

Diseño de un sistema logístico para las Mipymes dedicadas a la fabricación de químicos de consumo en la localidad de Engativá

María Bohórquez Castellanos*

Julieth Garzón Sánchez**

Ever Ángel Fuentes***

Recibido: enero de 2013

Aceptado: abril de 2014

110 ▶ 127

RESUMEN

El proyecto que se presenta a continuación fue desarrollado por el semillero de investigación SAIOP de la Universidad Libre de Bogotá, enfocado al diseño de un sistema logístico para las Mipymes dedicadas a la fabricación de químicos de consumo de la localidad de Engativá con el fin de fomentar la competitividad local y promover el mejoramiento de sus cadenas de abastecimiento. Se llevó a cabo a partir de la ejecución de encuestas sobre una muestra de 122 empresas, permitiendo obtener información del subsector económico, que al ser analizada mediante distintas herramientas de control y con base en diferentes fuentes de información se evidenciaron problemas relacionados al crecimiento y desempeño de sus actividades logísticas. De acuerdo a dichas condiciones del sector se establecieron las variables, parámetros y restricciones para la modelación del nuevo sistema logístico el cual tiene como fin la minimización de costos y optimización de recursos desde la compra de materia prima e insumo hasta la entrega del producto al cliente o distribuidor. En último lugar se diseñó un aplicativo por medio de Visual Studio el cual es la herramienta que arrojará

* Universidad Libre, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial. Bogotá D.C.

* mariaa.bohorquez@unilibrebog.edu.co

** julith.garzons@unilibrebog.edu.co

*** ever.fuentes@unilibre.edu.co

la información necesaria para la evaluación de estrategias y toma de decisiones dentro de cada empresa.

Palabras clave: Logística, Cadena de suministro, Eslabones, Optimización

ABSTRACT

The project presented below was developed by the hotbed of research SAIOP of the Universidad Libre of Bogota, focused on the design of a logistics system for Mipymes that are engaged in manufacturing of consumption chemicals from the locality of Engativá in order to promote local competitiveness and promote the improvement of their supply chains. It took place by means of the implementation of surveys to a sample of 122 companies, which allowed getting information about the economic subsector that after being analyzed through different monitoring tools and based on different information sources, problems related to growth and performance of their logistics activities were made evident. According to these conditions of the sector, the variables, parameters and constraints for modeling the new logistics system which aims to minimize costs and to optimize resources since the purchase of raw material and consumables until the product delivery to the Customer or distributor, were established. Finally, an app was designed by Visual Studio, which is the tool that will give necessary information for the evaluation of strategies and decision-making within each company.

Key Words: Logistic, supply chain, echelons, optimization.

Introducción

La capital de Colombia, Bogotá está constituida por diferentes localidades entre ellas Engativá. Para el año 2010 la Alcaldía Mayor de Bogotá junto con la Secretaria del Gobierno resaltaron que: “La localidad de Engativá tiene una extensión de 3.588 hectáreas, que corresponde por su extensión a la décima localidad de la ciudad” [1]. Además teniendo en cuenta que el más reciente documento del 10 de julio del 2012 presentado por la Cámara de Comercio de Bogotá en su página web que: “La ciudad de Bogotá cuenta con 205.998 empresas registradas en la Cámara de Comercio de Bogotá para el 2012, de los cuales 17.509 empresas (8,50%) se encuentran ubicadas en la localidad de Engativá.”[2]

Del mismo modo las Mipymes manufactureras de los diferentes sectores productivos de Bogotá y específicamente de la localidad de Engativá en el curso del tiempos han reflejado a través de informes de entidades nacionales como distritales aspectos que caracterizan a la localidad por su crecimiento significativo en las empresas, consideradas hoy en día como la mayor fuente de empleo para la ciudad. Sin embargo también se ven afectadas no solo por la

gran competencia en el mercado, sino directamente por la situación económica actual del país y factores como la baja productividad, tecnología de producción, escaso capital y apoyo insuficiente a nuevos proyectos de innovación por parte del Estado.

Además influyen otros factores internos de la empresa que afectan la cadena productiva como : no tener los recursos, herramientas y conocimientos necesarios que permitan una mejor gestión en los procesos de manufactura, control de calidad, distribución del espacio de producción, seguridad de transporte teniendo en cuenta las condiciones del producto, rutas de distribución, número de devoluciones, manejo de inventarios, altos costos de producción, administración y almacenamiento, entre otros.

Por los anteriores ítems, el semillero de investigación SAIOP de la Universidad Libre de Bogotá diseñó un sistema logístico cuya finalidad es permitir a las empresas no solo disminuir sus costos a lo largo de la cadena de suministro, sino que poder optimizar todos sus recursos evaluando aspectos de compra, almacenamiento, producción, venta a distribuidor y a cliente final.

