

Diseño de un modelo para el sistema de distribución bajo el enfoque de logística inversa en las organizaciones productoras de envases tereftalato de polietileno PET en Bogotá, Colombia

pags 123-141

Grupo de investigación Centro de Investigaciones y Desarrollo Empresarial CINDE

Línea de investigación: Logística

Investigador Principal: Mónica Yinette Suárez Serrano*

Coinvestigadores: Clara Marcela Quevedo Bohórquez** y Johanna Katherine Quivano Santacruz***

Recibido: 10 de octubre de 2014 Aceptado: 5 de diciembre de 2014

RESUMEN

Normalmente cuando se habla de distribución se piensa en el proceso de llevar los productos terminados a los comerciantes o consumidores. Sin embargo, el campo de la Logística Inversa LI incluye una distribución completa, es decir, además gestionar flujos y traslados de materiales o productos desde el proveedor hasta el consumidor final, contempla también, las acciones de planear y realizar la recolección de los residuos generados en cualquiera de los eslabones de la cadena de suministro. Por tanto, esta propuesta presenta el diseño de un modelo de tipo descriptivo que incluye algunas de las consideraciones que las organizaciones deben tener en cuenta para gestionar la recolección de los residuos de los envases elaborados en PET o PEAD, con miras a una posterior inserción de estos a un proceso de recuperación o transformación.

Palabras claves: Distribución, Logística Inversa, Flujos Inversos, Plásticos, Recuperación de valor.

ABSTRACT

Usually when we talk about distribution you think about of the transport process of finished products to merchants or consumers. However, the field of Reverse Logistics includes a complete distribution. It means manage flows and transfers of materials or products from the supplier to the consumer and plan and implement the collection of waste generated in any link in the supply chain. Therefore, this proposal presents the design of a descriptive model that includes some of the considerations that the organizations may consider to manage the collection of packaging waste produced in PET or HDPE, with a view to a later insertion such a transformation process or recovery.

Keywords: Distribution, Reverse Logistics, Inverse flows, Plastics, recovery value.

* Docente Investigador Universidad de América, programa de Ingeniería Industrial: monica.suarez@investigadores.uamerica.edu.co

** Estudiante de Décimo semestre de Ingeniería Industrial. Co-investigadora CINDE, en la línea de Logística Inversa, semillero de Investigación del grupo CINDE.

*** Estudiante de Décimo semestre de Ingeniería Industrial. Co-investigadora CINDE, en la línea de Logística Inversa, semillero de Investigación del grupo CINDE.

1. INTRODUCCIÓN

La Logística Inversa se define como la gestión de manera eficiente y costo efectivo del flujo de materiales, inventarios en proceso, productos terminados e información relacionada, destinados al reprocesamiento, reciclaje, reutilización o disposición final desde el eslabón donde perdieron o disminuyeron su vida útil, para recuperar total o parcialmente su valor, disminuyendo el impacto medioambiental y los costos asociados” (Dale, R. Tibben –Lembke, 1998, citados en Monroy y Ahumada, mayo 2006).

La implementación de los procesos de la logística inversa se ha incrementado notablemente desde sus inicios en la década de los ochenta. Aunque inicialmente comenzó con la necesidad que experimentaron las industrias de retornar a la fábrica los productos defectuosos, el término evolucionó con el nacimiento de la conciencia ambiental, especialmente cuando las empresas americanas descubren los beneficios económicos que representa la investigación de este tipo de procesos, luego se fortalece por la presión ejercida por la escasez y encarecimiento de algunas materias primas, hasta convertirse en un factor estratégico para las compañías. Actualmente la logística inversa ha llegado a convertirse en parte fundamental de la estrategia de las empresas, especialmente para las empresas que deben competir en un ámbito global (Monroy y Ahumada, mayo 2006).

Para las empresas productoras de envases en PET la aplicación de prácticas de Logística Inversa se consideran para esta investigación como factor fundamental para su competitividad, debido a que el consumo global del PET, según información publicada en el Ecologista, México 2011, se calcula en 12 millones de toneladas con un crecimiento anual de 6%. Esta misma fuente plantea que el problema ambiental de este polímero radica en que tan sólo 20% del PET que se consume en el mundo se recicla, el resto se dispone en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto.

El consumo per cápita de PET en Colombia, equivale al 15% del de Norteamérica y al 67% del promedio en Suramérica (El Mundo, 2010). En particular en Bogotá, se recogen cerca de 6.000 toneladas diarias de basuras en el Relleno Sanitario de Doña Juana (Hernández, 2010), de las cuales el 40% se estima son residuos inorgánicos, y de ese 40% el 20% aproximadamente 175.200 toneladas anuales, son productos como botellas de agua, bolsas, recipientes de aceites, envases de productos de aseo, envases de gaseosas entre otros, uno de los componentes principales de estos desechos es el Tereftalato de polietileno, material que es 100% reciclable (Consejo de Bogotá, 2012).

Las características de transparencia, impermeabilidad, cristalinidad, alta resistencia al plegado, baja toxicidad, baja absorción de humedad y su actuación como barrera para algunos gases entre ellos el CO₂ y el O₂, del Tereftalato de Polietileno PET, hacen que éste se considere uno de los materiales más apropiados para el empaquetado y envasado de productos de consumo humano. Otros de los usos más representativos de este material es el textil, utilizado para fabricar fibras sintéticas y en tejidos industriales para fabricar otros productos como cauchos y lonas. Adicionalmente el PET film, es utilizado particularmente para la fabricación de películas fotográficas, de rayos X y de audio.

Debido a sus múltiples aplicaciones y el incremento presentado en el consumo del PET, la cantidad de residuos generados en los procesos de fabricación, embalaje, distribución y disposición final de los artículos elaborados en este material, representan una oportunidad para que a través de proyectos de investigación se propongan metodologías encaminadas a la recuperación del valor y con éstas lograr una disminución de costos de operación.

