

PROPONER UN MODELO PARA LA UBICACIÓN DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE
LOS VEHÍCULOS IMPORTADOS

MARIA GIRALDO BOTERO

*ANGELA BACCA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL

Bogotá, Colombia

2014

*Profesora

1. Título

Proponer un modelo para la ubicación del centro de distribución de los vehículos importados.

2. Resumen

La localización de un centro de distribución para atender los clientes cumpliendo eficientemente la calidad del producto, los tiempos de entrega y a los menores costos, es una decisión que merece ser objeto de estudio. En este artículo se estudia el traslado del centro de distribución de vehículos importados, dado que cambian las condiciones de operación de la empresa, buscando reducir los costos de transporte por vehículo en las entrega a los concesionarios distribuidos en todo el país. Se analizan tres metodologías para tomar esta decisión como son optimización basada en colonia de hormigas, Búsqueda Tabú, y un procedimiento de búsqueda adaptativa voraz y aleatoria (GRASP, Greedy Randomized Adaptive Search Procedure), sin embargo se implementó una heurística propia donde se analizan los costos de operación de transporte ubicando el centro de distribución en cada una de las ciudades, es decir se evalúa el total de las opciones, dando como resultado Cali, con la ciudad que genera menores costos de transporte por su ubicación.

3. Abstract

The location of a distribution center to efficiently fulfill the product quality and delivery time windows of the customers lowering costs is a decision that should be studied. This paper studies the transfer of the operation for imported vehicles of a company in Colombia originally located in Bogotá to a different city due to a change in the business model.

This article studies three different optimization methodologies to support the management decision: Ant Colony, Tabu Search and GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure). Although a own heuristic is used to take the decision due to the problem characteristics. The results of the study brings Cali, Colombia as the best option to locate the operation.

4. Objetivos

Objetivo general

Proponer un modelo para la reubicación del centro de distribución de los vehículos importados que se ajuste al nuevo enfoque de negocio al que se enfrenta la compañía, donde centraliza su operación en la comercialización de vehículos importados.

Objetivos Específicos.

- Identificar las diferentes metodologías académicas para definir la ubicación de un centro de distribución
- Seleccionar la heurística apropiada para determinar la ubicación del centro de distribución.
- Evaluar y definir el mejor escenario, para la ubicación del centro de distribución, teniendo en cuenta tarifa de transporte y proyección de ventas.

5. Introducción

En los últimos años han ocurrido fenómenos como la devaluación del peso, la firma de los TLC con varios países fabricantes de vehículos y la disminución de las ventas, esto ha hecho que los vehículos importados sigan ganando participación en el mercado nacional. (Lozano, 2013)

Así mismo, se ha incrementado la oferta de vehículos extranjeros, los principales países de origen de las importaciones de vehículos a diciembre de 2013 fueron México (17,6%), Corea (14,23%), China (7,31%), Ecuador (4,13%) e India (4,04%). La producción industrial de vehículos en Colombia, tuvo una tendencia ascendente hasta el año 2011 registrándose 154.261 unidades producidas, sin embargo en el año 2009 se presenta una baja en las ventas de 91118 unidades. En el 2013, se presentó un decrecimiento del 32% respecto al 2012, con 94.593 unidades producidas

que es explicado por una desaceleración del consumo de vehículos y por la pérdida de participación de la industria en el mercado de vehículos en Colombia. (ANDI, 2013)

La pérdida de mercado de los carros fabricados en Colombia se refleja en la siguiente gráfica.

