.845 > 0 → VP(Ingresos) > VP(Egresos) → El proyecto es viable.

VPN Promedio = 3'866.574 > 0 → VP(Ingresos) > VP(Egresos) → El proyecto es viable.

VPN Mínimo = 3'109.457 > 0 → VP(Ingresos) > VP(Egresos) → El proyecto es viable.

Ahora bien, se interpreta que al obtener en los 3 escenarios un valor mayor que cero, incluso para el mínimo valor del valor presente neto; se encuentra que el valor presente de los ingresos es mayor que el valor presente de los egresos y en consecuencia el proyecto es viable.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## 4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

En un análisis de las encuestas realizadas, se pudo encontrar que ya hay un modelo de recolección de PET en las tiendas, en el cual participan diversos actores, como los recicladores, los agentes de la empresa de recolección de residuos sólidos municipal, y los chatarreros. Si bien el funcionamiento de la recolección actual es muy diferente del propuesto en este estudio, en el sentido de que se propone eliminar algunos intermediarios en la cadena y de que se ofrece retribución económica por el PET; la existencia de un antecedente de recolección representa la ventaja de que los tenderos ya se han recibido capacitación sobre la separación de residuos en las tiendas, y que ya se realiza esta separación. Cabe resaltar que el concepto de retribución económica por el PET recuperado resultó novedoso para todos los tenderos y, según la información obtenida, parece ser la clave para motivar a la participación en un programa de recolección como el propuesto.

En el presente estudio, se le dio un tratamiento estadístico a las variables que afectaban al sistema de recolección y se emplearon diferentes metodologías de la ingeniería industrial, como lo fueron el análisis logístico, el diseño de rutas óptimas, el estudio de movimientos, el análisis de capacidad, la toma de decisiones con AHP, y la modelación y simulación. Gracias a esto, se pudo realizar un mejor análisis del sistema y, por consiguiente, obtener resultados más realistas y confiables.

Se puede ver que el proyecto tiene una buena eficiencia operativa, reflejada en el capital de trabajo neto, lo que es una consecuencia directa de la optimización realizada en el diseño del plan de recolección. Las características del plan de recolección seleccionado fueron lo que permitió optimizar la propuesta en términos de tiempo y de costos, eliminar los inventarios y eliminar la necesidad de almacenamiento, lo que aumenta la eficiencia operativa y se constituye como un factor clave para la generación de valor de la propuesta actual.

Los resultados del valor presente neto (VPN) y de la tasa interna de retorno (TIR) para la propuesta de recolección de PET, arrojados por la simulación del flujo de caja libre a mediano plazo, mostraron que esta propuesta puede generar valor y que es viable como proyecto y como inversión. El principal riesgo que se había identificado para la propuesta de recolección, era que la cantidad de PET recolectada no fuera suficiente para generar los retornos necesarios para pagar la inversión inicial en maquinaria, ni para compensar los costos y los gastos de la recolección; pero gracias a la simulación, se pudo verificar que la viabilidad del proyecto se mantendría, incluso para los valores mínimos del VPN y la TIR obtenidos tras las 1000 iteraciones realizadas.

El valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) presentaron una variabilidad significativa, que sólo es consecuencia de que la cantidad de PET recolectado fuera estocástica. Esto permitió corroborar el planteamiento de otros autores, que dicen

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

que la naturaleza variable de los flujos logísticos inversos tiene un impacto importante en las cuestiones económicas de cualquier estrategia de logística inversa.

El estudio de la viabilidad del plan de recolección de PET fue realizado en un solo barrio del municipio de Envigado, de acuerdo al alcance establecido para una tesis de pregrado. Dado que se obtuvo una rentabilidad positiva que hace viable el proyecto, resultaría interesante escalarlo a mediano plazo a otros barrios del mismo municipio, que conserven una estructura similar en cuanto a población y representatividad de la actividad comercial minorista.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## REFERENCIAS

Anaya, J. J. (2014). Un diagnóstico logístico una metodología para promover mejoras competitivas. Madrid: ESIC editorial.

Asociación nacional de empresarios en Colombia. (2015). *Estrategia para una nueva industrialización*. (B. Mac Master & I. Restrepo, Eds.). Bogotá, Colombia: Nomos S.A. Retrieved from [http://www.andi.com.co/Asamblea/Documents/Libro/Estrategia para una nueva industrializacion.pdf](http://www.andi.com.co/Asamblea/Documents/Libro/Estrategia%20para%20una%20nueva%20industrializacion.pdf)

Adolfo, G., & Gracia, B. (2012). Impacto del sistema de venta al menudeo en el comportamiento de compra de las marcas comercializadas en las tiendas de barrio de la ciudad de cartagena, 7(2), 77–98.

Avendaño Luque, G. (2012). Impuestos para Sociedades, 86.

Banco de la República. (2013). Índices de precios. Retrieved October 11, 2016, from <http://banrep.gov.co/es/precios>

Bove-ag s.l. (2016). Plásticos mecanizables. Retrieved from [http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos\\_pet.html](http://www.plasticos-mecanizables.com/plasticos_pet.html)

Caballero Díaz, F. F. (2011). Selección de modelos mediante criterios de información en análisis factorial. Aspectos teóricos y computacionales. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Departamento de Estadística e I.O. ISBN 978-84-694-5742-9.

Cabeza, D. (2012). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro*. (k. Juanito & r. Serra, eds.) (primera ed). Barcelona, España: marge books. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=hoqk2kbhhzqc&printsec=frontcover&dq=logistica+inversa&hl=es-419&sa=x&ved=0cb4q6aewawovchmik--d4sxgyaivxbwech2m8aal#v=onepage&q&f=false>

Camargo, G. (2016, August 28). Tiendas de barrio, negocio local. *La Nación*.

Canaria, U. de las palmas de gran. (n.d.). Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Retrieved from

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

[http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5015/Complemento\\_3\\_Prueba\\_de\\_Bondad\\_de\\_Ajuste\\_de\\_Kolmogorov\\_Smirnov.pdf](http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5015/Complemento_3_Prueba_de_Bondad_de_Ajuste_de_Kolmogorov_Smirnov.pdf)

Cely torres, a. (2013). Importancia de la logística inversa para un desarrollo sostenible en colombia. *Gestión y sociedad*, 6(2), 113–126. Retrieved from <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/gs/article/viewfile/2840/2382>

Chagüendo A., F. E. (2014, Junio 23). “La industria nacional compite con desventaja”: presidente de la Andi. *El País*, p. Parra 21. Cali, Colombia. Retrieved from <http://www.elpais.com.co/elpais/economia/noticias/industria-nacional-compite-con-desventaja-presidente-andi>

Champ, p. (2003). Collecting survey data for nonmarket valuation. En p. Champ, k. Boyle, & t. Brown (eds.), a primer on nonmarket valuation. New york: springer netherlands.