Es preciso que las organizaciones entiendan que evitar los desperdicios y residuos, “puede llegar a garantizarles mejores niveles de competitividad” (Vellojín Meza y Amaya, 2006, p. 188), en un mercado donde cada vez es más

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

difícil competir y estar a la vanguardia de la globalización con procesos que devuelvan de alguna manera el valor de lo que se considera un residuo y ser conscientes y amigables con el entorno que nos rodea; es vital indagar, qué se debe hacer cuando se da por terminado el ciclo de vida, cómo devolver estos productos vacíos a la organización e incluirlos dentro de un proceso para ser utilizados y lograr así, una logística inversa donde es necesario hacer una clasificación, limpieza y en algunos casos una reparación; proceso imprescindible para poder ser re-utilizados ya sea mediante la reducción de la fuente, reuso, remanufactura, reciclaje, incineración o disposición final adecuada.

En el marco de la Logística Inversa el sistema de distribución juega un papel importante, dado que en los procesos de recuperación de valor se hace necesario planear y programar un flujo de materiales o productos, desde el punto donde perdieron o disminuyeron su vida útil hasta los fabricantes u organizaciones encargadas de esta labor. En este sentido, este artículo propone un conjunto de lineamientos que deben tenerse en cuenta al momento de planear los puntos de recolección, rutas y métodos de transporte de los residuos derivados de los envases en PET.

2. MÉTODO

El método de la investigación fue constituido en cuatro fases: a. consolidación de los fundamentos teóricos sobre distribución inversa necesarios para el proyecto, b. Definición de variables directas e indirectas, a través de fuentes de información primarias y secundarias, c. diseño de la estructura del modelo y d. Diseño de la operatividad. El desarrollo de las mencionadas fases se presenta a continuación.

2.1. Fundamentos teóricos: caracterización de la distribución dentro de la logística inversa

La distribución inversa es la tarea de recoger productos desechados para ser transporta-

dos devuelta a un punto de recogida ya sea para reciclaje, refabricación o reutilización. Los materiales desechados pueden incluir productos post-industria, productos que cumplieron su vida útil, productos que sufrieron averías en las entregas, materiales de embalaje, envió, entre otros.

La distribución inversa es un proceso continuo integrado en el que la organización (fabricante o distribuidor) asume la responsabilidad de la entrega de nuevos productos, así como su disposición final; esto significa que las consideraciones para todo el ciclo de vida de un producto deben completarse, desde su producción, distribución, consumo hasta su reciclaje o eliminación (Rodríguez, 2012).

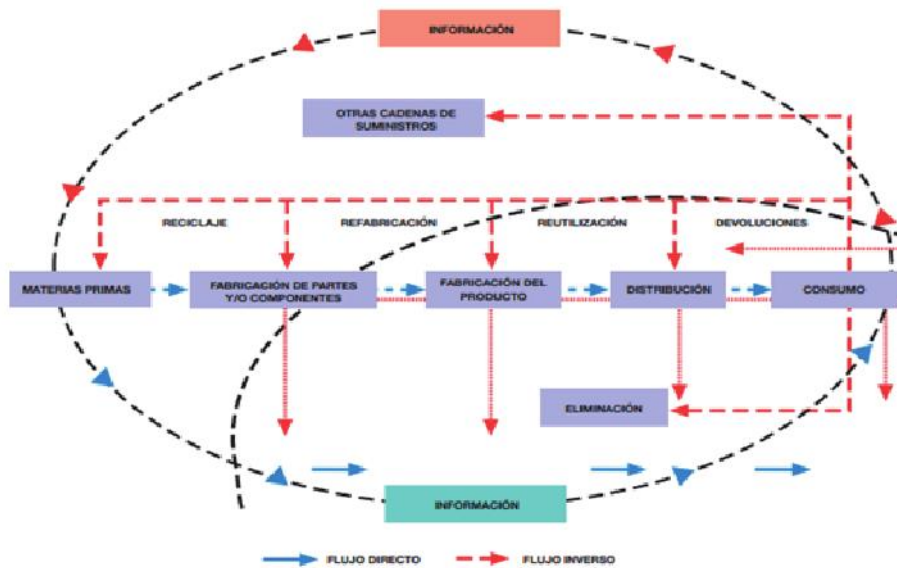
La distribución no debe entenderse como un flujo lineal, sino circular y, por tanto, se debe ocupar también del movimiento de los residuos generados en cualquier etapa de la cadena de valor del producto para que lleguen a las empresas encargadas de recuperarlos económicamente mediante un proceso de reutilización, reparación o reciclaje. Al conjunto de actividades que permiten dicho movimiento se le denomina distribución inversa y los elementos que participan en él constituyen los diferentes flujos inversos o canales de retorno (Chamorro y Rubio, 2004), los cuales se visualizan en la Grafica 1.

En el sistema de distribución bajo el enfoque de logística inversa se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: la mayoría de los sistemas de distribución no están equipados para manejar un movimiento inverso del producto; las mercancías de retorno a menudo no pueden ser transportadas, almacenadas o manipuladas de la misma manera que las mercancías salientes y por último revertir los costos de distribución puede ser más costoso que la distribución tradicional (Guide, 2000). Además es importante resaltar que las operaciones de recolección y transporte de los residuos representan entre el 60 y 80% de los costos globales y tienen en consecuencia una gran importancia económica para las organizaciones (Fernández, 2013).

De este modo, una adecuada gestión de la distribución inversa agrupa temas como: frecuencia y horarios de recolección, equipos y el personal necesario, rutas de recolección y condi-

ciones de transporte. Dichas actividades requieren ser planificadas y ejecutadas de manera efectiva para conseguir el éxito del aprovisionamiento de los productos a los usuarios.

Gráfica 1. Flujos de distribución inversos



Fuente. CHAMORRO Antonio y RUBIO Sergio. Los sistemas de distribución inversa para la recuperación de residuos para la recuperación de residuos: su desarrollo en España. 2004

2.2. Diseño del modelo

Para efectos de la presente investigación se asume el concepto de modelo propuesto por Bertoglio (1993) en su documento “Introducción a la teoría general de sistemas” donde lo describe como un “cuerpo sistemático de construcciones teóricas que pueda discutir, analizar y explicar las relaciones generales del mundo empírico”. Además se reconoce que dicho cuerpo sistémico representa la realidad y sirve como patrón o guía de acción. El modelo propuesto incluye los factores que se deben considerar en la gestión del proceso de distribución bajo el enfoque de logística inversa.