Para tal fin, se inicia con la selección de las empresas productoras de químicos de consumo las cuales suministraron toda la información acerca de sus procesos logísticos. Dicha investigación se hizo a partir de una encuesta previamente diseñada que contenía diversas preguntas acerca de sus prin-

1 [1] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DISTRITAL DE GOBIERNO. (2013). “Engativá y sus UPZ”

2 [2] CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. (2012). “Registro Mercantil Bogotá”.

cipales actividades, así como de su sistema productivo, productos elaborados, capacidad de producción, número de proveedores, forma de evaluar el precio entre otros. Lo anterior con el objetivo de conocer además de sus características logísticas, aquellas debilidades y fortalezas más significativas.

Posteriormente se recopiló información de diversos modelos logísticos en fuentes primarias siendo estas tesis, proyectos y artículos que tuvieran similitud con el sistema a desarrollar y que fueran ayuda importante para el establecimiento de las variables y parámetros de la modelación matemática. Con base a dicha información se pasa al diseño del nuevo sistema logístico a partir de la definición de variables, parámetro y restricciones acordes tanto a las características propias del subsector

como a la finalidad del modelo, el cual es la minimización de costos.

Una vez diseñado el modelo se lleva a cabo el diseño de un aplicativo por medio de Visual Studio , herramienta generada en último lugar para permitir que los empresarios mejoren la toma de decisiones, dentro de sus cadenas productivas cumpliendo a cabalidad los requisitos de sus clientes y disminuyendo las inconsistencias presentadas por el insuficiente conocimiento en de sus procesos. Su implementación permitirá a las Mipymes del país ser más productivas y competitivas en la medida en que logran mejorar sus procesos, planeación de actividades y asignación de recursos y por consiguiente brindar productos de mejor calidad, en tiempo reducidos de entrega y con precios más asequibles.

TABLA 1. Comportamiento del subsector de químicos de consumo en Colombia.

Fuente de información	Año de estudio	Dato porcentual
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2009	"Disminución en la producción de industrias de sustancias químicas básicas con una variación de -1.9%".
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2012	"La industria manufacturera decreció 0,7%. Fabricación de sustancias y productos químicos con una variación de -2,2%".
El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	2013	"Entre los subsectores que mayor impacto negativo tuvieron se encuentra: Otros productos químicos (-5,5%) y productos químicos básicos y fibras sintéticas (-6,5%)".

Finalmente se lleva a cabo un análisis financiero del proyecto mediante un flujo de caja proyectado y basado en datos reales obtenidos de diferentes fuentes de información en organizaciones tales como Colciencias, entre otros.

Descripción del problema

Teniendo en cuenta diferentes fuentes de información y estadísticas de entidades (Tabla 1) se da una mayor información acerca de cuáles son las principales debilidades que presentan las empresas productoras de químicos de consumo en el país y específicamente en la localidad de Engativá:

Cabe resaltar que dichos resultados se deben a una serie de problemas e inconsistencias dentro del país que afectan directamente al sector productivo y a las empresas pequeñas y medianas que no cuentan con la experiencia y las herramientas necesarias para afrontar tales situaciones.

Inicialmente se puede evidenciar que los tratados de libre comercio en el país, los cuales permiten bajo algunas perspectivas ampliar el mercado de muchos productos manufacturados a las industrias colombianas y en gran parte a aquellas localizadas en Engativá. Sin embargo cabe señalar que para que estas condiciones se lleven a cabo, las industrias deben cumplir requerimientos donde muchas veces la situación económica imposibilita que las

Mipymes cumplan estas condiciones óptimas de calidad, almacenamiento y productividad entre otras.

Para el año 2009 el 78% de los ejecutivos consultados por la revista Portafolio dijeron, que no tuvieron planes de inversión, en tanto que el 84% descartó la opción de invertir fuera del país. La respuesta es consecuente con lo que expresaron muchos de ellos desde antes de conocerse los primeros estragos originados en las dificultades de financiamiento causados por la crisis financiera internacional y la desaceleración del mercado interno.

Del mismo modo, Ardila Nancy (2009 citada en la revista portafolio de Colombia) presenta un problema relacionado al estancamiento por la falta de innovación de proyectos expansionistas: “Entre los sectores que muestran más reserva a iniciar nuevos proyectos de expansión en el país están los de elaboración de productos químicos, que muestran índices negativos de respuesta superiores al 90%. El 78% de los ejecutivos consultados por la revista Portafolio dijeron que no tuvieron planes de inversión para el año 2009 en Colombia, en tanto que el 84% descartó la opción de invertir fuera del país [3]”. El insuficiente apoyo económico en Colombia ha permitido identificar otro ítem de importancia como es: la baja inversión para proyectos innovadores tanto empresariales como de manufactura. Es allí donde el factor

3 [] VELÁNDIA, N. (2009). Problema de estancamiento por la falta de innovación de proyectos expansionistas.

industrial sufre bajo pocas inversiones relacionadas con sus cadenas de logísticas -proveedores, producción, almacenamiento, calidad, comercialización y transporte de productos-.

De acuerdo a lo anterior se formula la pregunta sobre ¿Cómo las empresas de fabricación de productos químicos de consumo ubicadas en la localidad de Engativá pueden tener relación con variables logísticas, para mejorar sus problemas tanto internos como externos y fortalecerse como industria con una adecuada gestión logística?.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de logística para las MIPYMES dedicadas a la fabricación de productos químicos de consumo de la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá.