Colombia/andi), (asociación nacional de empresarios en. (2015). *Estrategia para una nueva industrialización*. (b. Mac master & i. Restrepo, eds.). Bogotá, colombia: nomos s.a. retrieved from [http://www.andi.com.co/asamblea/documents/libro/estrategia para una nueva industrializacion.pdf](http://www.andi.com.co/asamblea/documents/libro/estrategia_para_una_nueva_industrializacion.pdf)

Corcho, G. (2014). Medellín es donde más se prefiere la tienda de barrio. *El Colombiano*. Retrieved from [http://www.elcolombiano.com/medellin\\_es\\_donde\\_mas\\_se\\_prefiere\\_la\\_tienda\\_de\\_barrio-AXEC\\_292534](http://www.elcolombiano.com/medellin_es_donde_mas_se_prefiere_la_tienda_de_barrio-AXEC_292534)

Cure Vellojín, L., Meza González, J., & Amaya Mier, R. (2011). Logística Inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. *Ingeniería & Desarrollo*, 20(20), 184–202. Retrieved from <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2801/1900>

Díaz Sandoval, M. (2014, March 20). Tiendas de barrio jalonan la economía colombiana. *El Espectador*. Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://www.elespectador.com/noticias/economia/tiendas-de-barrio-jalonan-economia-colombiana-articulo-481374>

Departamento administrativo nacional de estadística - dane. (2005). Censo general 2005 perfil envigado - antioquia.extraido el 25 abril, 2016 del sitio web del dane: <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/antioquia/envigado.pdf>

De la Arada Juárez, M. (2015). *Optimización de la cadena logística* (paraninfo). España. Retrieved from

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

[https://books.google.com.co/books?id=bsh4caaaqbaj&pg=pa184&dq=optimizaci%3%b3n+de+la+cadena+log%3%adstica&hl=es-419&sa=x&ved=0ccgq6aewagovchmi\\_nbx547hyaivxv4ech2vdaj2#v=onepage&q=optimizaci%3%b3n+de+la+cadena+log%3%adstica&f=false](https://books.google.com.co/books?id=bsh4caaaqbaj&pg=pa184&dq=optimizaci%3%b3n+de+la+cadena+log%3%adstica&hl=es-419&sa=x&ved=0ccgq6aewagovchmi_nbx547hyaivxv4ech2vdaj2#v=onepage&q=optimizaci%3%b3n+de+la+cadena+log%3%adstica&f=false)

Decisiones sobre distribución comercial dirección comercial. (n.d.).

Environmental Systems Research Institute Inc. ("Esri"). (2016a). ¿Qué es una capa?

Environmental Systems Research Institute Inc. ("Esri"). (2016b). Algoritmos utilizados por Extensión ArcGIS Network Analyst.

Environmental Systems Research Institute Inc. ("Esri"). (2016c). Análisis de ruta.

Environmental Systems Research Institute Inc. ("Esri"). (2016d). Introducción a ArcGIS.

ESAP. (1997). Plan de ordenamiento territorial de envigado.

Garzón ramírez, m. A., & hernández losada, d. F. (2014). Logística inversa en ciudades, las redes de recolección de artículos en pos-consumo. In *excellence in engineering to enhance a country's productivity* (p. 10). Guayaquil, ecuador: twelfth laccei latin american and caribbean conference for engineering and technology.

GEO Tutoriales. (2013). Ejemplo del Problema del Camino Más Corto en Programación Entera.

Gerencie. (2011). Capital de trabajo. Retrieved October 21, 2016, from <http://www.gerencie.com/capital-de-trabajo.html>

Gerencie. (2013). Vida útil de los activos fijos. Retrieved October 21, 2016, from <http://www.gerencie.com/vida-util-de-los-activos-fijos.htm>

Gómez Montoya, R. A., Correa Espinal, A. A., & Vásquez Herrera, L. S. (2012). Logística Inversa, un Enfoque con Responsabilidad Social Empresarial. *Criterio Libre*, 16, 143–158.

Grupo Bancolombia. (2016). Proyecciones económicas de mediano plazo.

HADDAD S.A. (2016). Botellas PET. Retrieved from <http://www.haddad.cl/pet.html>

Hanumanthappa, J., Manjaiah, D. H., & Thippeswamy, K. (2010). A Study on Contrast and Comparison between Bellman-Ford algorithm and Dijkstra's Algorithms. In *National Conference on wireless Networks-09(NCOWN-2010)*.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Hass, R., & Meixner, O. (2014). An illustrated guide to the analytic hierarchy process. Institute of Marketing & Innovation, 1–20. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-06665->

Hernández, r., fernández, c., & baptista, p. (2010). Metodología de la investigación (5ta ed.). México: mc graw hill

Iturrioz del campo, J. (2016). Tasa interna de retorno o rentabilidad (TIR). Retrieved from <http://www.expansion.com/diccionario-economico/tasa-interna-de-retorno-o-rentabilidad-tir.html>

Mechatronic Support. (2016). Compactadora residencial - Manual / Automática. Retrieved from <http://compactadoras.com.co/linea-comercial/>

Mercado Libre. (2016). Camion Furgón Mazda Turbo T45. Retrieved October 14, 2016, from [http://vehiculo.mercadolibre.com.co/MCO-427531600-camion-frugon-mazda-turbo-t45-\\_JM](http://vehiculo.mercadolibre.com.co/MCO-427531600-camion-frugon-mazda-turbo-t45-_JM)

Miquel romero, m. J., lhermie, c., parra guerrero, f., & miquel peris, s. (2008). *Distribución comercial* (sexta edic). Madrid: esic. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=mfemermrjwic&pg=pa61&lpg=pa61&dq=aquello+que+no+han+incorporado+tecnologías+avanzadas+en+la+realización+de+las+operaciones+de+intercambio.&source=bl&ots=gi2uc5lm\\_b&sig=3\\_sx9aus7atp\\_oeiy9dgh7x94ao&hl=es-419&s](https://books.google.com.co/books?id=mfemermrjwic&pg=pa61&lpg=pa61&dq=aquello+que+no+han+incorporado+tecnologías+avanzadas+en+la+realización+de+las+operaciones+de+intercambio.&source=bl&ots=gi2uc5lm_b&sig=3_sx9aus7atp_oeiy9dgh7x94ao&hl=es-419&s)

Organización Internacional del Trabajo, Fondo Monetario Internacional, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, Oficina Estadística de las Comunidades Europeas, Naciones Unidas, Banco Mundial, & Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. (2004). *Manual del índice de precios al consumidor - Teoría y práctica*. Ginebra, Suiza

Ortega, m. A. (2008). *Utilización de métodos cuantitativos para el análisis de problemas de localización en logística inversa. Tesis de doctorado para la obtención del título de ingeniero industrial*. Universidad politécnica de madrid. Retrieved from [http://oa.upm.es/1738/1/miguel\\_angel\\_ortega\\_mier.pdf](http://oa.upm.es/1738/1/miguel_angel_ortega_mier.pdf)

Páramo,d. (2015,mayo). Los negocios barriales, una realidad desconocida para las ciencias administrativas. Conferencia presentada en el seminario realizado en la fundación universitaria maria cano, medellín, colombia.

Rubio lacoba, s. (2003). *El sistema de lógistica inversa en la empresa: análisis y aplicaciones*. Universidad de extremadura. Retrieved from

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



[http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10662/364/tduex\\_8477236135.pdf?sequence=1](http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10662/364/tduex_8477236135.pdf?sequence=1)

Sáez, E. (2004). Fundamentos de Investigación de Operaciones, Modelos de Grafos. Santiago, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.

Sistema local de planeación. (2008). Zona 9. Envigado, colombia. Extraído el 25 abril, 2016 del sitio web de envigado: <http://www.envigado.gov.co/nuestraalcaldia/documentos%20slp/zona9.pdf>

Sosa Sánchez, J. (n.d.). Problema camino mas corto

Torres, m., paz, k., & salazar, f. G. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Boletín electrónico (vol. 2).