Para el diseño del modelo se identificaron dos tipos de variables, directas e indirecta. Las primeras se definen como aquellas que tienen relación directa con el proceso de dis-

tribución inversa y las segundas las que lo hacen posible.

2.2.1. Identificación de variables

El proceso de identificación de variables se desarrolló a través de una metodología que combinó fuentes primarias y secundarias de información. Dentro de las fuentes primarias se diseñó una entrevista estructura y dirigida, la cual consta de 14 preguntas que permitieron evaluar tres factores principales: perfil, prácticas de recolección y operatividad del sistema de distribución de las organizaciones entrevistadas, a partir de las cuales se identificaron las variables directas del modelo.

Para la aplicación la entrevista se estableció que las organizaciones que fueran objeto de estudio debían estar ubicadas en la ciudad

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

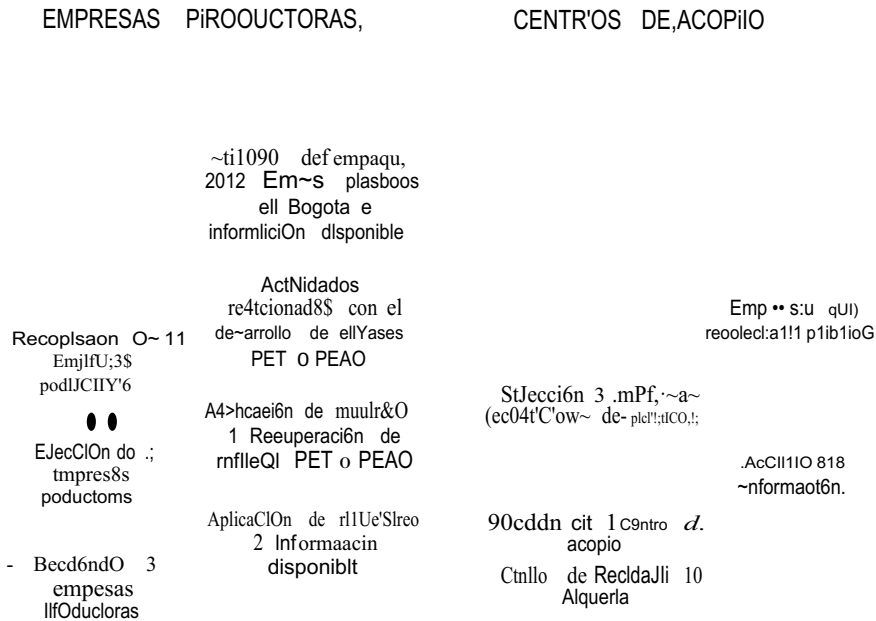
de Bogotá, estar registradas ante los entes de control respectivos y contar con la información necesaria para el progreso satisfactorio de la investigación.

Por otro lado, para el desarrollo de la entrevista se definieron dos perfiles de organizaciones, uno corresponde a empresas productoras de PET o PEAD y otro a centros de acopio de residuos derivados este material. Las empresas productoras son aquellas empresas que fabrican

productos a partir de materiales PET o PEAD y los centros de acopio son aquellas organizaciones que se dedican a recolectar, comprar, seleccionar, clasificar, reprocesar, empaçar, transportar o comercializar residuos derivados del material que es objeto de este estudio.

Definidos los perfiles se procedió a emplear técnicas de muestreo no probabilístico, por conglomerados y por conveniencia, tal y como se muestra en la Grafica 2.

Gráfico 2. Muestreo



Fuente. Autores

De esta forma, la muestra está constituida por las siguientes organizaciones: Aproplast S.A.S, Enka de Colombia S.A y Soplascal LTDA, en el grupo de las productoras y por el Centro de Reciclaje la Alquería en el grupo de los centros de acopio. Es de anotar, que la información analizada en esta investigación se obtuvo de la siguiente manera: Enka de Colombia, Soplascal y el Centro de Reciclaje la Alquería, se aplicaron

entrevistas además de tomar como referencia fuentes de información secundaria y para Aproplast Ltda se adquirió información únicamente a través de fuentes secundarias.

Como resultado del análisis de la información obtenida de las empresas involucradas en el estudio se identificaron las variables directas que se presentan en la Gráfica 3.

Gráfica 3. Variables directas

...

~(.....)

Fuente. Autores

Una vez identificadas las variables directas del modelo se empleó el método de causa y efecto de Ishikawa, con el objetivo de identificar las causas principales de los problemas de la distribución inversa y a partir de ellas definir cuáles serían las variables indirectas del modelo. Para ello, se definieron siete espinas a analizar: stakeholders, método, máquina, gobierno, medio ambiente, mano de obra y materiales.

Culminada la etapa de definición de las causas secundarias en los problemas de los sistemas de distribución inversa, se procedió a través de Matriz Vester a priorizar, clasificar y caracterizar las mencionadas causas. En esta metodología se comparan todas las causas entre sí y se califican de acuerdo a la siguiente escala: si no se considera causa de causa se asigna 0, si es una causa indirecta de otra causa se asigna 1, si la causa es medianamente directa sobre otra se asigna 2 y si la causa es

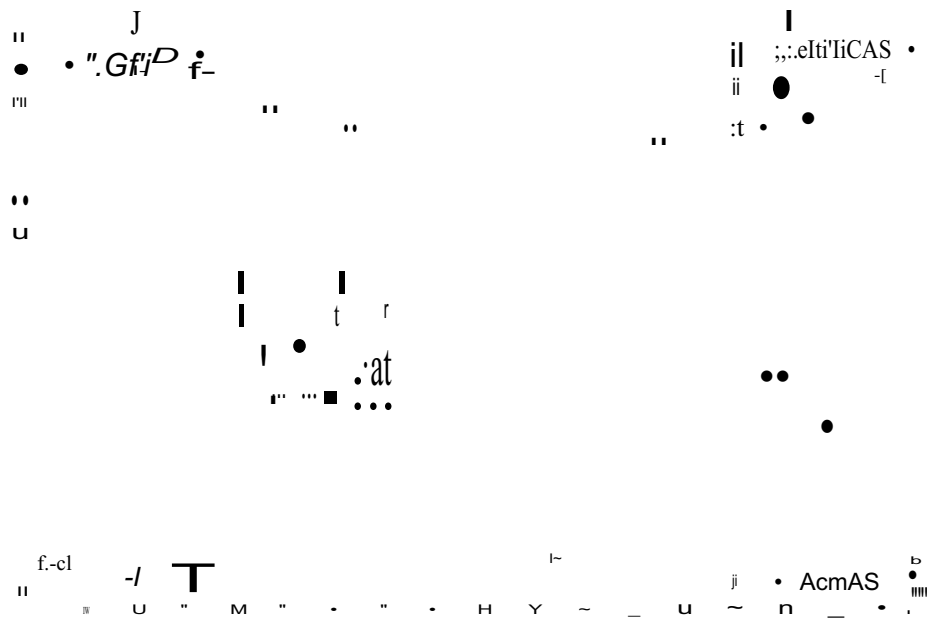
directa se asigna 3. Los resultados de esta calificación se muestran en la Tabla 1.