Objetivos específicos

- Identificar las empresas del sector económico seleccionado ubicadas dentro de la localidad de Engativá para la obtención de la información necesaria sobre sus procesos logísticos actuales.
- Establecer los aspectos logísticos que caracterizan la cadena productiva para que sean eje del diseño del sistema logístico propuesto.
- Seleccionar las variables para el modelamiento del nuevo sistema logístico.

- Generar el diseño de un nuevo sistema logístico que contribuya al mejoramiento del estado actual de las cadenas de suministro.
- Realizar un análisis o evaluación financiera mediante un flujo de caja proyectado para el establecimiento de cifras del sistema logístico propuesto.

Metodología empleada y resultados obtenidos

A continuación se presenta la metodología y herramientas utilizadas para el desarrollo de cada uno de los objetivos establecidos:

1. Primer objetivo específico: Identificar las empresas del sector de químicos de consumo seleccionado ubicadas dentro de la localidad de Engativá para la obtención de la información necesaria sobre sus procesos logísticos actuales.

1.1 Identificación de la muestra de estudio: El primer objetivo específico parte de la colaboración de la Cámara de Comercio de Bogotá en el año 2013, con la adquisición de una base de datos para conocer las Mipymes dedicadas a la producción de químicos de consumo en la localidad de Engativá. Para lo cual se concreta la existencia de 145 Mipymes distribuidas en elaboración de químicos básicos, producción

de pinturas, revestimientos, entre otros y la manufactura de jabones tocados entre otros como se puede vislumbrar en la tabla 2.

Teniendo conocimiento del tamaño poblacional del subsector para la localidad de Engativá (145 Mipymes), se estableció la muestra para la investigación, empleando un muestreo aleatorio simple que contempló un nivel de confianza del 95% y un error muestra del

3%. Teniendo en cuenta lo anterior, se obtuvo que la muestra para el desarrollo del proyecto son 122 Mipymes.

A partir de este dato, se clasificaron según el tipo de químico de consumo fabricado. En este se presentan: 13 de producción de químicos básicos, 77 elaborados de jabones y derivados y 32 aquellas dedicadas a la producción de pinturas, revestimientos y afines (Ver tabla 3).

TABLA 2. Estadístico Mipymes subsector de químicos de consumo Engativá

ESTADISTICO BASE DE DATOS					
	Medianas	Microempresas	Pequeñas	Sin clasificar	Total general
Producción de químicos básicos	1	16	1		18
Producción de pinturas, revestimientos y afines		21	6		27
Producción de jabones, tocados y afines	2	84	13	1	100
	3	121	20	1	145

TABLA 3. Número de empresas encuestadas según su actividad productiva.

Actividad productiva	Número de empresas
Fabricación de sustancias y productos químicos básicos	13
Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir; perfumes y preparados de tocador	77
Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas	32
Total	122

Segundo objetivo específico

Establecer los aspectos logísticos que caracterizan la cadena productiva de las Mipymes seleccionadas para que sean eje del diseño del sistema logístico propuesto.

2.1 Diseño encuesta diagnóstica y validación del instrumento

Para conocer los aspectos logísticos del subsector se diseñó una encuesta diagnóstica que contiene 21 preguntas de las cuales cinco de ellas son de respuesta múltiple, tres son preguntas abiertas y trece son de única respuesta.

El contenido de las preguntas establecidas buscaban dar a conocer: El tamaño de la organización, las áreas y departamentos preferenciales, los productos manufacturados, el tipo de producción, los costos logísticos y de distribución, entre otras. El fin conceptual de cada una de ellas buscaba identificar las fortalezas y debilidades del subsector de estudio.

Para validar la encuesta diagnóstica, se empleó el método Delfi, con el fin de establecer que el contenido a indagar fuese comprendido y adecuado. Además, identificar si la terminología era propia para esta encuesta y determinar el sujeto al cual se dirigida la misma.

La encuesta fue desarrollada y validada por el grupo del macroproyecto. Los actores que permitieron dicha validación eran: Ingenieros de la

universidad, estudiantes de ingeniería, parientes o conocidos que tuvieran conocimiento alguno en el campo productivo de manufactura.

Finalmente se aplicó la encuesta a gerentes, supervisores o personal que tenga conocimiento de la cadena logística presente en cada una de las 122 Mipymes. Considerando los medios de consulta como lo son: Correo electrónico, telefonía y de manera presencial.

2.2 Registro y tabulación de datos

Con los datos obtenidos de cada encuesta aplicada se procede a la tabulación, gráfica de cada una de ellas con el propósito de obtener información sólida del subsector. Finalizado dicho proceso, sigue la interpretación de los resultados obtenidos mediante un análisis de frecuencia, esto con el objetivo de dar a conocer las características principales de la cadena logística del subsector de estudio.