Tu salario. (n.d.). Salario de un administrativo de finanzas. Retrieved from <http://www.tusalario.org/colombia/Portada/tusalario/compara-tu-salario?job-id=4312020000000#/>

Vázquez Mota, J., Mulás Alonso, A., Aguilar Valenzuela, A., & Sancho y Cervera, J. (2000). Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales

Vélez Pareja, I., & Dávila L. de G., R. (n.d.). Proyecciones de los estados financieros. In *Análisis y Planeación Financieros*. Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://www.javeriana.edu.co/decisiones/analfin/>

Wang, h.-f., & gupta, s. (2011). *Green supply chain management: product life cycle approach*. New york: mcgraw-hill education.

## ANEXOS

### Anexo 1: Encuesta

Nombre del Propietario \_\_\_\_\_

Nombre de la tienda \_\_\_\_\_

Dirección de la tienda \_\_\_\_\_

Encuestas:

1. Estaría dispuesto a participar en un plan de recolección de empaques plásticos, si se le ofrece 400 COP por cada kilogramo PET \_\_\_\_\_

De mostrar interés en querer ser parte del plan de recolección inversa estudiado, responda las siguientes preguntas:

2.1 Qué cantidad mínima recoge en desechos plásticos al día (En kilos) \_\_\_\_\_

2.2 Estaría dispuesto a realizar la separación de los desechos \_\_\_\_\_

2.3 Pondría un basurero destinado únicamente a desechos plásticos \_\_\_\_\_

2.4 Estaría dispuesto a hacer uso de una prensa con el fin de compactar

El volumen de plástico recogido \_\_\_\_\_

2.5 Cada cuanto le gustaría que le recogieran los desechos plásticos

- Diariamente
- Semanalmente
- Quincenalmente
- Otro: \_\_\_\_\_

3. Actualmente ya alguien le recoge el plástico \_\_\_\_\_

En caso de ser afirmativo, responda:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. 1 Cuál es el procedimiento llevado a cabo

3.2 Recibe alguna retribución económica

En caso de ser así cuanto recibe y en qué frecuencia \_\_\_\_\_

4. ¿En qué momento le gustaría que le pagaran?

En el momento de la recolección

Semanalmente

Quincenalmente

Diariamente

5. Estaría usted dispuesto a recibir capacitación \_\_\_\_\_

6. Tiene alguna sugerencia de cómo llevar a cabo la recolección

---

---

---

## Anexo 2: Tabulación de resultados de la encuesta

Nombre tienda	¿Está dispuesto a ser parte del plan de recolección propuesto?	¿Estaría dispuesto a realizar la separación de los desechos?	¿Pondría un basurero destinado únicamente a desechos plásticos?	¿Estaría dispuesto a hacer uso de una prensa, para compactar el volumen del plástico recogido?	¿Qué cantidad promedio recoge semanalmente? (Kilos)	Frecuencia deseada de recolección (Veces/Semana)	¿En qué momento desea el pago?	¿Considera adecuado un pago de 400 COP por cada 400kg PET?	¿Actualmente alguien le recoge el plástico?	¿Quién le recoge el plástico?	¿Recibe alguna retribución económica?	¿Estaría dispuesto a recibir capacitación?
Autoservicio el mango	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mercado	Si	Si	Si	No	6	0,5	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Distribeta	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minimercado competidor	Si	Si	No	Si	6	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
Aquí sus detalles	Si	Si	No	Si	2	0,5	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Helados el dorado	Si	Si	No	No	2	0,5	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
El hornito del pan	Si	No	Si	No	8	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
Café del eje	Si	Si	Si	Si	1	2	Al momento	Si	Si	Reciclador	No	No

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

							de la recolección			avalado por el municipio		
Nattys	Si	Si	Si	No	4	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
Minimercado cheverísimo	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tienda el mango	Si	Si	Si	Si	2	1	Al momento de la recolección	Si	No	Ninguno	No	Si
Minimercado el dorado la 41	Si	Si	Si	No	3	2	Al momento de la recolección	Si	No	Ninguno	No	Si
La hinchada 12	Si	Si	Si	No	9	3	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Puerto escondido	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minimercado la 41 el yarumo	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Granero y salsamentaría B y B	Si	Si	No	No	1	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
La ventana de manantiales	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Granero y legumbriería Germán	Si	Si	No	No	3	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La ventana del dorado	Si	Si	Si	Si	2	0,5	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
La legumbrería	Si	Si	Si	No	3	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
La tienda de ramón	No	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Minimercado Rio Bamba	Si	Si	Si	Si	12	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Tienda mixta la noble	Si	Si	Si	Si	4	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Granero Gustamar	Si	Si	No	Si	6	0,25	Al momento de la recolección	Si	Si	Llevado a la chatarrería del barrio	Si	No
Granero y legumbrería el vecino	Si	Si	No	Si	4	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Colinas de la paz	Si	Si	No	Si	3	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
Granero y legumbrería el altico	Si	Si	Si	Si	4	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si
Salsamentaría la 45	Si	Si	Si	No	8	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	Si

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Supermercado safra	Si	Si	Si	Si	12	1	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No
Tienda la alameda del trianón	Si	Si	Si	Si	8	2	Al momento de la recolección	Si	Si	Reciclador avalado por el municipio	No	No

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

### Anexo 3: Resumen estadístico de las variables de la encuesta

Disposición a ser parte del plan de recolección		Separación de los desechos		Basurero especial para desechos plásticos		Actualmente ya le recogen el plástico		Disposición a recibir capacitación	
Media	0,7666 66667	Media	0,73333 3333	Media	0,5	Media	0,7	Media	0,3666 66667
Error típico	0,0785 40323	Error típico	0,08211 7568	Error típico	0,0928 47669	Error típico	0,0850 96294	Error típico	0,0894 85545
Mediana	1	Mediana	1	Mediana	0,5	Mediana	1	Mediana	0
Moda	1	Moda	1	Moda	0	Moda	1	Moda	0
Desviación estándar	0,4301 83067	Desviación estándar	0,44977 6445	Desviación estándar	0,5085 47628	Desviación estándar	0,4660 916	Desviación estándar	0,4901 32518
Varianza de la muestra	0,1850 57471	Varianza de la muestra	0,20229 8851	Varianza de la muestra	0,2586 2069	Varianza de la muestra	0,2172 41379	Varianza de la muestra	0,2402 29885
Curtosis	- 0,2573 20319	Curtosis	- 0,82386 3636	Curtosis	- 2,1481 48148	Curtosis	- 1,2421 2648	Curtosis	- 1,7840 05468
Coficiente de asimetría	- 1,3283	Coficiente de asimetría	- 1,11166	Coficiente de asimetría	8,2036 2E-18	Coficiente de asimetría	- 0,9195	Coficiente de asimetría	0,5829 32728