El Gráfico 5 es el resultado obtenido al haber aplicado la herramienta de Matriz de Vester con respecto a las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, y las cuales se han ubicado en un plano cartesiano con cuatro cuadrantes, clasificados de la siguiente manera: **pasivos**, para la investigación son aquellas causas que se pueden tener en cuenta como recomendaciones pero no son las causas que generan el problema indirectamente; **críticos**, son causas de gran influencia y que pueden afectar de una manera indirecta el problema, por lo que requieren de cuidado en su análisis y de las cuales se obtienen las *variables indirectas*; **indiferentes**, fueron denominadas como las causas de baja influencia del problema en una manera indirecta y **activos**, estas causas tienen una alta influencia y al igual que las causas críticas se constituyen en variables indirectas para esta propuesta.

A partir de la aplicación de la Matriz de Vester y su análisis, se determinan las variables indirecta que afectan el sistema de distribución de

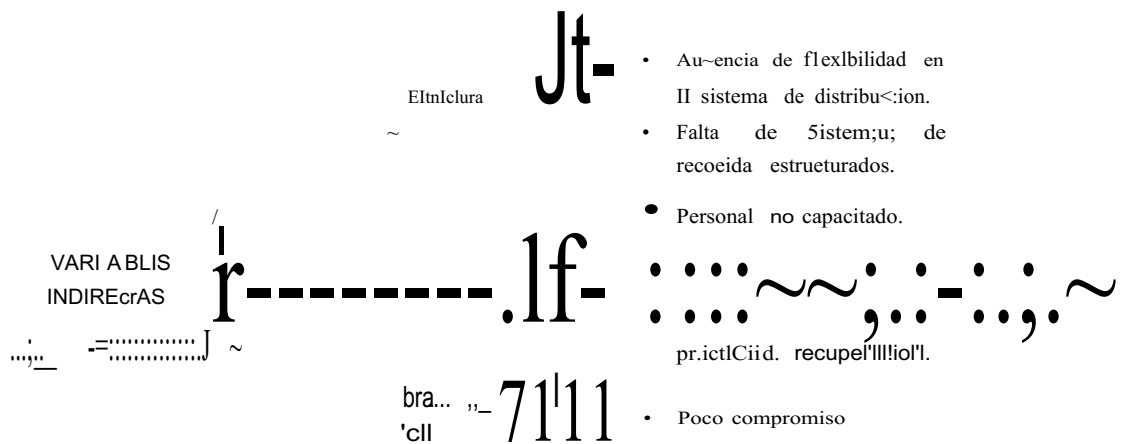
las empresas productoras y centros de acopio de envases plásticos en Bogotá, Colombia, las cuales se visualizan en la Gráfica 6.

Gráfica 5. Plano cartesiano- Matriz Vester



Fuente. Autores

Gráfica 6. Variables indirectas



Fuente. Autores

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

2.2.2. Estructura del modelo

La estructura del modelo se compone del conjunto de variables directas e indirectas identificadas en las fases anteriores y se representa en la Gráfica 7.

El modelo comprende dos bloques fundamentales, el primer bloque, está integrado por las variables indirectas que permiten que sea posible la

ejecución del sistema: estructura organizacional, capacitación en prácticas de logística inversa y estrategias motivacionales; el segundo bloque, corresponde a las variables directas involucradas en el sistema: sistema de recogida, rutas, estado del material, cantidad de materia prima recuperada y proceso. Como se puede evidenciar el sistema de recogida agrupa los requerimientos, las rutas (unión de la zonificación y la sectorización) y la generación y validación de rutas.

Gráfica 7. Modelo de los sistemas de distribución y recolección

~ANIZACIONAL

VAAI4BLE5 DIRECTAS

SIS'FIEMAS OE R&COG OA

R!:n"AS

a

CANIIDAD't
mAOO

Fuente: Elaborado y modificado por autores basados en BANDALA Magdalena y OSORIO María. 2011.

2.2.3. Operatividad del modelo

La operatividad hace referencia al funcionamiento del modelo y a las características de aplicación de cada una de las variables incluidas en su diseño, la cual se especifica en los siguientes apartados.

2.2.3.1. Estructura organizacional

Según los resultados obtenidos de las fuentes primarias, se identificó que para la aplicación del modelo se requiere de una departamentalización por funciones y una estructura lineal, ya que esto permite realizar funciones específicas y un mayor control en la supervisión de las actividades, asimismo, delimita las responsabilidades según su ocupación dentro de la pirámide organizacional.

2.2.3.2. Capacitación

Para la aplicación del modelo se hace necesario entrenar a los distribuidores y consumidores en los temas que tengan relación con las

prácticas de recolección de los residuos para que se garantice una participación adecuada y un compromiso de ellos en los sistemas de logística inversa. Por tanto, este trabajo propone una metodología para el proceso de capacitación y el diseño de algunos módulos y temas a tener en cuenta.

En el Diagrama 1 se presentan los pasos que consideran los autores que deben realizarse en un proceso de capacitación.

- **Relevamientos de habilidades de trabajo:** determinar cuáles son los conocimientos y habilidades operativas, técnicas y administrativas que tiene cada uno de los miembros en la organización en la función que desempeña.
- **Matriz de habilidades:** descripción de las habilidades y rendimientos de los empleados dentro de la organización, para saber qué tipo de modificaciones se debe hacer a su comportamiento.