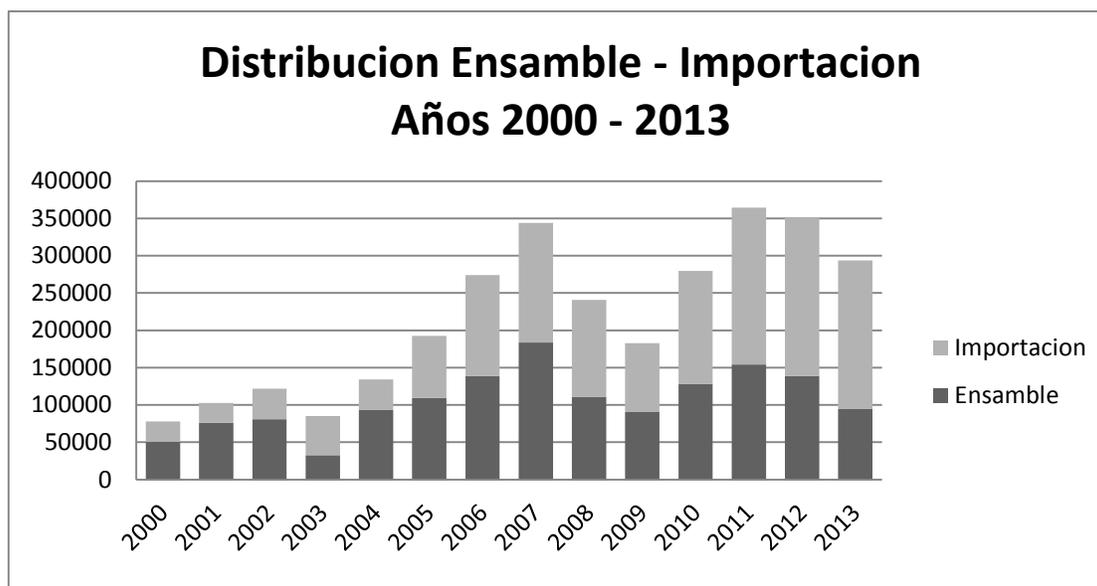


Ilustración 1: Distribución Ensamble - Importación 2000 – 2013

Fuente: Econometría. Cálculos ANDI

Actualmente la Compañía fabricante de vehículos ensambla y comercializa; tanto los vehículos ensamblados en la planta de Bogotá, como los provenientes de Japón y Tailandia, se concentran en un centro de distribución ubicado en Madrid Cundinamarca, para luego ser distribuidos a los concesionarios de todo el país. En dicho centro de distribución se realizan actividades de alistamiento, pruebas de control de calidad y almacenamiento de los vehículos antes de ser entregados a los concesionarios. Debido a situaciones económicas y situaciones de mercado, la empresa ha decidido finalizar el ensamble en la planta de Bogotá y enfocar su operación en la comercialización de los vehículos importados provenientes de Japón, Tailandia y México. Este nuevo escenario hace que se replantee la ubicación del centro de distribución a un lugar más cercano al puerto de Buenaventura para evitar el pago del transporte de los vehículos desde el puerto hasta Bogotá y luego otro transporte hacia el occidente del país en el caso de los concesionarios de esa zona.

De acuerdo a (Santos, 2012), uno de los puntos críticos para hacer nuestros productos competitivos que presenta el país se debe a un gran atraso en el Sistema Logístico Nacional, principal causa de sobrecostos en el transporte de la carga para la industria nacional. Para el académico, “*nuestras empresas desgastan su inversión en operaciones logísticas cada vez más costosas*”. Aunque se ha avanzado significativamente en la construcción de carreteras y vías en los últimos años, Colombia sigue presentando un rezago en materia de infraestructura frente a varios países de la región.

Para el caso de estudio, el traslado de un vehículo de Buenaventura a Bogotá tiene un valor de \$400.000; mientras que un traslado de Buenaventura a Cali tiene un valor de \$140.000. Las entregas de los vehículos desde el centro de distribución están distribuidas en 23 ciudades, clasificadas en 8 zonas del país, como son Bogotá, Medellín, Cali, Costa Norte, Oriente, Eje Cafetero, Occidente y otros. La distribución de vehículos importados se comporta de la siguiente manera. (Tello, 2014)

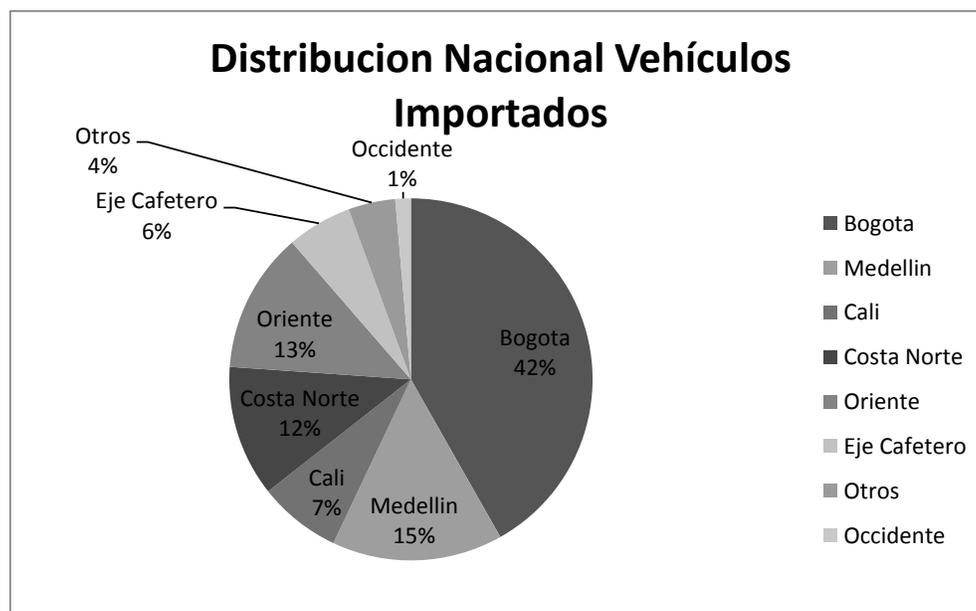


Ilustración 2: Distribución Nacional vehículos

Fuente: Gerencia de compras

El planteamiento de la propuesta estará basado en el estudio de modelos para la ubicación del centro de distribución, teniendo en cuenta los costos actuales de operación como son transporte

de los vehículos desde el puerto de Buenaventura hasta el centro de distribución en Madrid Cundinamarca, el transporte a la ciudad destino y los costos de mantener la operación,

De la misma manera se hará un análisis teniendo como escenario propuesto Cali, teniendo como hipótesis que dicho traslado es la alternativa más eficiente.