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



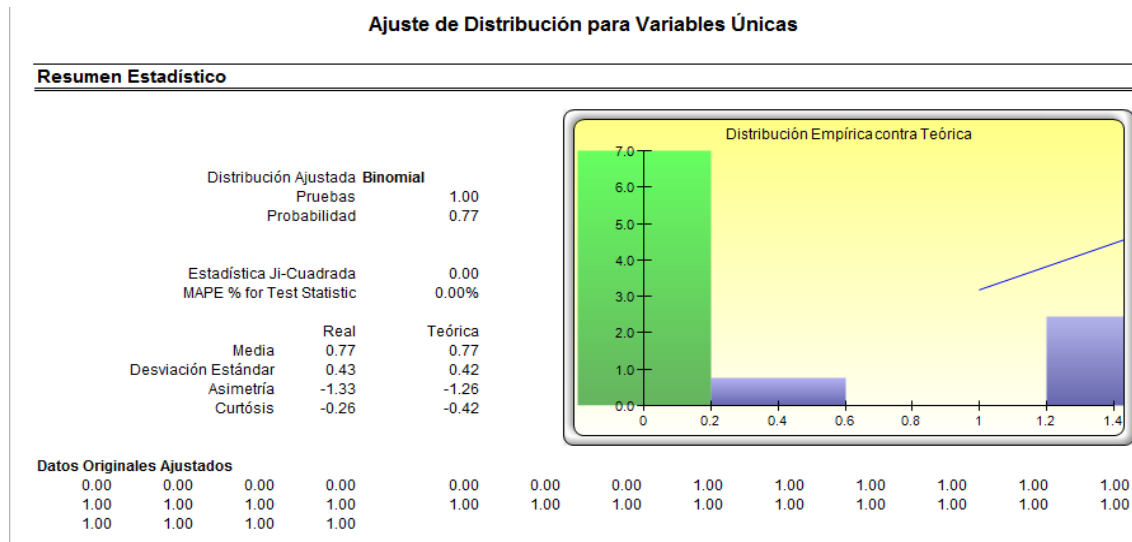


Desviación estándar	3,5300 02768	Desviación estándar	0,86124 242	Desviación estándar	0,4301 83067	Desviación estándar	0,1825 74186	Desviación estándar	0,5040 06933
Varianza de la muestra	12,460 91954	Varianza de la muestra	0,74173 8506	Varianza de la muestra	0,1850 57471	Varianza de la muestra	0,0333 33333	Varianza de la muestra	0,2540 22989
Curtosis	0,0899 01692	Curtosis	- 0,92574 9529	Curtosis	- 0,2573 20319	Curtosis	30	Curtosis	- 2,0620 55591
Coeficiente de asimetría	0,9074 0183	Coeficiente de asimetría	0,36939 9491	Coeficiente de asimetría	- 1,3283 38131	Coeficiente de asimetría	5,4772 25575	Coeficiente de asimetría	0,2834 42813
Rango	12	Rango	3	Rango	1	Rango	1	Rango	1
Mínimo	0	Mínimo	0	Mínimo	0	Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	12	Máximo	3	Máximo	1	Máximo	1	Máximo	1
Suma	113	Suma	31,25	Suma	23	Suma	1	Suma	13
Cuenta	30	Cuenta	30	Cuenta	30	Cuenta	30	Cuenta	30
Nivel de confianza(95.0%)	1,3181 24696	Nivel de confianza(95.0%)	0,32159 3205	Nivel de confianza(95.0%)	0,1606 32997	Nivel de confianza(95.0%)	0,0681 74321	Nivel de confianza(95.0%)	0,1881 99282

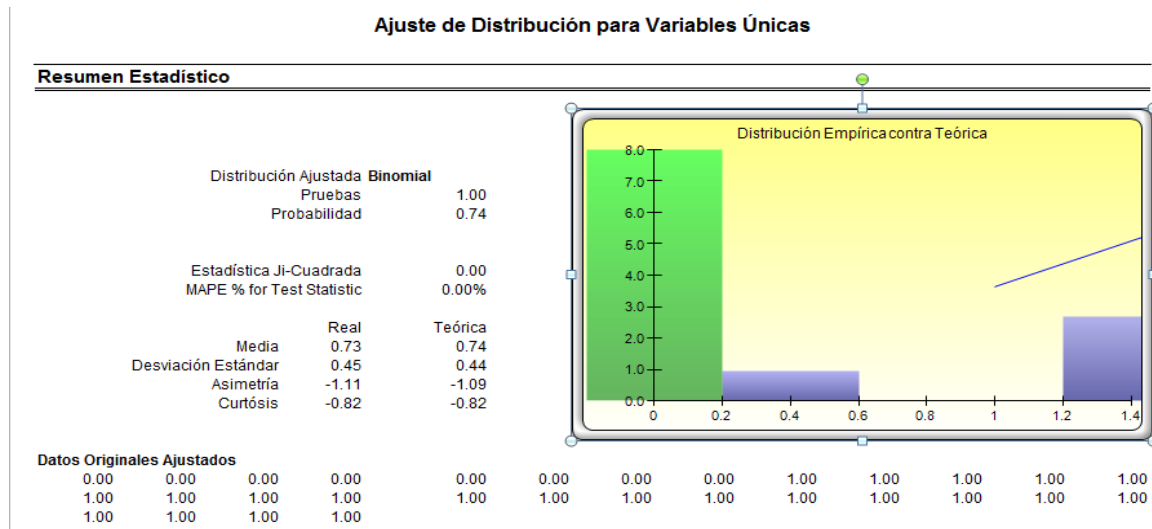
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## Anexo 4: Ajuste de distribución para las variables de la encuesta