A continuación se presenta un ejemplo del proceso de tabulación para la pregunta número 7 (Ver tabla 4) la cual indagaba sobre el tipo de producción de las empresas del subsector de químicos de consumo ubicados en la localidad. En donde para dicha pregunta en particular se concluyó que el 46,7% de las empresas tienen un tipo de producción bajo pedido. Esto significa que la gran mayoría de las industrias producen de acuerdo a lo que sus clientes solicitan evitando exceso de materiales y obviando contar con áreas de almacenamiento para producto terminado.

TABLA 4. Tipo de producción de las empresas del subsector de químicos de consumo encuestadas.

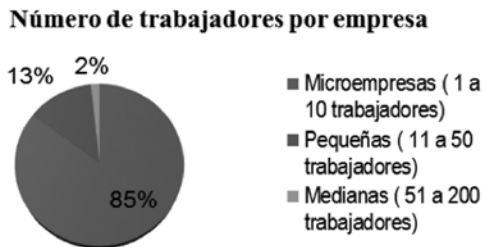
Tipo	Empresas que contestaron la opción	Porcentaje
Continua	30	24,6%
Por lotes	27	22,1%
Bajo pedido	57	46,7%
Por proyecto	8	6,6%
Total	122	100%

2.3 Aspectos logísticos característicos de la localidad

Una vez fue tabulada la información se pudo identificar las características del sector de químicos en la localidad de Engativá, así como los problemas esenciales dentro de las cadenas de suministro.

Dentro de las características se evidenció, que el 85,25% son micro empresas, un 13,11% son pequeñas y finalmente el 1,64% son medianas (Ver figura 1).

FIGURA 1. Tamaño de las empresas

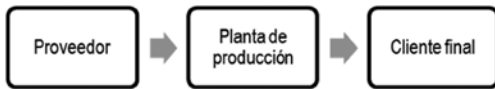


Del mismo modo, se presentan otras características importantes de las cadenas de las empresas tales como:

- Los procesos internos característicos se hacen evidentes en el control de calidad, distribución y transporte, servicio al cliente y planeación de la producción.
- El tipo de producción representativo es bajo pedido y continuo.
- En su mayoría el número de proveedores presentes oscilaban entre los 5 a 10.
- Ineficiencia en la entrega de pedidos por parte de los proveedores.
- Las devoluciones y desperdicios característicos del sector son inferiores al 5% lo que indica que sus productos son de calidad y confiabilidad para sus clientes.
- El 50% de las empresas realizan estudio de costos para la venta de sus productos, evaluando exactamente los costos empleados y con esto dar un precio adecuado y generar ganancias significativas para las mismas.
- Los costos logísticos de la mayoría de Mipymes del subsector de químicos de consumo, son inferiores al 5%, representando así un problema de inversión logística.
- El subsector de químicos de consumo presenta, cuatro tipos de cadenas logísticas de las cuales la cadena logística representativa venden sus productos a un cliente final (Ver figura 2). Este método de distribución se considera el más eficaz en cuanto a las utilidades que pueden generar, sin embargo requiere una serie de requisitos desde el suministro de

materiales, la transformación y la distribución, además de una adecuada segmentación del mercado para identificar quienes serán los principales clientes de los productos.

FIGURA 2. Primera cadena de abastecimiento



2.4 Identificación de problemas

Para representar los diversos problemas, se emplearon diferentes herramientas de control cuyo objetivo principal era determinar la situación actual en la que se encuentran las empresas para poder detectar no solo los puntos positivos, sino además las principales dificultades y debilidades que requie-

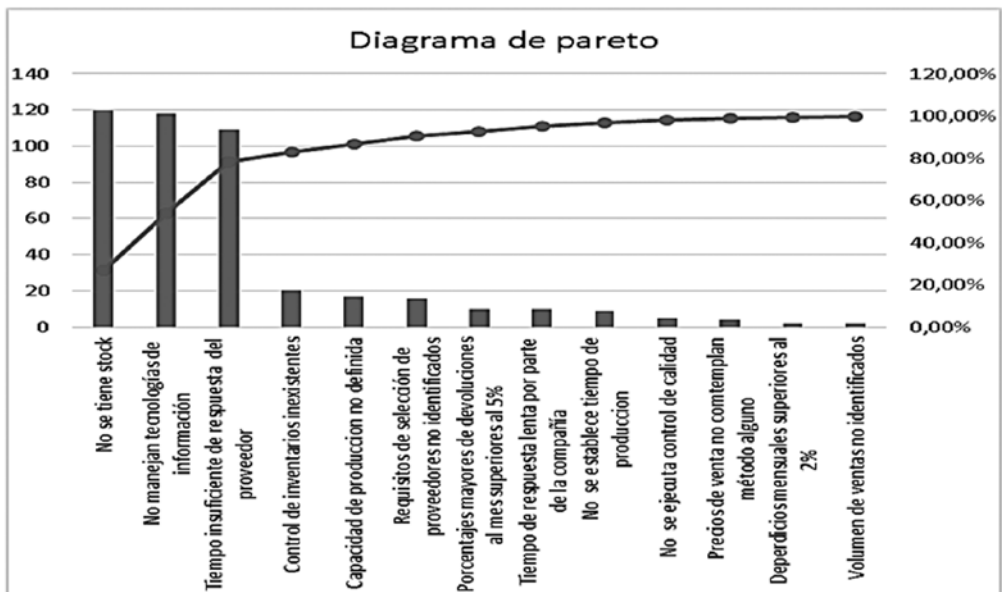
ren de soluciones prontas y efectivas. Las herramientas gráficas empleadas fueron: El diagrama de Pareto, el diagrama causa-efecto, el diagrama de Vester, el histograma axial y la matriz DOFA entre otras. A continuación se presenta como ejemplo el empleo del diagrama de Pareto y los hallazgos de este:

2.4.1 Diagrama de Pareto

Este diagrama de Pareto se realizó a partir de los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a las micro, pequeñas y medianas empresas de químicos ubicadas en la localidad de Engativá.

Los resultados permitieron identificar los principales problemas del subsector, junto con la frecuencia relacionada entre problema y el número de organizaciones que los presentan.

FIGURA 3. Diagrama de Pareto



Como primera instancia se detectó que los principales problemas representan el 78,51% del total de las presentes. Dentro de este grupo se encuentran que: no se tiene provisión de inventarios, la tecnología de la información no es empleada y se evidencia un tiempo de respuesta insuficiente por parte del proveedor.

De esta manera se sabe que problemas deben ser corregidas de inmediato y cuales no tienen mayor impacto en el funcionamiento de las empresas, aunque deben del mismo modo ser vigiladas con el fin de que estas no generen efectos adicionales en las cadenas logísticas previamente identificadas (Ver figura 3).

3. Tercer objetivo específico: Seleccionar las variables para el modelamiento del nuevo sistema logístico

3.1 Consulta bibliográfica

Se indagó por modelos logísticos en fuentes primarias, siendo estas por lo general tesis y proyectos de grado. Esto con el objetivo de tener como base proyectos ya desarrollados que tuvieran similitud con el nuestro y que sirvieran de ayuda para el establecimiento de las variables y parámetros para el modelamiento matemático. A continuación se presenta un ejemplo de una de las consultas encontradas (Ver tabla 5).

3.2 Definición de sub-índices, variables y parámetros

A partir de la anterior consulta bibliográfica se pudo establecer los sub-índices (Ver tabla 6) los cuales hacen parte del nuevo sistema logístico y abarca los diferentes elementos fundamentales a lo largo de la cadena de suministro como se muestra a continuación:

TABLA 6. Sub-índices

SUB-ÍNDICES
s- Materia prima
b- Insumo
g- Proveedor
j- Producto
t- Tipo de camión
c- Cliente
l- Distribuidor

Posteriormente se desarrollan tablas de combinaciones que consisten en relacionar cada uno de los sub-índices, lo cual permite conocer el comportamiento en costos a partir de las combinaciones en cada una de ellas. A continuación se presenta un ejemplo de la interacción entre materia prima y proveedores, lo cual hace referencias a los costos incurridos por la venta de materia prima **s** por el proveedor **g** (Ver tabla 7).

TABLA 7. Ejemplo de tablas de combinaciones generadas. Proveedor- Materia prima

	s1	s2	s3	s4	s5
g1					
g2					
g3					

TABLA 5. Consultas bibliográficas

Titulo	Resumen	Autores y año	Variables y parámetros											
			Proveedores	Abastecimiento	Transporte y distribución	Almacenamiento	Producción	Inventarios	Pedidos	Ventas	Faltantes	Demanda	Clientes	Excedentes
“Modelo matemático para la optimización de una cadena de suministro global con consideraciones de cupos de compra y periodos de pago”.	Bajo el modelo matemático diseñado bajo modelación dinámica determinística y por medio de programación lineal. En este proyecto se pretende la optimización de una cadena de suministro global contando con la evaluación de porciones de compra y la evaluación pertinente de tiempos de pago.	Dávila Vélez, Ramírez Otero. (2012)	X	—	X	X	X	X	—	—	—	X	X	—

Posteriormente, se definieron las variables y los parámetros que hacen parte del nuevo sistema logístico a partir de los sub-índices identificados, los cuales se presentan a continuación.

4.1 Determinación de los costos incurridos relacionados según el tipo de actividad y producción

Para esta actividad, se determinaron los principales costos en los cuales se incurren dentro de las diferentes actividades de la cadena logística las diversas empresas de estudio. Cabe aclarar que se definen con base a colaboración de los gerentes de las empresas encuestadas.

Esta identificación de costos brinda la posibilidad de minimizar los costos en la medida en que no se omita ninguno. En este caso se encuentran costos asociados a compra, almacenamiento, producción, ventas y transporte ya sea a distribuidor o a cliente que serán relacionados directamente con cada una de las variables y parámetros ya establecidos. A su vez cada uno de estos fue clasificado según su comportamiento dentro de un tiempo determinado siendo estos mixtos, variables o fijos.