Teniendo en cuenta la reestructuración de la compañía donde pasa a ser comercializadora, y su operación ya no estará centralizada en Bogotá, es necesario plantear alternativas que disminuyan los costos en su nuevo proceso logístico el cual estará centrado en recibir, alistar, y entregar los vehículos a los clientes, y su respectivo proceso posventa, por tal motivo logrando una mejora en costos en este proceso estaría apuntando directamente al core business de la compañía.

6. Marco Teórico

5.1 El concepto de logística

El council of supply chain Management define la logística como:

“Proceso de planeación, instrumentación y control eficiente y efectivo en costo del flujo y almacenamiento de materias primas, de los inventarios de productos en proceso y terminados, así como del flujo de la información respectiva desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de cumplir con los requerimientos de los clientes”.

Por otro lado Martín Christopher define Logística como *"el proceso de gestionar estratégicamente la obtención, movimiento y almacenamiento de materias primas y producto terminado (y los flujos perfectos de información) a través de la organización y sus canales de tal forma que la rentabilidad futura se vea maximizada a través de los pedidos con relación a los costos"* (Cristopher, 2009, pág. 1). Se puede observar que las definiciones anteriormente citadas coinciden y hacen especial énfasis en que la logística esta direccionada a la gestión de los procesos; iniciando en el aprovisionamiento de materiales y la relación con los proveedores y terminando en satisfacer los requerimientos de los clientes. (Soto, Castaño, & Vasquez, 2004)

La gestión logística es el gobierno de las funciones de la cadena de suministro. Las actividades que están implícitas dentro de esta gestión suelen incluir la gestión de entrada y salida del transporte, gestión de flotas, almacenamiento, manejo de materiales, realización de pedidos, diseño de la red logística, gestión de inventario, la planificación de la oferta / demanda y la gestión de la logística de los proveedores. Así mismo la función logística también incluye el servicio al cliente, compras y adquisiciones, planificación de la producción y la programación, y procesos de manufactura. La gestión logística es parte de todos los niveles de planificación y ejecución: estratégico, operacional y táctico. Es una función de integración que coordina todas las actividades de logística. También integra las actividades logísticas con otras funciones incluyendo marketing, fabricación de ventas, finanzas y tecnología de la información. (Kwateng, Manso, & Osei-Mensah, 2014)

5.2 La logística y su importancia en la cadena de suministro

Durante los últimos años, la cadena de suministro y la administración de la cadena de suministro han tenido un papel importante en la eficiencia de los procesos y han atraído la atención de numerosos miembros de la academia. La evaluación de la literatura académica revela un incremento importante en investigación, en práctica y en teorías acerca de estos temas. (Janvier-James, 2012).

La logística ha avanzado en las empresas manufactureras demostrando cada vez mas que es una forma de lograr una ventaja competitiva frente a las demás empresas, por tal motivo ha girado en torno a crear valor en las organizaciones tanto para los clientes como para los proveedores. Una adecuada dirección logística con miras a una proyección a futuro visualiza cada actividad en la cadena de suministros como una contribución al proceso de añadir valor a sus procesos. (Ballou, 2004)

El área de logística, que tradicionalmente ha sido visto como un área de generación de costos en muchas organizaciones, actualmente está siendo vista por tantos profesionales como académicos como un centro de ganancia y de beneficio para sus procesos. Más aun, las compañías se están dando cuenta de que un análisis más minucioso de esta área podría ponerlos en un puesto diferenciador y lograr una ventaja competitiva clara e identificable en sus industrias. La logística está operando en un mercado sumamente competitivo. Teniendo en cuenta la expansión de la competencia mundial y los cambios legislativos y demográficos que afectan tanto la industria de logística como aquellos que usan sus servicios, es imperativo que todas áreas de logística sean analizadas y estén en constante actividad de mejoramiento en su totalidad. (Parker, Kent, & Brown, 2001)

De acuerdo a Ballou (2004) la logística se centra principalmente en actividades en pro de ofrecer los bienes y servicios en el tiempo y lugar adecuado. El producto o servicio ofrecido pierde valor si no está en posesión de los clientes en el momento y en el lugar que ellos lo deseen. Las actividades dentro de los procesos deben existir solo si agrega valor al producto ofrecido. De hecho, el valor agregado de un producto o un servicio se evidencia cuando un cliente está dispuesto a pagar más por tener el producto en sus manos que lo que realmente cuesta.

Por varias razones, para las empresas alrededor del mundo la logística se ha vuelto un proceso cada vez más importante al momento de añadir valor a sus productos.