$X_1$ : interés en participar del plan de recolección propuesto

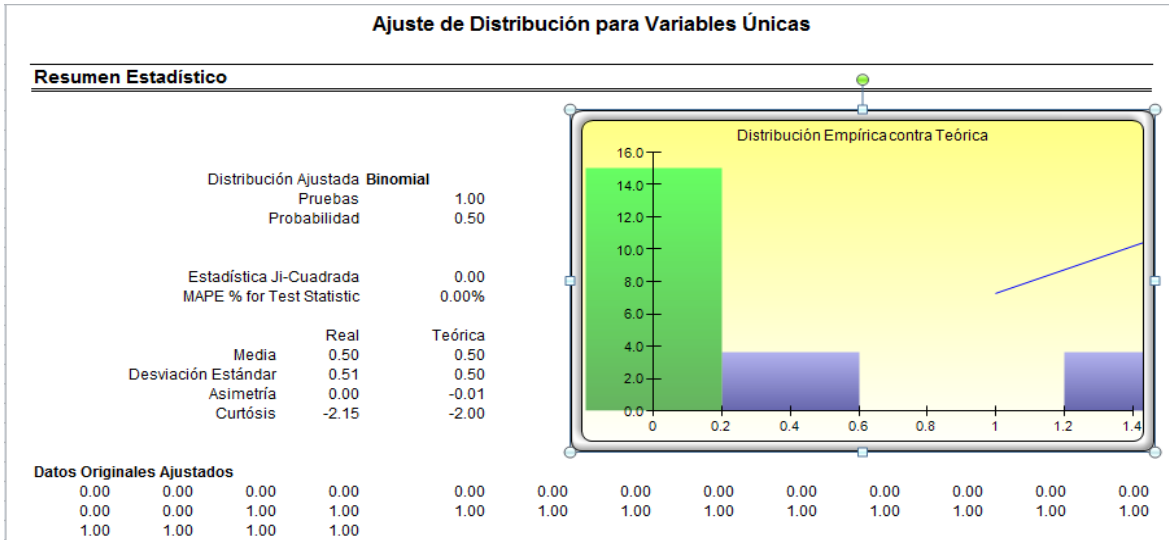


$X_2$ : disposición a separar los desechos

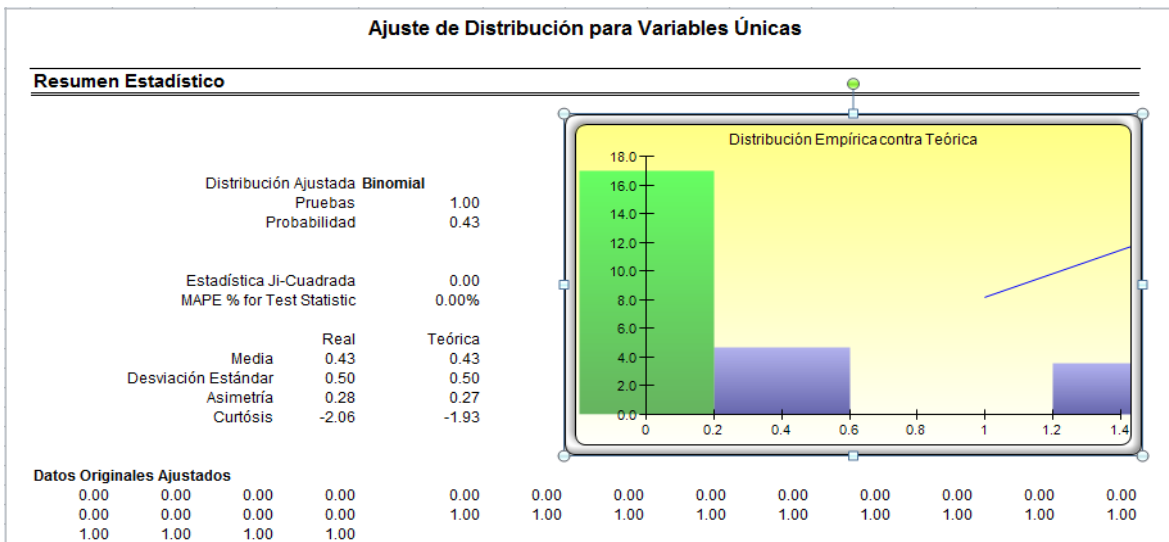


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$X_3$ : deseo de utilizar un basurero especializado para los desechos plásticos.

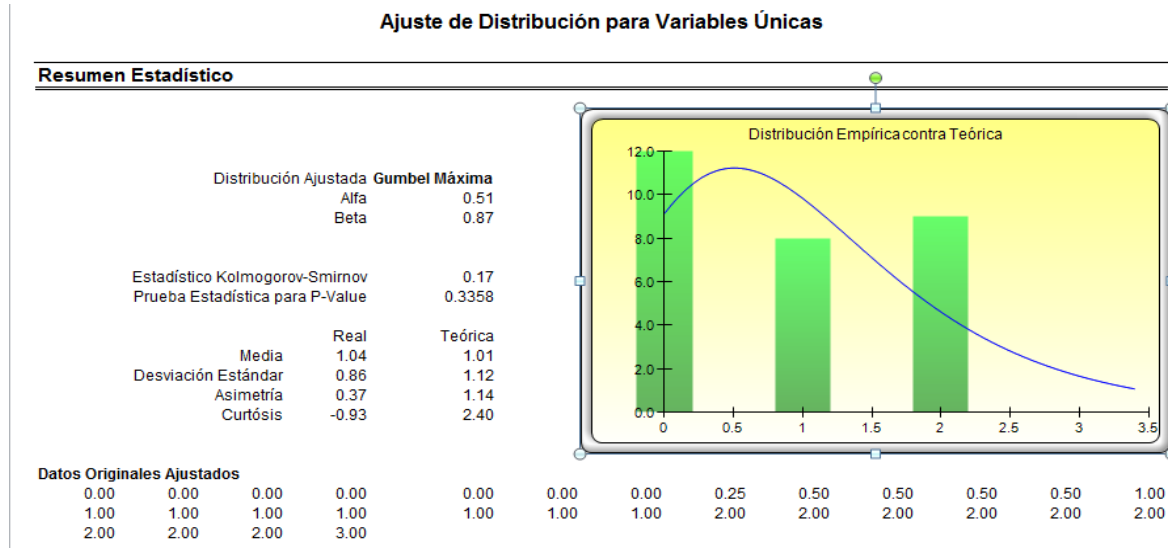


$X_4$ : deseo de recibir una prensa para compactar los desechos plásticos.

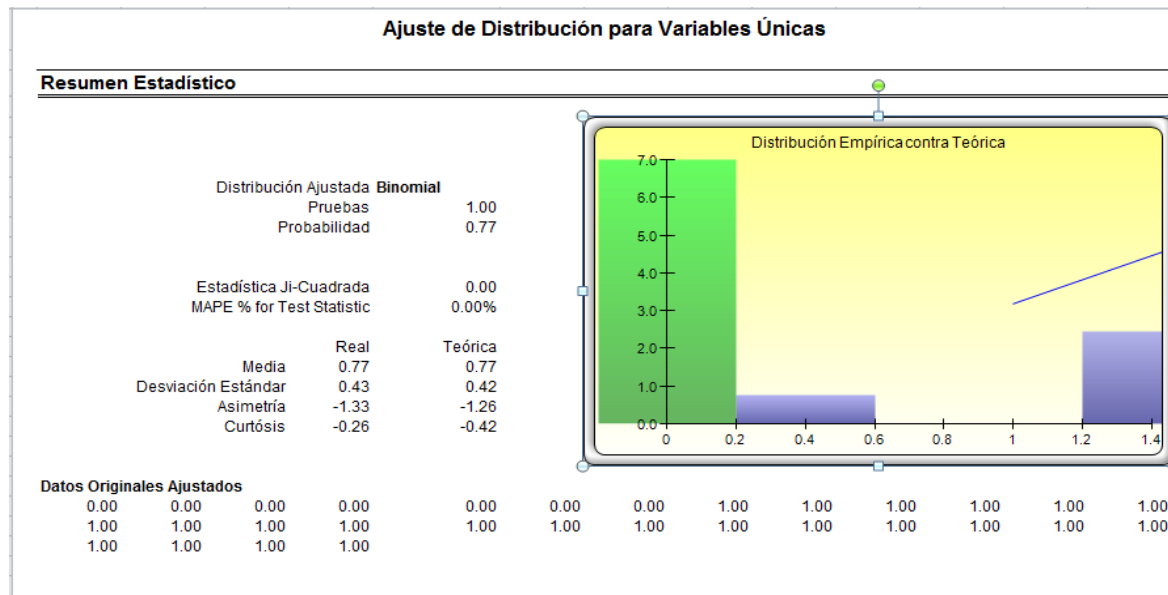


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$X_5$ : frecuencia deseada de recolección. Variable cuantitativa en veces/semana.