Diagrama 1. Diagrama de flujo capacitación

dt~S6lca&
!To de los ector es

Fuente. Autores

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

- **Autoevaluación:** son las competencias identificadas por cada empleado y han sido evaluadas por ellos mismos, dichas habilidades son adquiridas a través de la formación y la experiencia.
 - **Evaluación:** es el proceso que sirve cuantitativa y cualitativamente el grado de eficacia y eficiencia de las personas en el desempeño de su rol, llámese fabricante, distribuidor o consumidor, mostrándoles sus puntos fuertes y débiles con el fin de ayudarles a mejorar. Para identificar los aspectos que necesitan ser mejorados para establecer planes de formación, reforzar sus técnicas de trabajo y gestionar el desarrollo.
 - **Necesidades detectadas:** tiene una gran importancia ya que es el factor que orienta la estructuración y desarrollo de planes y programas para el establecimiento y fortalecimientos de conocimientos, habilidades o actitudes en los participantes, contribuye a que la contribuye a que la organización ofrezca una capacitación inadecuada
 - **Sistemas de evaluación de desempeño:** permiten medir la situación actual que servirá de línea base para evaluar la efectividad posterior a la capacitación
 - **Otros:** hacen referencia a aquellos factores que inicialmente no se contemplaron pero que son importantes para la implementación del sistema de logística inversa.
 - **Detectar las necesidades de capacitación:** como se mencionó anteriormente una vez detectado las necesidades, ya se puede dar ejecución al plan de capacitación
 - **Plan de capacitación:** planificar y sistematizar las actividades. Entre sus principales funciones: definición y priorizar los temas, programar de las actividades que llevarán a cabo, determinar los recursos necesarios y ayudas técnicas educativas necesarias, especificación de la duración de la capacitación.
 - **Realización de la capacitación:** ejecutar el programa propuesto, esto implica coordinación de la organización, esfuerzo de todos los empleados, horarios del personal involucrado, así como el registro y control de las actividades que se llevan a cabo.
 - **Medición de eficacia y efectividad:** establecimiento de los medios que permitirán evaluar el aprendizaje de los participantes, por medio de indicadores de impacto, como lo plantea Goldman. En la Tabla 2. se enuncian algunos indicadores que plantea Goldman para la medición de efectividad y eficacia de la capacitación.
- A continuación se plantean diferentes módulos de capacitación dependiendo de cada actor: fabricante, distribuidor y consumidor, con los programas que se consideran más relevantes en cada uno de los casos, sin embargo estos deberán sufrir ajustes ya que los temas dependerán de las necesidades detectadas por cada organización.
- **Capacitación del Fabricante.** Los fabricantes deben conocer la dinámica y operatividad de sus procesos y las características de sus productos: estado, composición física y química entre otros. Los temas propuestos para capacitar al fabricante son: logística inversa, sistemas logísticos inversos, generación y clasificación de residuos, separación en la fuente, normas de seguridad para el personal encargado de la recolección, rutas de recolección y almacenamiento de residuos, proceso para la transformación del residuo, limpieza y desinfección del área de trabajo y suministro de información frente al proceso de recolección.
 - **Capacitación del distribuidor inverso.** El proceso de despachos, entregas y recogidas es considerado como uno de los más importantes debido a que permite mantener la credibilidad y permanencia en el mercado. Por tanto, quien se encargue de las tareas de recolección debe ser capacitado en algu-

Tabla 2. Indicadores de impacto de la capacitación

Indicadores de impacto de la capacitación	
Horas por trabajador	= $\frac{\text{Total de horas de capacitación}}{\text{Total de trabajadores}}$
Cobertura de la capacitación (%)	= $\frac{\text{Número de empleados capacitados}}{\text{Total de trabajadores}} \times 100$
Asistencia a la capacitación (%)	= $\frac{\text{Número de empleados convocados}}{\text{Número de empleados que asistieron}} \times 100$
Costos de la capacitación por trabajador (%)	= $\frac{\text{Inversión de la capacitación}}{\text{Total de trabajadores}} \times 100$
Porcentaje de aprobación (%)	= $\frac{\text{Número de empleados aprobados}}{\text{Número de empleados que efectivamente asistieron al curso}} \times 100$
Porcentaje de conductas aprendidas	= $\frac{\text{Número de conductas demostradas por la persona}}{\text{Número llamados aprendizajes esperados}}$
Retorno sobre la inversión	= $\frac{\text{Beneficio obtenido post actividad de capacitación}}{\text{Inversión realizada}}$

Fuente. GOLDMAN Kurt. Algunos indicadores que permiten evaluar la gestión de la capacitación. 2011.

nos temas relacionados como: definición de sistemas logísticos Inversos, logística inversa y desarrollo sostenible, sensibilización en la gestión integral del manejo de residuos, función de la distribución y su importancia, identificación de los factores para el funcionamiento del sistema de recogida, transporte y su importancia, aspectos técnicos y económicos que influyen en el transporte, rutas de recolección y almacenamiento de residuos, limpieza y desinfección del área de trabajo y requerimientos de información frente al modelo.

- **Capacitación del consumidor.** El éxito de prácticas de logística inversa está relacionada directamente con la participación de los consumidores en la cadena de suministro, por lo que es indispensable que estos participen activamente y lo hagan de forma adecuada. Los siguientes temas se proponen para capacitar al consumidor: Logística inversa y desarrollo sostenible, definición de residuos sólidos y su clasificación, sensibilización en la gestión integral del manejo de residuos, gestión integral de residuos sólidos, acciones

preventivas frente a los residuos, estadísticas en Colombia, soluciones: participación de la comunidad, conceptualización y rutas de recolección y almacenamiento de residuos.