En el momento en que las empresas incurren en el costo de mover el producto hacia el consumidor o de tener un inventario disponible de manera oportuna, se ha creado un valor para los clientes que antes no se tenía, este valor se puede comparar con el obtenido en la fabricación del producto con estándares de calidad.

La literatura destaca la importancia de desarrollar las actividades de logística que añaden valor al proceso para ayudar a mejorar la satisfacción de clientes (Peters, 1998)

Por definición, los servicios que añaden valor hacen referencia a las actividades únicas o específicas que las empresas pueden conjuntamente desarrollar en pro de aumentar su eficiencia, eficacia, y relación (Bowersox DJ., 2010) mientras establecen una ventaja competitiva en el lugar del mercado. Aparte de su contribución hacia conseguir la personalización, servicios añadidos por valor también pueden colaborar en la integración horizontal de la cadena de suministro (Hoek, 2001)

A lo largo del desarrollo de los procesos logísticos se puede observar la creación valor en los productos o servicios representados en cuatro categorías. Estos son según (Ballou, 2004) *forma, tiempo, lugar y posesión*. Tiempo y lugar en los productos son controlados principalmente por la logística mediante el transporte, el flujo de información y los inventarios

La manufactura crea valor de *forma* cuando hay transformación de materias primas a un producto terminado. El valor de *posesión* hace parte del marketing, la ingeniería y las finanzas, donde el valor se crea ayudando a los clientes a adquirir el producto mediante mecanismos como la publicidad, el apoyo técnico y los términos de venta.

5.3 Costos logísticos

Para hacer la propuesta de traslado del centro de alistamiento y distribución de los vehículos importados y conocer si es rentable para a compañía se debe tener claridad y hacer un análisis de los costos logísticos involucrados en el proceso. De acuerdo al informe de ProExport de costos

logísticos en el 2011 (Colombia, 2011) son los costos en que incurre la empresa u organización para garantizar un determinado nivel de servicio a sus clientes y proveedores.

Para alcanzar altos niveles de competitividad, es importante que las empresas tengan en cuenta diferentes aspectos relacionados con la logística al desarrollar sus actividades económicas. En primer lugar, las empresas deben identificar a sus clientes y desgregar los costos en que incurrirán a lo largo del ciclo de distribución del producto. Hay también costos relacionados con la gestión de la documentación, la gestión de inventarios, la consolidación del producto, el empaque, el embalaje, alistamiento, los trámites aduaneros, el pago de los seguros, y el transporte marítimo o terrestre, todos estos costos dependerán de la naturaleza del producto que se exporta o importa. Los costos logísticos, se refiere entonces a los costos involucrados en el proceso de transportar los bienes desde la fábrica del país de origen hasta la entrega del consumidor final. Estos costos incluyen costos de: transporte, licencias, seguros, procedimientos aduaneros, inventarios, almacenaje, deterioro, daños por manipulación, pérdidas durante el transporte, así como los costos administrativos. (Guasch, 2011)

Existen varias formas para la clasificación de los costos logísticos, pero Ballou (2004) menciona tres tipos de costos logísticos: distribución, suministro físico, y servicio al cliente. Estos tipos de costos son definidos como:

Costos de distribución. Es el costo con mayor peso dentro de los costos logísticos, pues incluye los costos de transportes de productos terminados, el costo de mantener los inventarios, el costo de procesamiento de pedidos y costos de administración y todos los gastos generales asociados a la distribución.

Costos de suministro físico. Se refiere a los costos que tienen que ver con el transporte de bienes de suministro o insumos para obtener el producto final, el costo de inventarios de materias primas o productos en proceso, el costo de procesamiento de pedidos, costo de almacenamiento, costo de administración y gastos generales asociados a los costos de suministro.

Costos de servicio al cliente. Es uno de los costos más difíciles de determinar, y se debe tener una medida base del servicio logístico para poder hacer la comparación, como por ejemplo la medición del servicio de distribución en función del porcentaje de entregas desde el almacén en un día.

La inversión en infraestructura en el sector industrial sería un buen camino para resolver los problemas de logística, pero las compañías también tienen un papel importante fundar redes de logística integradas, que faciliten la operación, construir centros de distribución apropiados de acuerdo a la naturaleza del negocio. Cada vez más es evidente que la logística y la distribución tienen un potencial enorme de colaborar en la reducción de los costos. La eficiencia de los procesos logísticos se trata de lograr proveer una ventaja competitiva frente a las compañías del sector. (Milmo, 2004)

5.4 El concepto de centro de distribución

Teniendo en cuenta que la propuesta está basada en un centro de distribución veremos al detalle cual es el concepto que plantean los autores frente a este tema

“Un centro de distribución es un lugar fijo donde se desarrollan procesos logísticos especializados de alto movimiento, en el cual las áreas de almacenamiento, son reemplazadas por áreas donde se reciben, almacenan, preparan y despachan mercancías; respondiendo a las necesidades del cliente a un costo razonable” (Soto, Castaño, & Vasquez, 2004, pág. 15)

Se puede llamar centro de distribución a una infraestructura logística en la cual se almacenan productos y se embarcan órdenes de salida para su distribución con el fin de llegar a las manos de los clientes. (Parra, 2013)

Un centro de distribución es un sistema en el que los productos deben permanecer el menor tiempo con la menor manipulación posible.