La tabla que se presenta a continuación es un ejemplo de algunos costos relacionados con el proceso de compra (Ver tabla 10).

Definición de la función objetivo

Una vez se establecieron los costos incurridos para cada una de las actividades se continuó con la generación

de la función objetivo (Ver tabla 11) la cual tiene como finalidad la minimización de costos dentro de la cadena de suministro, es decir desde la compra de insumos y materia prima hasta que el producto terminado es entregado al cliente. Cada uno de los ítems representa las diferentes actividades principales dentro de la cadena de suministro como lo son compra, transporte ya sea a cliente final o distribuidor, producción, almacenamiento y finalmente venta de producto terminado.

Como ejemplo presentamos el primer ítem dentro de la función que hace referencia al proceso de compra, aquí se encuentran los costos variables en relación a la cantidad de compra de materia prima, los costos fijos para la misma y del mismo modo el costo fijo relacionado a la compra de insumos, teniendo en cuenta que del mismo modo se representa para cada una de las actividades.

Ya que el modelo arroja las cantidades a producir y las cantidades a comprar se establece una ecuación de balance la cual permite que haya un equilibrio entre las cantidades a comprar y las cantidades a producir, esto con el objetivo de que no haya escasez o exceso de materiales necesarias para el suplir la demanda.

Establecimiento de restricciones

Posteriormente se establecieron las restricciones que hacen parte del modelo matemático, importantes para obtener resultados óptimos y acordes a las características de cada organiza-

TABLA 10. Costos incurridos en el proceso de compra.

		Variable	Fijo	Mixto	Descripción
COMPRA	INSUMOS	x			Los insumos son de carácter variable ya que la cantidad a usar dependerá de la producción de la empresa.
	MATERIA PRIMA	x			La materia prima representa un costo variable ya que según la cantidad a producir de productos terminados determinará la cantidad de materia prima requerida.
	EMPAQUES DE PRODUCTO	x			El empaque representa un costo variable ya que según la cantidad a producir de productos terminados determinará la cantidad de empaques requeridos.
	PAPELERÍA		x		La papelería utilizada para aquellos trámites administrativos a la hora de la compra de materiales es la misma tanto si se producen grandes o pocas cantidades.
	INTERNET		x		El internet representa un costo fijo que se paga a la empresa prestadora del servicio de forma ilimitada.

ción. Se tuvo en cuenta restricciones tales como: demanda de productos terminados, capacidad productiva de la planta, capacidad de almacenamiento, presupuesto disponible para la compra de insumo y materia prima. A continuación se presentan alguna de las restricciones consideradas para el sistema logístico (Ver tabla 12).

Una vez se diseñó la función objetivo y se plantearon las restricciones se

llevó a cabo diversas pruebas de escritorio por medio de Solver, cuya finalidad era validar que el sistema logístico cumpliera con el propósito establecido el cual era, la minimización de costos y la aplicabilidad en el sector de químicos de consumo. Considerando dentro del mismo y como se mencionó en la formulación de las restricciones, todos aquellos aspectos importantes que debe considerar el fabricante en el momento

de tomar la decisión, tales como: la demanda actual, los materiales disponibles, el presupuesto asignado para cada una de sus actividades, los proveedores con que se cuenta, el inventario y demás agentes fundamentales dentro de la cadena logística.

Finalmente se evidenció que el modelo permite obtener toda la información necesaria acerca de las cantidades óptimas de producción y del mismo modo el costo total al que incurriría la empresa desde la compra de materiales hasta la entrega del producto a cliente final.

Diseño del aplicativo por medio de Visual Studio

Con base al modelo generado se diseñó un aplicativo (Ver figura 4) a través del programa Visual Studio el cual de acuerdo a los datos de entrada suministrados por el fabricante tales como, insumos, materia prima, tipo de camión, proveedores, costos entre otros, se determinan

las cantidades optimas a pedir de materia prima e insumos y las cantidades a producir con el mínimo costo y según a las necesidades de los clientes.

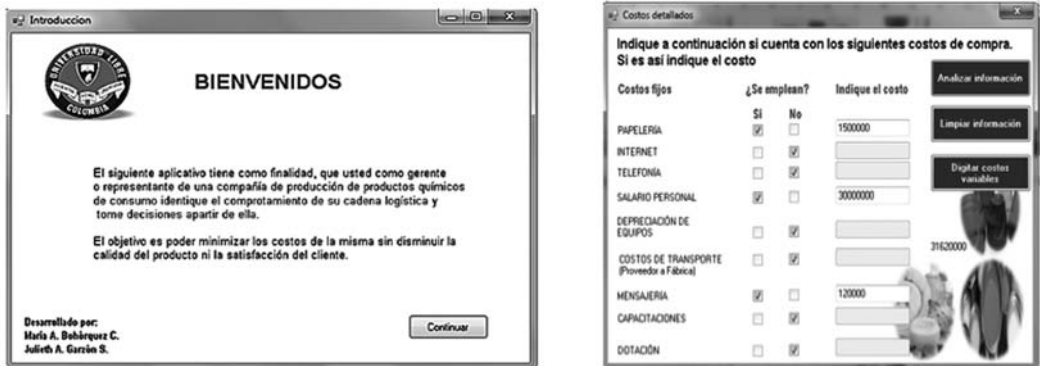
El aplicativo da la posibilidad a la empresa de evaluar diferentes alternativas sin poner en riesgo sus recursos disponibles y por lo tanto tomar decisiones precisas y acordes a los resultados que se desean obtener.