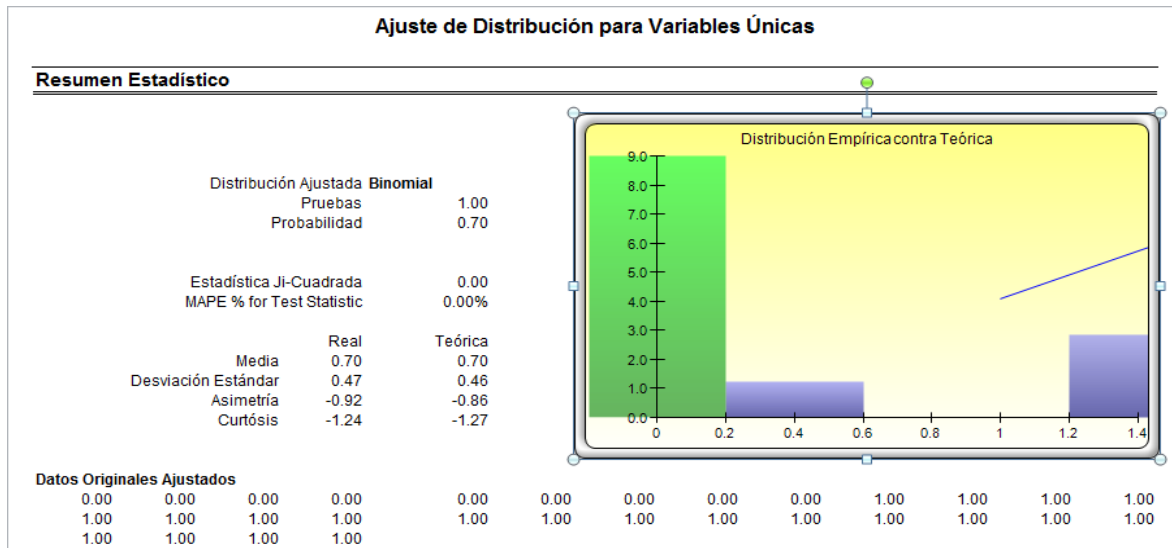


$X_6$ : consideración de que es adecuado un pago de 400 COP por cada kg PET

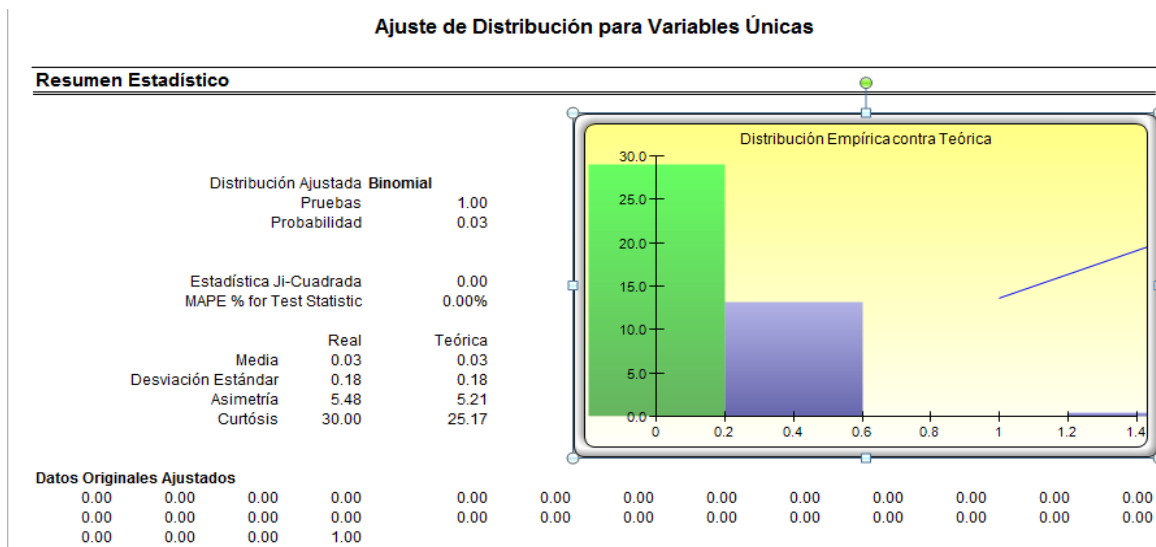


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$X_7$ : recolección previa del plástico



$X_8$ : recepción de retribución económica por el PET recolectado



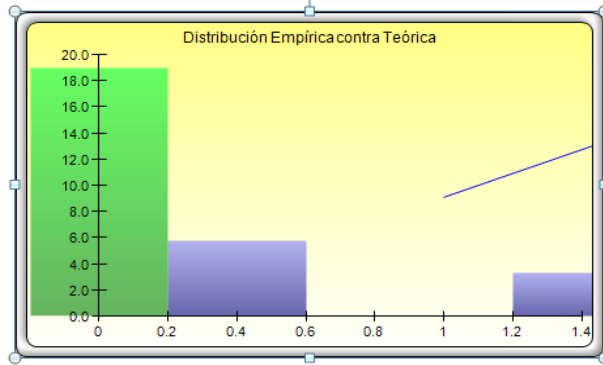
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$X_9$ : deseo de recibir capacitación sobre la separación de desechos

**Ajuste de Distribución para Variables Únicas**

**Resumen Estadístico**

Distribución Ajustada <b>Binomial</b>		
Pruebas	1.00	
Probabilidad	0.37	
Estadística Ji-Cuadrada		
MAPE % for Test Statistic	0.00%	
	Real	Teórica
Media	0.37	0.37
Desviación Estándar	0.49	0.48
Asimetría	0.58	0.56
Curtósis	-1.78	-1.69



**Datos Originales Ajustados**

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## Anexo 5: Comparación de criterios de ajuste

Best-Fitting Distributions:

Rank	<u>Kolmogorov</u>	<u>Akaike</u>	<u>Schwartz</u>	<u>Anderson</u>	<u>Kuiper's</u>	
1	Lognormal Desplazada	Weibull Desplazada	Weibull Desplazada	Gamma	PearsonVI	
2	Logarítmica Normal	Exponential Desplazada	Exponential Desplazada	PearsonVI	PearsonV	
3	Weibull Desplazada	Lognormal Desplazada	Lognormal Desplazada	Weibull	Gumbel Máxima	
4	Gamma	Logarítmica Normal	Logarítmica Normal	Gumbel Máxima	Laplace	
5	Weibull	PearsonVI	PearsonVI	Ji-Cuadrada	Gamma	
	P-Value	MAPE %	MAPE %	MAPE %	MAPE %	
Rank	1	94.60%	0.19%	0.19%	0.13%	0.13%
	2	92.25%	0.19%	0.19%	0.13%	0.19%
	3	89.99%	0.17%	0.17%	0.15%	0.26%
	4	89.11%	0.15%	0.15%	0.15%	0.35%
	5	87.81%	0.16%	0.16%	0.15%	0.23%

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



**Anexo 6: Tabla de atributos original - mapa de la ruta óptima en ArcGIS**

<b>Name</b>	<b>Sequence</b>	<b>SideOfEdge</b>	<b>Cumul_Leng</b>
Tienda La Alameda del Trianón	1	1	0.000000000000
Supermercado Safra	2	2	42.00292669730
Tienda mixta La Noble	3	1	352.36719184600
Granero Gustamar	4	2	406.94617397800
Minimercado Rio Bamba	5	2	519.99437230100
Granero y legumbrería El Vecino	6	1	555.37270674300
Mercado Colinas de La Paz	7	1	812.51197913000
Granero y legumbrería El Altico	8	2	944.90576411200
Salsamentaria la 45	9	2	1228.46981062000
Granero y salsamentaria B y B	10	2	1647.29736803000
Granero y legumbrería Germán	11	2	1747.57360613000
la ventana del dorado	12	1	1831.79976442000
La Legumbrería	13	1	1899.46612101000
Aquí sus detalles	14	1	2048.30841170000
Minimercado Competidor	15	1	2060.98190415000
Helados el dorado	16	2	2157.98836345000
Mercado	17	2	2186.04188117000
Tienda el mango	18	1	2257.13044760000
Nattys	19	1	2471.66594190000
Café del eje	20	2	2538.06112333000
El hornito del pan	21	1	2642.92755950000
Minimercado el dorado la 41	22	2	2757.67144050000
La hinchada 12	23	1	2833.12319158000

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Anexo 7: Tabla de atributos con cálculos - mapa de la ruta óptima en ArcGIS**