2.2.3.3. Estrategias motivacionales

Las estrategias motivacionales pueden derivarse del estado evolutivo en el que se encuentre la aplicabilidad de las prácticas de logística inversa y los estilos de gestión en las organizaciones, es decir, por ejemplo, tres organizaciones que desarrollan la misma actividad económica implementan prácticas de logística inversa, una de ellas se encuentra motivada en la gran cantidad de devoluciones que se presentan en sus procesos y sus costos asociados, otra en la escasez de las materias primas y la última, en la definición de estrategias para adquirir ventajas competitivas. El máximo nivel evolutivo para esta investigación se considera cuando una organización es capaz de reconocer las prácticas de Logística Inversa como fuentes de recuperación de valor y de ventajas competitivas sostenibles.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

2.2.3.4. Sistema de recogida

Como resultado de esta investigación se identifica que una de las principales causas por las que las organizaciones limitan la aplicación de prácticas de logística inversa hace referencia a los altos costos de recolección, por tanto, en el marco de este trabajo se propone que las organizaciones en la fase inicial de proyectos relacionados con la recuperación de valor de los residuos, se apoyen para los procesos de recolección en el programa Basura Cero cuyo objetivo es lograr que los residuos sólidos no sean enterrados o incinerados, sino aprovechados y devueltos al ciclo productivo en un 100% (Bogotá Humana, 2012).

Uno de los actores en el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos de Bogotá es el Centro de acopio la Alquería que pertenece a la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP, entidad adscrita a la Secretaría Distrital de Hábitat, que tiene como objetivo coordinar, supervisar y controlar los servicios de recolección, transporte, disposición final, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos y otros servicios distritales (Subrayado fuera de texto).

En la actualidad este centro de acopio es subsidiado por la Alcaldía Mayor de Bogotá y cuenta con la infraestructura para la recepción, clasificación y comercialización del material reciclado recolectado en las 736 rutas de recolección selectiva que manejan los cuatro operadores de recolección de desechos que se pueden encontrar en la ciudad. Estas rutas cubren cerca de 678.298 usuarios de servicio público de Bogotá, es decir, el 33% de la ciudad, en 15 localidades.

El centro recibe en promedio entre 8 y 12 toneladas de material reciclable, pero tiene disposición para manejar hasta 20 toneladas diarias; cabe resaltar que el volumen de material reciclado no es muy alto ya sea por la falta de información de los usuarios de las rutas selectivas y la falta de cultura de reciclaje que apenas se está implementando en la ciudad sin ser toda-

vía suficiente para que las personas entreguen estos desechos de una manera que sea de fácil recolección y clasificación (Alfonso, Licen y Ruiz, 2010).

Es así como, las organizaciones que generan residuos y no poseen la infraestructura para el aprovechamiento, pueden considerar a través de su gestión hacer uso de las rutas selectivas del Centro de Reciclaje la Alquería para que por medio de su operatividad estos residuos sean llevados hasta las empresas transformadoras de este material.

2.2.3.4.1. Requerimientos

Para la estructura del modelo se definen como requerimientos del sistema de distribución: la definición de zonas para la recolección, condiciones del material recuperado y estimación de la demanda.

- **Definición de zonas para la recolección:** Teniendo en cuenta que el modelo propone adoptar algunas de las experiencias de “Basura Cero”, las zonas propuestas para el modelo se constituirán en las 6 zonas de recolección para la ciudad de Bogotá: Zona 1: Usaquén y Suba, Zona 2: Engativá y Fontibón, Zona 3: Chapinero, Barrios Unidos, Teusaquillo, Santa Fe, Candelaria y Mártires, Zona 4: Puente Aranda, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, Zona 5: Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Usme y Zona 6: Kennedy y Bosa. En estas zonas, la Alcaldía Mayor de Bogotá garantiza el servicio de recolección de los residuos, como mínimo, tres (3) veces por semana, en turnos diurnos y nocturnos, y el esquema operativo básico corresponde a seis (6) macro-rutas y 618 micro-rutas para toda la ciudad (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2012).

Dado lo anterior las organizaciones deben identificar en cuáles de las zonas mencionadas se encuentran ubicados sus residuos para planear su recolección teniendo en

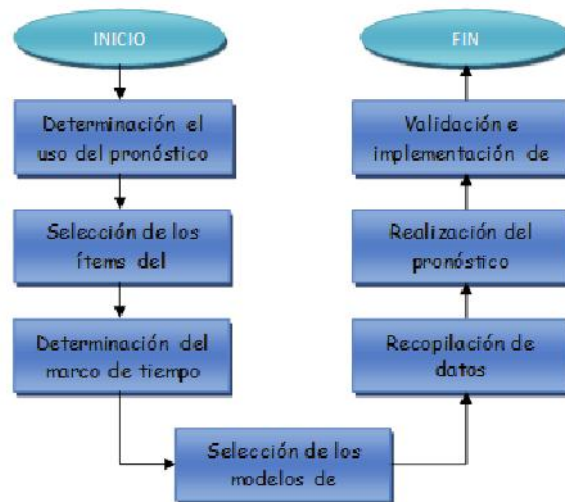
cuenta las restricciones de prestación del servicio.

- **Condiciones del material recuperado:** La importancia del control de calidad en los procesos de aprovechamiento de los residuos plásticos es necesaria para conseguir materiales procesados que respondan a las estrictas especificaciones del mercado. Con el fin de conseguir el mejor precio posible para las materias primas secundarias generadas en los procesos de reciclaje de plásticos, es necesario tener en cuenta los parámetros en la recolección de los residuos que se describen a continuación.
 - Recoger en el punto de generación los residuos de acuerdo a su orden de llegada con el fin de minimizar la degradación de los agentes contaminantes contenidos en los plásticos; de esta manera se puede disminuir la generación de olores indeseables.
 - Para la optimización de la operación del sistema de recolección es importante la reducción del volumen de los desechos de PET y PEAD, este proceso puede ser desarrollado por el centro de acopio intermediario a través de la compactación de materiales o por el consumidor final antes de disponerlos en los contenedores adecuados.
 - Para el almacenamiento de los materiales plásticos recuperados se recomienda el uso de bolsas de polipropileno tipo “Big Bag”, las cuales presentan una alta resistencia al impacto y al peso. En el almacenamiento se debe tener en cuenta las siguientes condiciones: a. Mantener cerradas las bolsas para evitar la dispersión de los productos y protegerlos de la humedad y el polvo, estos factores pueden afectar la calidad del material y disminuir su precio de venta, b. Almacenar los materiales por tipo de resina y color, c. Dividir la zona de almacenamiento en

secciones exclusivas para cada tipo de resina. Es recomendable rotular cada bolsa con el nombre del material que contiene, el color del mismo y la cantidad de material contenida y d. Mantener los materiales bajo techo, los rayos solares pueden afectar sus propiedades químicas y degradarlos disminuyendo su calidad (*Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008*).