El centro de distribución es visto como un proceso de la función logística en donde se ven involucrados los procesos de recepción, almacenamiento, movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de transporte o consumo del cliente final, y el flujo de información de los datos generados. (Saldarriaga, 2011)

Un centro de distribución ha sido definido cuando existe un depósito de productos terminados; también realizado para atender la solicitud de los pedidos de un mayorista o de ventas al por menor. Un centro de distribución suministra varios atributos de servicio a las empresas, transporte, almacenamiento, la agrupación de la mercancía, el servicio de autorización de la aduana, la consolidación, el embalaje, el etiquetado y servicios de documentación. Algunos de estos atributos pueden ser más esperados por unos que para otros clientes, y no todos clientes darán la misma importancia a cualquier atributo especial. Para desarrollar un servicio del centro de distribución receptivo a las necesidades del cliente, es necesario determinar la importancia individual de los atributos del servicio. (Chin-Shan, 2004)

Algunas de las ventajas que se obtienen con la utilización de centros de distribución son: La consolidación de envíos, permite aprovechar economías de escala ya que se pueden transportar grandes volúmenes en una sola operación, en el caso de estudio se utilizan niñeras con su capacidad máxima. La utilización de almacenes en puntos estratégicos de la cadena permite que las plantas se localicen más cerca de los centros de abastecimiento, sin causar mayores costos de transporte hacia los centros de demanda. La especialización permite atender los pedidos en menor tiempo, por tanto, hay una menor probabilidad de desatender un pedido. (Negrón, 2009)

El desarrollo de la logística ha sido prolongado, trascendiendo más allá de su cobertura tradicional. Las actividades de transporte y almacenamiento, las actividades de embalar, etiquetar, ensamblar, comprar, distribuir, entre otras, son conocidas como actividades de "Sector bajo" y "Gama alta" o *value added* servicios de logística, son actividades que se desarrollan como principal fuente para la generación de ingreso y añadir el valor a centros de distribución. Una de estas actividades es decidir a dónde llevar a cabo estos servicios de logística. Las variables que afectan la selección de sitio son, numerosas y muy diversas, pueden ser de naturaleza cuantitativa o cualitativa; la situación de la empresa, el tamaño del mercado, la trayectoria, la región y sus

atributos, los costos, la calidad, la productividad, el capital financiero, las políticas gubernamentales, los impuestos.

Los criterios de selección de ubicación tradicionales han enfatizado en variables de costo como las economías de escala y los gastos de transporte. Sin embargo, estos días las variables de no costo tienen también un papel importante para escoger la ubicación de un centro de distribución, variables como infraestructura, características del mercado, y los factores institucionales. (Chen & Notteboom, 2012)

En cuanto a los criterios para la ubicación del centro de distribución, es un proceso que requiere de varios factores desde el punto de vista económico, social, político, ambiental y del mercado, entre otros. Adicionalmente es importante tener en cuenta los parámetros definidos por cada municipio en su plan de ordenamiento territorial POT, el cual es un instrumento de gestión administrativa, que racionaliza la toma de decisiones sobre la asignación y regulación del uso del suelo urbano.. (Soto, Castaño, & Vasquez, 2004)

Además de los aspectos anteriormente mencionados para la ubicación del centro de distribución, para hacer el análisis de viabilidad de la propuesta de traslado se deben tener en cuenta varios aspectos como se mencionan a continuación. En cuanto a las inversiones a realizar se debe analizar al detalle los costos del proyectos en cuanto a diseño, implantación y gestión del mismo, los costos del suelo y la edificación, la inversión en equipos y elementos para la operación, la inversión en sistemas de información y tecnologías de identificación, y los costos de puesta en marcha y/o traslado.

Así mismo se debe realizar un análisis de las variaciones de gastos e ingresos entre la situación actual y el nuevo escenario propuesto teniendo en cuenta costos de mano de obra, costos de operación como el agua, electricidad, comunicaciones, gastos de manutención, seguros, entre otras; los costos de gestión, los costos de capital de la inversión realizada, amortizaciones, aumento de la capacidad de respuesta, fiabilidad en los stocks, disminución de errores en el proceso y disminución de re trabajos por disminuir la manipulación de los vehículos. (Lopez, 2012)

2.1 Metodologías para la ubicación de un centro de distribución

5.4.1 Optimización basada en colonia de hormigas (ACO)

El algoritmo desarrollado por colonia de hormigas, es una forma de imitar a estos animales en la forma en que resuelven sus problemas, ya que las actividades de búsqueda son distribuidas entre “hormigas”, traducido esto en agentes con capacidades simples, que son similares al comportamiento de las hormigas verdaderas.