<b>Name</b>	<b>Sequense</b>	<b>SideOfEdge</b>	<b>Cumul_Leng</b>	<b>Distancia consecutiva de tienda a tienda (km)</b>	<b>Tiempo por trayecto (s)</b>
Tienda La Alameda del Trianón	1	1	0.0000000000	0,042002927	1,512105
Supermercado Safra	2	2	42.00292669730	0,310364265	11,173114
Tienda mixta La Noble	3	1	352.36719184600	0,054578982	1,964843
Granero Gustamar	4	2	406.94617397800	0,113048198	4,069735
Minimercado Rio Bamba	5	2	519.99437230100	0,035378334	1,273620
Granero y legumbrería El Vecino	6	1	555.37270674300	0,257139272	9,257014
Mercado Colinas de La Paz	7	1	812.51197913000	0,132393785	4,766176
Granero y legumbrería El Altico	8	2	944.90576411200	0,283564047	10,208306
Salsamentaria la 45	9	2	1228.46981062000	0,418827557	15,077792
Granero y salsamentaria B y B	10	2	1647.29736803000	0,100276238	3,609945
Granero y legumbrería Germán	11	2	1747.57360613000	0,084226158	3,032142
la ventana del dorado	12	1	1831.79976442000	0,067666357	2,435989
La Legumbrería	13	1	1899.46612101000	0,148842291	5,358322
Aquí sus detalles	14	1	2048.30841170000	0,012673492	0,456246
Minimercado Competidor	15	1	2060.98190415000	0,097006459	3,492233
Helados el dorado	16	2	2157.98836345000	0,028053518	1,009927
Mercando	17	2	2186.04188117000	0,071088566	2,559188
Tienda el mango	18	1	2257.13044760000	0,214535494	7,723278
Nattys	19	1	2471.66594190000	0,066395181	2,390227
Café del eje	20	2	2538.06112333000	0,104866436	3,775192
El hornito del pan	21	1	2642.92755950000	0,114743881	4,130780
Minimercado el dorado la 41	22	2	2757.67144050000	0,075451751	2,716263
La hinchada 12	23	1	2833.12319158000		
Total					101,992435

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## Anexo 8: Estudio de movimientos

Movimiento	Medición																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bajarse del camión	7,6	6,7	5,7	7,6	6,6	5,3	7,0	6,0	6,3	6,3	7,8	6,0	6,3	6,6	5,0	5,9	5,4	7,4	5,1	5,8
Traslado a la tienda	9,4	10,1	11,0	11,2	9,8	11,5	11,9	11,9	11,2	9,1	11,1	11,0	11,0	10,8	10,6	10,1	9,8	10,9	10,2	10,6
Solicitar el PET	11,6	13,7	13,7	13,0	12,9	12,0	13,0	11,2	12,5	13,2	12,1	12,8	12,2	13,8	13,5	12,0	13,3	11,8	13,0	13,4
Esperar entrega	209,2	210,6	211,9	210,3	210,2	212,0	209,4	211,2	209,4	210,7	211,1	209,8	211,2	211,1	209,9	210,7	209,8	211,6	209,6	210,9
Recibir y pesar	9,8	8,5	8,2	9,6	8,3	7,4	7,4	9,9	8,5	8,5	8,9	9,3	8,8	10,0	9,4	9,3	8,9	9,1	7,6	9,8
Pagar y firmar comprobante	46,1	45,2	46,4	45,4	45,8	46,1	46,3	44,4	46,5	44,1	45,4	45,9	45,9	44,9	46,0	46,6	46,1	45,7	45,4	46,0
Trasladar el PET al camión	14,2	15,9	16,5	15,2	15,5	16,8	14,1	16,8	16,2	16,9	15,7	16,4	14,6	15,0	15,5	14,9	16,3	15,8	14,0	16,3
Ingresar PET recolectado	24,2	24,4	25,5	24,3	26,4	26,6	26,8	26,5	24,8	26,2	24,3	24,6	24,8	24,6	26,9	26,4	25,2	24,5	26,9	27,0

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Cerrar puerta lateral del camión	5,1	4,1	5,9	6,7	5,5	5,8	6,5	4,4	4,2	4,4	4,8	4,9	5,6	5,7	5,1	4,7	5,7	6,6	6,0	5,5
Ingresar al camión	5,2	7,8	7,5	6,7	7,9	5,0	6,7	5,9	7,8	6,7	5,1	7,1	5,3	6,5	7,1	7,4	7,7	6,3	5,0	6,5
<b>Total (segundos)</b>	342,3	347,0	352,1	350,0	348,8	348,5	349,1	348,2	347,3	346,2	346,5	347,6	345,6	348,8	348,9	347,8	348,4	349,6	342,8	351,8
<b>Total (horas)</b>	0,0951	0,0964	0,0978	0,0972	0,0969	0,0968	0,0970	0,0967	0,0965	0,0962	0,0962	0,0966	0,0960	0,0969	0,0969	0,0966	0,0968	0,0971	0,0952	0,0977

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## Anexo 9: AHP para el método de recolección

CRITERIOS	Relación beneficio/ costo	Adecuado al nivel de demanda	Interacción directa con el tendero para el pago
Relación beneficio/ costo	1	1	1/3
Adecuado al nivel de demanda	1	1	1/3
Relación con el tendero (acogida e interacción directa)	3	3	1

Ranking alternativas	Relación beneficio/ costo	Adecuado al nivel de demanda	Interacción directa con el tendero para el pago
Método de parada fija	0,56494584	0,318181818	0,063001733
Método de acera	0,26212279	0,318181818	0,155479718
Método Intradomiciliario	0,11758243	0,318181818	0,718516816
Método de contenedores	0,05534894	0,045454545	0,063001733

	Ranking criterios
Relación beneficio/ costo	0,2
Adecuado al nivel de demanda	0,2
Interacción directa con el tendero para el pago	0,6

	RANKING FINAL
Método de parada fija	0,21442657
Método de acera	0,20934875
Método Intradomiciliario	0,51826294
Método de contenedores	0,05796174

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

## Anexo 10: AHP para el tipo de equipo seleccionado

CRITERIOS	Relación beneficio/ costo	Volumen adecuado de carga	Nivel de tecnificación
Relación beneficio/ costo	1	1	5
Volumen adecuado de carga	1	1	3
Nivel de tecnificación	1/5	1/3	1

Ranking alternativas	Relación beneficio/ costo	Volumen adecuado de carga	Nivel de tecnificación
Sistemas de recolección por contenedores altamente especializados	0,03	0,23	0,45
Vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera, frontal y lateral	0,06	0,05	0,18
Vehículos compactadores de carga lateral	0,11	0,05	0,15
Vehículos compactadores de carga trasera	0,109183934	0,049087514	0,140149981
Vehículos sin mecanismos de compactación de carga lateral o trasera	0,238719479	0,490503728	0,054790638
Vehículos tipo volteo	0,45755096	0,129876628	0,029242359

	Ranking criterios
Relación beneficio/ costo	0,480637759
Volumen adecuado de carga	0,405376485
Nivel de tecnificación	0,113985756

	RANKING FINAL
Sistemas de recolección por contenedores altamente especializados	0,158949315
Vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera, frontal y lateral	0,069624526
Vehículos compactadores de carga lateral	0,090236841
Vehículos compactadores de carga trasera	0,088351947
Vehículos sin mecanismos de compactación de carga lateral o trasera	0,319821625
Vehículos tipo volteo	0,275898411

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Anexo 11: Tabla de amortización**