- **Estimación de la demanda:** La estimación de la demanda para el sistema de distribución inversa se refiere a realizar pronósticos a partir de datos históricos correspondientes a los residuos generados que demandaron procesos de reciclaje, reutilización o refabricación y por tanto, requirieron ser recogidos en el punto donde disminuyeron su valor o finalizaron su ciclo de vida. Para ello se adopta para este proyecto la metodología propuesta por el sitio web SME TOOLKIT para el desarrollo de pronósticos (ver Diagrama 2).

Diagrama 2. Diagrama de flujo pronóstico de demanda



Fuente: Elaboración propia con base en SME TOOLKIT. Pronóstico de la demanda: ¿Qué es el pronóstico de la demanda?. México. 2009.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

2.2.3.5. Zonificación y sectorización

La zonificación es la primera etapa del diseño de las rutas, la cual consiste para esta propuesta en dividir la ciudad de Bogotá en zonas, de manera que cada zona asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Las zonas pueden ser divididas en sectores, ofreciendo cada uno de ellos un trabajo completo para un viaje de recolección. Para llevar a cabo la zonificación y la sectorización de la ciudad se propone la metodología de la Diagrama 3.

Diagrama 3. Diagrama de flujo zonificación



Fuente: Elaborado por autores basado en: SAKURAI Kunitoshi. Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos. 1980.

2.2.4 Ubicación del Centro de acopio y costos de transporte:

Para definir la ubicación del centro de acopio y los costos aproximados de la recolección se adaptó el método de ubicación de instalación sencilla para establecer un centro de gravedad con el mínimo costo planteado por Ronald Ballou en su libro “Logística Administración de la cadena de suministro”.

La ubicación de instalación sencilla es un modelo que se utiliza para ubicar una sola planta, terminal, almacén o punto de menudeo o de servicio, para el caso del modelo se constituye en un centro de acopio. Este método busca mini-

mizar la suma del volumen en un punto, multiplicada por la tarifa de transportación para enviar al punto, multiplicada por la distancia hacia el punto, lo cual será el costo total de transportación. El modelamiento matemático del método es el siguiente:

Ecuación 1. Función objetivo

$$Min TC = \sum_i V_i R_i d_i \tag{1}$$

Donde:

TC = costos total de transportación

V_i = volumen en el punto i

R_i = tarifa de transportación al punto i

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

La ubicación de la instalación se obtendrá al resolver dos ecuaciones para las coordenadas de la ubicación (estas ecuaciones se derivan de las ecuaciones 1 y 4). Estas coordenadas exactas del centro de gravedad son:

Ecuación 2. Ubicación sencilla en X

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i d_i} \tag{2}$$

Ecuación 3. Ubicación sencilla en Y

$$= \frac{\sum_i V_i R_i Y_i / d_i}{\sum_i V_i R_i / d_i} \tag{3}$$

Donde:

\bar{X}, \bar{Y} = puntos de coordenadas de la instalación ubicada.

X_i, Y_i = puntos de coordenadas de los puntos de fuente y de demanda.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

Terminada la etapa del cálculo de datos necesarios para el software, se procedió a realizar las iteraciones hasta estabilizar los costos tota-

les. A continuación se muestran los datos arrojados por el software LOGWARE:

Imagen 1. Datos de entrada

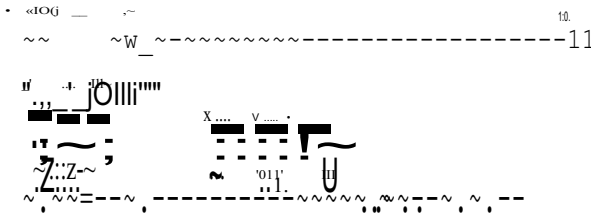


Imagen 2. Coordenadas y costos asociados

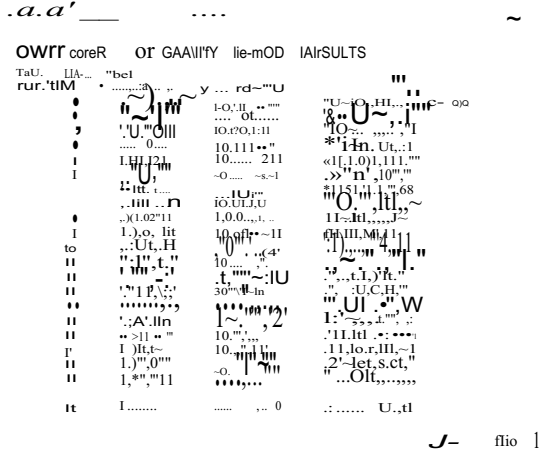
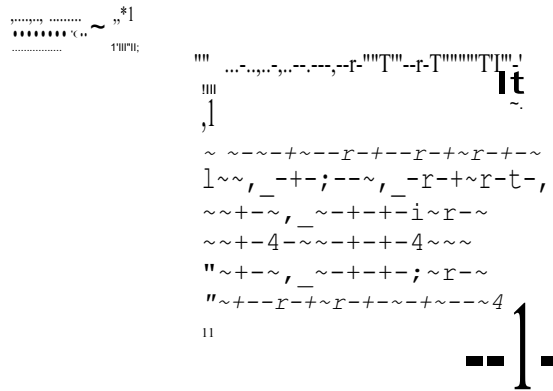


Imagen 3. Localización de puntos.



Según la aplicación del LOGWARE, se puede concluir que las coordenadas correspondientes en X: 93.358 y en Y: 10.676, pertenecen a la ubicación del centro de gravedad con el mínimo costo: 628.881.796, los puntos negros representan las coordenadas de los centro de acopios por zonas y el punto rojo es la ubicación del centro de recolección.

CONCLUSIONES

Aunque actualmente en Colombia existen casos de éxito que han aplicado algunas prácticas de logística inversa, se identifica que son casos aislados, es decir, cada una de las organizaciones han aplicado estas prácticas según sus necesidades, perspectivas y sus oportu-

nidades de recuperar valor, por lo que no se evidencia una metodología general o modelos estandarizados en sistemas de distribución.