La forma en la que se intercambia información sobre las rutas entre los agentes, es dejando un rastro de feromonas. Una hormiga que se desplaza de un punto A a un punto B deja un rastro de feromonas durante su recorrido, marcando así el camino seguido. Mientras que una hormiga solitaria camina en forma indistinta, cualquier hormiga que encuentre un rastro puede decidir, con alta probabilidad, el seguirlo, aumentando el nivel de feromonas con la suya y volviéndola más fuerte. (Hincapie, Rios, & Gallego, Técnicas heurísticas aplicadas al problema del cartero viajante (TSP) , 2004)

En este algoritmo, el problema de optimización es plasmado en un gráfico de construcción de tal manera que las soluciones factibles al problema original corresponden a las trayectorias que se evidencian en la construcción del gráfico. En la práctica, las colonias de hormigas artificiales buscan buenas soluciones en varias iteraciones. Cada hormiga (artificial) de una iteración dada construye una solución incrementalmente tomando varias decisiones probabilísticas. Las hormigas artificiales que encuentran una buena solución marcan sus trayectorias en el gráfico de la construcción, poniendo una cierta cantidad de feromona en los bordes de la ruta que siguieron. Las hormigas en la próxima iteración se sienten atraídas por las feromonas, es decir, sus decisiones de ruta están sesgadas por las feromonas; de esta manera, se tendrá una mayor probabilidad de que los caminos que se construyan corresponden a las buenas soluciones. (Dorigo & Gambardella, 2002)

La hormiga artificial es un agente computacional simple que intenta construir soluciones posibles al problema explorando los rastros de feromona disponibles y la información heurística. Sin embargo, en algunos problemas, puede también construir soluciones no válidas que podrán ser penalizadas dependiendo de lo inadecuado de la solución. (Dorigo M, 1999)

5.4.2 Búsqueda Tabú (TS)

Consiste en un algoritmo heurístico, utilizado para realizar búsquedas locales y así evitar que el proceso se detenga en el óptimo local. Es decir Búsqueda Tabú realiza una exploración a través del espacio de configuraciones delimitando adecuadamente los óptimos locales.

Con el fin de que los resultados no regresen a los óptimos locales y entre en un ciclo repetitivo, la búsqueda tabú clasifica los movimientos más recientes como “movimientos tabú”; estos prohíben que una configuración sea visitada nuevamente.

(Hincapie, Rios, & Gallego, Tecnicas heurísticas aplicadas al problema del cartero viajante (TSP), 2004)

Tabú Search, es un método Meta heurístico para la resolución de problemas inteligente. Su poder se basa en el uso de la memoria de adaptación para registrar la información histórica con el fin de guiar el proceso de búsqueda. La forma simple de Tabú Search utiliza sólo el componente de memoria a corto plazo. Se trata de una forma de exploración agresiva que busca hacer buenos movimientos, con sujeción a las limitaciones que implica restricciones tabú. El objetivo principal de estas restricciones es ir más allá de los puntos óptimos locales. La memoria a largo plazo también se utiliza con fines de intensificación y diversificación que son dos componentes muy importantes de Búsqueda Tabú.

Utiliza estrategias de intensificación, explotando características óptimas previamente encontradas, mientras que las estrategias de diversificación fomentan el proceso de búsqueda para explorar las regiones no visitadas. El uso de la memoria a largo plazo para los propósitos de intensificación y diversificación hace que la metodología de Búsqueda Tabú sea significativamente muy fuerte (Delmaire, Diaz, Fernandez, & Ortega, 1999)

2.1.1 Grasp (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure)

GRASP es un método multi-arranque diseñado para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria. (Resende, 2003).

Parte de la premisa de que soluciones iniciales, diversas y de buena calidad, juegan un papel importante en el éxito de métodos locales de búsqueda.

Esta meta-heurística consta de dos fases, una fase constructiva en la cual se generan diferentes posibles soluciones de forma aleatoria, basándose en criterios relacionados con el problema con un único fin de garantizar calidad. La segunda fase es una búsqueda local que parte de la solución entregada en la construcción y examina sus vecindades con el fin de mejorarla, incluso hasta encontrar un óptimo local. La iteración cada una de las fases del algoritmo es repetida varias veces, según los criterios de terminación previamente establecidos, que usualmente se define como el número de veces que el algoritmo se repite sin encontrar mejora o cuando el valor de la solución se acerca a algún valor determinado. (Montoya, Aponte, & Rosas, 2011)

En particular, la propuesta de Búsqueda Tabú heurística dio los mejores resultados en términos de la calidad de las soluciones, mientras que la heurística basada en GRASP fue un orden de magnitud más rápido que todas las otras heurísticas y proporcionó los segundos mejores resultados en términos de calidad. (Alonso, Cordon, Fernandez, & Herrera)

7. Métodos y Materiales

Para el caso de estudio la función de la revisión de la literatura es fundamental para la definición de la teoría y las hipótesis, la naturaleza de los datos son objetivos y estandarizados (Corbetta, 2003), es por esto que la perspectiva de la investigación es cuantitativa. En términos de Abdellah y Levine¹, (Abdellah & E, 1994) la investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables.