<b>TABLA DE AMORTIZACIÓN</b>						
<b>Periodo s</b>	<b>Saldo</b>	<b>Cuota sin seguro</b>	<b>Interés</b>	<b>Abono</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Cuota más seguro</b>
0	\$ 5.299.801	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.299.801	\$ 147.131
1	\$ 5.248.304	\$ 141.595	\$ 90.098	\$ 51.498	(\$ 147.131)	\$ 147.131
2	\$ 5.195.931	\$ 141.595	\$ 89.222	\$ 52.373	(\$ 147.131)	\$ 147.131
3	\$ 5.142.668	\$ 141.595	\$ 88.332	\$ 53.263	(\$ 147.131)	\$ 147.131
4	\$ 5.088.499	\$ 141.595	\$ 87.426	\$ 54.169	(\$ 147.131)	\$ 147.131
5	\$ 5.033.409	\$ 141.595	\$ 86.505	\$ 55.090	(\$ 147.131)	\$ 147.131
6	\$ 4.977.383	\$ 141.595	\$ 85.569	\$ 56.026	(\$ 147.131)	\$ 147.131
7	\$ 4.920.404	\$ 141.595	\$ 84.616	\$ 56.979	(\$ 147.131)	\$ 147.131
8	\$ 4.862.457	\$ 141.595	\$ 83.648	\$ 57.947	(\$ 147.131)	\$ 147.131
9	\$ 4.803.524	\$ 141.595	\$ 82.663	\$ 58.932	(\$ 147.131)	\$ 147.131
10	\$ 4.743.590	\$ 141.595	\$ 81.661	\$ 59.934	(\$ 147.131)	\$ 147.131
11	\$ 4.682.637	\$ 141.595	\$ 80.642	\$ 60.953	(\$ 147.131)	\$ 147.131
12	\$ 4.620.647	\$ 141.595	\$ 79.606	\$ 61.989	(\$ 147.131)	\$ 147.131
13	\$ 4.557.604	\$ 141.595	\$ 78.552	\$ 63.043	(\$ 147.131)	\$ 147.131
14	\$ 4.493.489	\$ 141.595	\$ 77.480	\$ 64.115	(\$ 147.131)	\$ 147.131
15	\$ 4.428.284	\$ 141.595	\$ 76.390	\$ 65.205	(\$ 147.131)	\$ 147.131
16	\$ 4.361.970	\$ 141.595	\$ 75.282	\$ 66.313	(\$ 147.131)	\$ 147.131
17	\$ 4.294.530	\$ 141.595	\$ 74.154	\$ 67.441	(\$ 147.131)	\$ 147.131
18	\$ 4.225.942	\$ 141.595	\$ 73.008	\$ 68.587	(\$ 147.131)	\$ 147.131
19	\$ 4.156.189	\$ 141.595	\$ 71.842	\$ 69.753	(\$ 147.131)	\$ 147.131
20	\$ 4.085.250	\$ 141.595	\$ 70.656	\$ 70.939	(\$ 147.131)	\$ 147.131
21	\$ 4.013.105	\$ 141.595	\$ 69.450	\$ 72.145	(\$ 147.131)	\$ 147.131
22	\$ 3.939.733	\$ 141.595	\$ 68.224	\$ 73.372	(\$ 147.131)	\$ 147.131
23	\$ 3.865.114	\$ 141.595	\$ 66.976	\$ 74.619	(\$ 147.131)	\$ 147.131
24	\$ 3.789.226	\$ 141.595	\$ 65.708	\$ 75.887	(\$ 147.131)	\$ 147.131
25	\$ 3.712.049	\$ 141.595	\$ 64.418	\$ 77.178	(\$ 147.131)	\$ 147.131
26	\$ 3.633.559	\$ 141.595	\$ 63.106	\$ 78.490	(\$ 147.131)	\$ 147.131
27	\$ 3.553.735	\$ 141.595	\$ 61.771	\$ 79.824	(\$ 147.131)	\$ 147.131
28	\$ 3.472.554	\$ 141.595	\$ 60.414	\$ 81.181	(\$ 147.131)	\$ 147.131
29	\$ 3.389.993	\$ 141.595	\$ 59.034	\$ 82.561	(\$ 147.131)	\$ 147.131
30	\$ 3.306.029	\$ 141.595	\$ 57.631	\$ 83.965	(\$ 147.131)	\$ 147.131

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

<b>31</b>	\$ 3.220.637	\$ 141.595	\$ 56.203	\$ 85.392	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>32</b>	\$ 3.133.793	\$ 141.595	\$ 54.751	\$ 86.844	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>33</b>	\$ 3.045.473	\$ 141.595	\$ 53.275	\$ 88.320	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>34</b>	\$ 2.955.651	\$ 141.595	\$ 51.774	\$ 89.822	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>35</b>	\$ 2.864.303	\$ 141.595	\$ 50.247	\$ 91.349	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>36</b>	\$ 2.771.401	\$ 141.595	\$ 48.694	\$ 92.901	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>37</b>	\$ 2.676.920	\$ 141.595	\$ 47.114	\$ 94.481	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>38</b>	\$ 2.580.833	\$ 141.595	\$ 45.508	\$ 96.087	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>39</b>	\$ 2.483.113	\$ 141.595	\$ 43.875	\$ 97.720	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>40</b>	\$ 2.383.731	\$ 141.595	\$ 42.213	\$ 99.382	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>41</b>	\$ 2.282.660	\$ 141.595	\$ 40.524	\$ 101.071	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>42</b>	\$ 2.179.870	\$ 141.595	\$ 38.806	\$ 102.789	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>43</b>	\$ 2.075.334	\$ 141.595	\$ 37.058	\$ 104.537	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>44</b>	\$ 1.969.019	\$ 141.595	\$ 35.281	\$ 106.314	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>45</b>	\$ 1.860.898	\$ 141.595	\$ 33.474	\$ 108.121	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>46</b>	\$ 1.750.938	\$ 141.595	\$ 31.636	\$ 109.960	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>47</b>	\$ 1.639.110	\$ 141.595	\$ 29.766	\$ 111.829	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>48</b>	\$ 1.525.380	\$ 141.595	\$ 27.865	\$ 113.730	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>49</b>	\$ 1.409.716	\$ 141.595	\$ 25.932	\$ 115.663	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>50</b>	\$ 1.292.087	\$ 141.595	\$ 23.965	\$ 117.630	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>51</b>	\$ 1.172.457	\$ 141.595	\$ 21.966	\$ 119.629	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>52</b>	\$ 1.050.794	\$ 141.595	\$ 19.932	\$ 121.663	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>53</b>	\$ 927.063	\$ 141.595	\$ 17.864	\$ 123.731	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>54</b>	\$ 801.228	\$ 141.595	\$ 15.760	\$ 125.835	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>55</b>	\$ 673.254	\$ 141.595	\$ 13.621	\$ 127.974	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>56</b>	\$ 543.104	\$ 141.595	\$ 11.445	\$ 130.150	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>57</b>	\$ 410.742	\$ 141.595	\$ 9.233	\$ 132.362	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>58</b>	\$ 276.129	\$ 141.595	\$ 6.983	\$ 134.612	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>59</b>	\$ 139.228	\$ 141.595	\$ 4.694	\$ 136.901	(\$ 147.131)	\$ 147.131
<b>60</b>	(\$ 0)	\$ 141.595	\$ 2.367	\$ 139.228	(\$ 147.131)	\$ 141.595

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.