Para definir los elementos que hacen parte de un modelo del sistema de distribución inversa se debe reconocer la diferencia entre un sistema de logística tradicional y un sistema de logística inversa. Por tanto, el modelo propuesto se basa en directrices de cómo estructurar el sistema de recogida y cómo brindarle soporte a través del diseño de la Estructura Organizacional; de planes de capacitación orientados a los fabricantes, a los distribuidores inversos y a los consumidores del producto final; y a través de la motivación de estos mismos actuantes.

Los índices de crecimiento del sector plástico en el mundo superan prácticamente a todos los demás sectores industriales, por lo que a partir de las prácticas de logística inversa, se espera que las empresas de la industria del plástico no solo contribuyan al mantenimiento del medio ambiente, sino logren beneficios económicos y sociales, que puedan traducirse en la generación de ventajas competitivas sostenibles.

Se visualiza la importancia de articular las fuentes de información primarias y secundarias para darle solidez a las variables del modelo, ya que permiten la determinación de las varia-

bles indirectas: estructura organizacional, capacitación en prácticas de la logística inversa y estrategias motivacionales; y variables directas como: proceso, rutas, sistema de recogida y cantidad de material, las cuales posibilitan la elaboración del modelo.

En la consolidación del modelo se reconoce la complejidad de las variables de planeación, como por ejemplo, la generación de desechos en Bogotá, el número de habitantes, entre otros, que de una u otra manera limitan el desarrollo del mismo ya que se basan en hipótesis planteadas por otras fuentes; asimismo la infraestructura en la recolección de residuos es un factor muy incidente, tanto así que algunas variables fueron delimitadas por esta restricción de capacidad, sin necesidad de compararlo con los costos, puesto que aún no se cuenta con la infraestructura para avanzar en otros tipos de análisis.

El modelo planteado por Ronald Ballou de sistemas de ubicación en una logística tradicional se puede adaptar a sistemas de distribución inversa, considerando que la logística directa generalmente es el movimiento de un producto de un origen a muchos destinos y el movimiento inverso de un producto es de muchos orígenes a un destino, no se encuentran diferencias para la creación del modelo.

BIBLIOGRAFÍA

AHUMADA María Claudia y MONROY Néstor. Logística inversa: "Retos para la ingeniería industrial". Bogotá. 7 de Mayo de 2006. En: Revista de Ingeniería

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Bogotá Humana. Nuevo modelo de recolección de basuras en Bogotá será apoyado por 4564 personas y 433 vehículos. Colombia.

2012. [En línea] [Citado en Septiembre de 2013]. Disponible en: < <http://www.bogotahumana.gov.co/index.php/noticias/comunicados-de-prensa-alcalde-mayor/2797-nuevo-modelo-de-recoleccion-de-basuras-en-bogota-sera-apoyado-por-4564-personas-y-433-vehiculos#page>>.

ALFONSO, LICEN Y RUIZ. Diseño del sistema logístico de la cadena de abastecimiento del desperdicio y desecho del

vidrio en Colombia para exportar a Chile. Bogotá 2010.

APROPLAST. Compañía. Bogotá. [En línea]. [Citado en Abril 2013] Disponible en: < <http://www.aproplast.com/>>

BALLOU Ronald. Logística Administración de la cadena de suministro. 5 Ed. México. Pearson. 2004. ISBN 970-26-0540-7

BANDALA Magdalena y OSORIO María. Análisis del

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: LOGÍSTICA

sistema de recolección de basura en la zona urbana del municipio de San Pedro Cholula mediante la aplicación de un modelo de Ruteo de Vehículos con Capacidad. México. 2011

BERTOGLIO, O. J. (1993). Introducción a la teoría general de sistemas. Primera Ed., pp. 1 – 167). México D.F.

CHAMORRO Antonio y RUBIO Sergio. Los sistemas de distribución inversa para la recuperación de residuos para la recuperación de residuos: su desarrollo en España. 2004

EL ECOLOGISTA. El problema ambiental del PET. [En línea]. México. 2011 [Ref. 26 Junio de 2013] Habilitado en sitio web. http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65.

EL MUNDO. Fortalecerán planta de reciclaje de PET. [En línea]. Colombia. 2010. [Ref. 26 Junio de 2013] Habilitado en sitio web. <http://www.el-mundo.com/portal/resultados/detalles/?idx=158807>

EL TIEMPO. Colombia: Ya esta rigiendo la rebaja de tarifas de aseo en Bogotá. Bogotá. 2013. [En línea] [Citado en Octubre de 2013]. Disponible

en: <<http://m.eltiempo.com/colombia/bogota/tarifas-de-aseo-en-bogot/9035460>>

ENKA DE COLOMBIA S.A. Prospecto de Información. Acciones Ordinarias de Enka de Colombia. Medellín. 2007. [En línea]. [citado en Abril 2013]. Disponible en: < http://www.bvc.com.co/recursos/emisores/Prospectos/acciones/Prospecto_Enka_de_Colombia_2007.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón. 2008

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva. Bogotá. 2010.

RODRIGUEZ Jean Paul. La geografía de los sistemas de transporte. Distribución convencional y Inversa. Universidad de Hofstra, Nueva York, EE.UU. 2012. [en línea]. [citado en 7 Febrero de 2013]. Disponible en: <http://people.hofstra.edu/geotrans>.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SINUPOT. Mapas. Bogotá. 2013. [en línea]. [citado en Octubre de 2013]. Disponible en: <<http://sinupot.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>>

SME TOOLKIT. Pronóstico de la demanda: ¿Que es el pronóstico de la demanda?. México. 2009. [En línea] [Citado en Septiembre 2013]. Disponible en: <<http://mexico.smetoolkit.org/mexico/es/content/es/416/Pron%C3%B3stico-de-la-demanda?view=print>>

SOPLASCOL. ¿Quiénes Somos?. Bogotá. 2013. [En línea]. [Citado en Abril 2013]. Disponible en: < <http://www.soplascol.com>>

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS. Esquema UAESP. Colombia. 2012. [En línea] [Citado en Septiembre de 2013]. Disponible en: < <http://www.cempre.org.co/documentos/Esquema%20UAESP.pdf> >

VELLOJÍN Laila, MEZA Juan Carlos y AMAYA René. Logística Inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. En: Ingeniería y desarrollo. No. 20. (Jul- Dic., 2006), p 188.