La diferencia entre una metodología cualitativa y cuantitativa es que la cualitativa lo hace en contextos estructurales y situacionales y la cuantitativa estudia la interrelación entre las variables estudiadas, para el caso de estudio se realiza el análisis de las tarifas de transporte entre las diferentes ciudades.

El objetivo de la investigación cualitativa es identificar la naturaleza profunda de las realidades, su sistema de relaciones y su estructura dinámica. La investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede. Tras el estudio de la asociación, pretende explicar por qué las cosas suceden o no de una forma determinada. (Strauss, 1987)

De acuerdo a lo revisado en la literatura de los tipos de investigación existentes, la investigación que se plantea en el presente documento es de tipo descriptiva, puesto que de acuerdo a Danhke 1989 citado por (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 1997) *los estudios descriptivos “miden, evalúan, o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”*

De acuerdo a esto, la investigación será de tipo descriptivo, ya que tenemos que conocer acerca de la operación de la empresa, recopilar información necesaria y los datos que puedan darnos una posibilidad de ciertas predicciones o hipótesis que puedan ser planteadas.

La Investigación Descriptiva: busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de los grupos o personas que sean objeto de análisis, (DanhKe, 1989). *Es decir miden,*

evalúan o recolectan datos sobre diferentes conceptos (variables, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar). (Bernal, 2006, pág. 115)

Como herramienta de investigación se usará la entrevista, se aplicará esta técnica al supervisor de Compras y a la gerencia comercial. Se usará esta metodología, ya que esta permite un contacto directo con la persona y la obtención de información concreta que se necesita. (Bernal, 2006)

Se decide realizar la entrevista al supervisor de compras de la compañía, porque es él quien tiene la información del contrato de transporte y poder de negociación de este.

La entrevista es llevada a cabo en las instalaciones de la compañía, la información principal que se pretende obtener es el valor de la tarifa que ofrece el transportador a la compañía entre las diferentes ciudades en las que tiene presencia la marca con los concesionarios, incluyendo buenaventura, lugar al que llegan los vehículos. A pesar de que es muy concreta la entrevista con esta persona es necesaria realizarla específicamente con él porque las tarifas son especiales para la compañía por el nivel de vehículos que se manejan y ya existe una relación comercial establecida, por esto se requiere de su colaboración y no se podía directamente por cotizaciones a los transportadores.

A continuación se muestran los datos obtenidos de las tarifas de transporte entre diez de las ciudades en las que se deben movilizar vehículos.

DE \ A	Armenia	B/bermeja	B/quilla	Bogotá	B/manga	B/ventura	Cali	C/gena	Cúcuta	Ibagué
Armenia	-	367.245	503.657	169.000	510.431	192.951	105.818	423.732	701.842	94.647
B/bermeja	477.367	-	284.855	249.364	97.158	610.874	376.909	302.355	255.966	505.950
B/quilla	998.380	434.399	-	560.182	400.600	1.023.872	588.000	47.855	568.980	1.358.937
Bogotá	240.000	340.000	430.000	46.000	320.000	400.000	240.000	430.000	500.000	240.000
B/manga	659.222	96.533	261.003	223.955	-	697.087	406.364	276.253	141.870	571.384
B/ventura	213.679	520.439	572.004	297.818	597.732	-	90.000	491.599	783.661	372.744
Cali	190.000	410.000	500.000	260.000	420.000	140.000	46.000	470.000	580.000	260.000
C/gena	885.630	486.163	50.457	626.364	447.067	927.807	552.000	-	618.522	1.230.405
Cúcuta	850.169	238.535	347.698	335.636	133.064	857.195	509.455	358.476	-	792.226
Ibagué	73.651	302.890	533.473	105.773	344.277	261.921	142.364	458.101	508.929	-

Tabla 1: Tarifas transporte entre ciudades

Fuente: Gerencia Comercial

La entrevista en la gerencia comercial se realiza para conocer el pronóstico de ventas de los vehículos importados y como se espera que estén distribuidas las ventas en los concesionarios del

país. Teniendo esta información se procede a evaluar el costo del transporte, evaluando la ubicación del centro de distribución en cada una de las ciudades, teniendo en cuenta el número de unidades a entregar en cada destino y tomando siempre como punto de partida Buenaventura. Para el caso de la gerencia comercial es importante preguntarle directamente a esta persona pues es internamente en la compañía donde se determinan estos datos y es ella quien consolida y define el número de unidades que se proyecta vender en cada una de las ciudades.

De acuerdo a la gerencia comercial de la compañía el pronóstico de venta es de 5997 vehículos durante el periodo comprendido entre Mayo 2014 y Mayo 2015, distribuidas por ciudad de la siguiente manera.