5. Quinto objetivo: Realizar un análisis o evaluación financiera mediante un flujo de caja proyectado para el establecimiento de cifras del sistema logístico propuesto.

Análisis y evaluación financiera

El flujo de caja proyectado que se presenta a continuación para el año 2015 (Figura 4) tiene como objetivo conocer el impacto y la viabilidad del proyecto a futuro haciendo proyecciones eco-

FIGURA 4. Inicio del Aplicativo.



nómicas donde se tuvo en cuenta los diferentes gastos y costos incurridos durante el desarrollo del proyecto, así como bases de datos, trabajo de campo, viáticos entre otros. Adicional a esto se cotizaron aplicativos actuales similares al nuestro con el fin de poder dar un precio razonable para su venta, y se determinó que el aplicativo tendría un valor igual a \$5'200.000. Posteriormente se tienen en cuenta otros gastos y costos que surgirán una vez se realice cada una de las ventas tales, como: los sueldos a los autores principales de la creación del aplicativo, viáticos, divulgación, capacitación de uso a cada una de las empresas a las cuales se les realizará la venta, papelería y, soporte técnico entre otros.

Conclusiones

El presente proyecto fue desarrollado teniendo en cuenta la importancia que tienen las Mipymes en el crecimiento económico del país y de la importancia de la reducción de las brechas existentes entre Empresas-Universidad. Por este motivo se establece el estudio e investigación dentro de la localidad de Engativá en empresas netamente productoras de químicos de consumo. Para iniciar el proceso se requería conocer el subsector de estudio, así mediante la colaboración de la Cámara de Comercio y la adquisición de una base de datos se concreta 145 Mipymes dedicadas a la producción de químicos de consumo en

FIGURA 4. Flujo de caja proyectado.

Actividades	Primer Trimestre			Segundo Trimestre			Tercer Trimestre			Cuarto Trimestre		
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
INGRESOS DE OPERACIÓN												
Valor disponible inicial	\$ 800.000											
Ventas de software						\$ 5.200.000,00			\$ 5.200.000,00		\$ 5.200.000,00	\$ 5.200.000,00
TOTAL	\$ 800.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.200.000,00	\$ -	\$ -	\$ 5.200.000,00	\$ -	\$ 5.200.000,00	\$ 5.200.000,00
TOTAL TRIMESTRE	\$ 800.000,00		\$ 800.000,00			\$ 5.200.000,00			\$ 5.200.000,00			\$ 10.400.000,00
TOTAL AÑO 2015			\$									\$ 21.600.000,00
GASTOS ADMINISTRATIVOS												
Honorarios totales director de proyecto	\$ 30.000,00	\$ 35.000,00	\$ 40.000,00			\$ 45.000,00			\$ 50.000,00		\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
Transporte trabajo de campo	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00									
Papelería	\$ 130.000,00	\$ 130.000,00	\$ 130.000,00			\$ 50.000,00			\$ 50.000,00		\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
TOTAL	\$ 280.000,00	\$ 285.000,00	\$ 290.000,00	\$ -	\$ -	\$ 95.000,00	\$ -	\$ -	\$ 100.000,00	\$ -	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
GASTOS OPERACIONALES												
Validación encuestas	\$ 40.000,00											
Elaboración de encuestas	\$ 100.000,00	\$ 90.000,00	\$ 80.000,00									
Compra base de datos CCB	\$ 180.000,00											
Viáticos trabajo de campo	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00									
Sueldos autores						\$ 1.200.000,00			\$ 1.200.000,00		\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00
Capacitación software aplicativo						\$ 250.000,00			\$ 250.000,00		\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
Soporte de control software aplicativo						\$ 70.000,00			\$ 70.000,00		\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
TOTAL	\$ 720.000,00	\$ 490.000,00	\$ 480.000,00	\$ -	\$ -	\$ 1.520.000,00	\$ -	\$ -	\$ 1.520.000,00	\$ -	\$ 1.520.000,00	\$ 1.520.000,00
GASTOS COMERCIALES												
Divulgación del software de aplicación					\$ 75.000,00		\$ 75.000,00	\$ 75.000,00				
TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 75.000,00	\$ -	\$ 75.000,00	\$ 75.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 75.000,00
TOTAL GASTOS TRIMESTRE	\$		\$ 2.545.000,00	\$		\$ 1.690.000,00	\$		\$ 1.770.000,00	\$		\$ 3.955.000,00
TOTAL GASTOS AÑO 2015			\$									\$ 9.360.000,00
FLUJO NETO ECONÓMICO												
TOTAL	\$ (200.000,00)	\$ (775.000,00)	\$ (770.000,00)	\$ -	\$ (75.000,00)	\$ 3.585.000,00	\$ (75.000,00)	\$ (75.000,00)	\$ 3.580.000,00	\$ -	\$ 3.485.000,00	\$ 3.560.000,00
TOTAL TRIMESTRE	\$		\$ (1.745.000,00)	\$		\$ 3.510.000,00	\$		\$ 3.430.000,00	\$		\$ 7.045.000,00
TOTAL AÑO 2015			\$									\$ 12.240.000,00

el año 2013. Con este espacio poblacional se estableció el número de empresas que permitirían el adecuado estudio; estableciendo un muestreo aleatorio simple.

Luego del conocimiento del tamaño muestral se diseña una encuesta de donde se obtiene datos que al ser tabulado, graficados y analizados establecieron las características logísticas del subsector de estudio como por ejemplo, los procesos de manufactura y de logística empleados, el tamaño empresarial de mayor influencia, costos logísticos, entre otros.

Teniendo claro las condiciones y características del subsector se estudian informes, proyectos, tesis, entre otros que desarrollaron un proyecto logístico de características similares al desarrollado para identificar el tipo de modelo, las variables y parámetros concretados y que fueron de ayuda al establecimiento del modelo desarrollado. A partir de esto se concretan los parámetros, variables, restricciones y actividades dentro de los cuales se establecen cada una de ellas contemplando los costos fijos y variables en los que se incurre logísticamente.

A partir de lo anterior se diseña un nuevo sistema logístico basado en programación lineal entera que busca la minimización de costos y optimización de recursos considerando variables discretas. Concretado el modelo matemático se desarrolló una prueba de escritorio que contempló la validez del modelo estableciendo por lo menos

una reducción de costos mínimo del 1,5% y un costo máximo que depende de las condiciones de las empresas. Paralelamente se diseña un aplicativo mediante visual studio apoyado del programa Gamz para que el modelo se aplique a las diversas características de las empresas.

Finalmente se estableció un análisis financiero mediante un flujo de caja proyectado mediante promedio de datos -costos, gastos e ingresos-, obtenidos de fuentes externas que permitiría establecer la viabilidad a futuro del proyecto planteado y concretando una ganancia esperada para el año 2015 de \$12'240.000, contemplando costos y gastos vinculado al proyecto y la aplicación en el mercado del mismo. Cabe resaltar que este flujo podrá modificarse teniendo en cuenta las especificaciones del mercado y factores gubernamentales.

REFERENCIAS

- [2] ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, SECRETARÍA DISTRITAL DE GOBIERNO. (2013). *Engativá y sus UPZ*
- [9] ALFONSO, LINCE Y ROJAS. (2010). *Diseño del sistema logístico de la cadena de abastecimiento del desperdicio y desecho del vidrio en Colombia para exportar a Chile*.
- [10] ANAYA. (2011). *Logística integral: La gestión operativa de la empresa*.
- [11] BALLOU (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*.
- [3] CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. (2012). "Registro Mercantil Bogotá".

- [12] CASANOVAS Y CUATRECASAS. (2003). *Logística empresarial.*
- [13] CELS. (2010). *Diseño y desarrollo de un sistema logístico. Aplicación a la gestión del transporte de un grupo de empresas.*
- [8] DÁVILA Y RAMÍREZ. (2012). *Modelo matemático para la optimización de una cadena de suministro global con consideraciones de cupos de compra y periodos de pago.*
- [4] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, DANE. (2009). *Informe sobre el comportamiento anual de la industria manufacturera en el 2009.*
- [5] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, DANE. (2012). *Informe sobre el comportamiento anual de la industria manufacturera en el 2012.*
- [14] GALINDO. (2008). *Modelo de programación con fundamento matemático estadístico para la minimización de costos en una cadena de suministros teniendo en cuenta costos de no calidad y muestreo.*
- [15] GAMBOA Y TABARES. (2012). *Diseño de un modelo matemático aplicado a la planeación de la producción y distribución de la supply-chain de una empresa de consumo masivo.*
- [16] HERNÁNDEZ. (2011). *Diseño de un modelo general para la gestión de sistemas logísticos en empresas cubanas: consideraciones teóricas y prácticas.*
- [17] HERNÁNDEZ. (2010). *Modelos para la planificación centralizada de la producción y el transporte en la cadena de suministro.*
- [18] LOS SANTOS. (2006). *Logística y marketing para la distribución comercial.*
- [21] MARTÍNEZ. PORTAFOLIO. (2012). "Producción industrial volvió a bajar".
- [6] MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. (2014). *Informe industrial para el año 2013.*
- [19] PIERA, GUASCH, CASANOVAS Y RAMOS. (2006). *Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación.*
- [20] SANZ FERNÁNDEZ, Ángel. (2009). *Plan de mejora de la Logística de Aprovisionamiento de una mini fábrica de John Deere.*
- [7] VELÁNDIA, N. (2009). *Problema de estancamiento por la falta de innovación de proyectos expansionistas.*