Numero de Unid a distribuir	Ciudad
2.507	Bogotá
913	Medellín
442	Cali
297	Barranquilla
294	Bucaramanga
228	Cartagena
150	Cúcuta
148	Pereira
134	Manizales
128	Villavicencio
123	Valledupar
105	Ibagué
88	S. Marta
65	Armenia
60	Montería
58	Neiva
57	Barrancabermeja
54	Pasto
46	Yopal
42	Tunja
29	Sincelejo
18	Tuluá
11	Popayán

Tabla 2: Distribución Proyectada vehículos 2014 – 2015

Fuente: Gerencia Comercial

8. Resultados y Análisis

Los problemas combinatorios son tratados en las metodologías de solución heurísticas para localización de centros de distribución analizadas a lo largo de este trabajo, como son colonia de hormigas, búsqueda Tabú, y Grasp, están desarrolladas para problemas tipo NP (no polinomial) para el cual no se conocen algoritmos con esfuerzos computacionales de tipo polinomial para encontrar la solución óptima.

Las técnicas heurísticas son algoritmos que encuentran soluciones de buena calidad para problemas combinatoriales complejos; o sea, para problemas tipo NP. Los algoritmos heurísticos son más fáciles de implementar y encuentran buenas soluciones con repetidas iteraciones, utilizando herramientas informáticas; sin embargo, no siempre es posible encontrar la solución óptima global del problema. En problemas de gran tamaño rara vez un algoritmo heurístico encuentra la solución óptima global. Es por esto que se decide analizar el universo de datos y cuantificar en valores la ubicación del centro de distribución en todas las ciudades, y proponer una heurística para llegar a la solución. (Hincapie, Rios, & Ramon, 2004)

Se evaluaron las tarifas de movilización de los vehículos entre las diferentes ciudades del país, teniendo en cuenta que el punto de partida de los vehículos es Buenaventura y teniendo como restricción que solo se puede tener un centro de distribución para atender la demanda de todo el país, ya que en este se debe instalar equipos especializados para el alistamiento de vehículos, y en este momento no se cuenta con el recurso para dar apertura a más de un centro de distribución. Adicionalmente se tiene en cuenta el número de vehículos que se estima entregar en cada una de las ciudades.(ver Anexo 1)

A continuación se muestran los costos anuales en que se incurren ubicando el centro de distribución en cada una de las ciudades. El resultado del análisis de los datos da como resultado que la ciudad más favorable para la ubicación del centro de distribución es Cali, ratificando la hipótesis inicialmente planteada.

Ciudad	Valor
Cali	\$ 2.202.334.000,00
Medellín	\$ 2.713.420.595,24
B/ventura	\$ 2.908.744.135,64
Bogotá	\$ 2.963.405.136,36
Tuluá	\$ 3.276.169.232,19
Pereira	\$ 3.540.687.800,45
Armenia	\$ 3.566.835.640,73
Manizales	\$ 3.751.992.215,72
Ibagué	\$ 4.776.142.776,60
Sincelejo	\$ 4.777.929.647,46
Montería	\$ 5.012.953.572,36
Cartagena	\$ 5.041.523.399,66
B/bermeja	\$ 5.081.700.135,87
Bucaramanga	\$ 5.495.308.337,80
Barranquilla	\$ 5.583.447.546,11
Santa Marta	\$ 5.849.645.168,28
Popayán	\$ 6.189.073.263,86
Pasto	\$ 6.375.575.343,28
Neiva	\$ 6.553.619.372,30
Valledupar	\$ 6.716.270.580,45
Yopal	\$ 6.844.288.647,63
Cúcuta	\$ 7.569.676.498,70
Tunja	\$ 7.967.551.764,19
Villavicencio	\$ 11.222.199.289,77

Tabla 3: Costo anual de transporte

Los resultados obtenidos nos muestran que la mejor opción para ubicar el centro de distribución es Cali con un valor de operación anual de \$ 2.202.334.000, seguido de Medellín, Buenaventura y en cuarto lugar Bogotá. Cali, Medellín y Bogotá son las tres ciudades que representan las mayores ventas de vehículos, sumando entre las tres el 64,4% del total de las ventas del país, razón por la cual resulta competitivo ubicar el centro de distribución en una de estas ciudades, sin embargo Cali resulta aún más competitivo dada su ubicación geográfica cercana al puerto de Buenaventura.

Es decir trasladando el centro de distribución de Bogotá a Cali el ahorro para la compañía anual es de 26%, equivalente a \$ 761.071.136 entre Mayo de 2014 y Mayo de 2015.

9. Conclusiones

- Se identificaron y se evaluaron tres metodologías para la localización de un centro de distribución tales como optimización basada en colonia de hormigas (ACO), Búsqueda Tabú (TS), y Grasp (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure).
- Las metodologías heurísticas planteadas en el documento no fueron útiles para la aplicación de los datos obtenidos por medio de entrevistas, ya que estas técnicas heurísticas aplican para problemas NP, donde no necesariamente se obtiene la mejor solución, y dada la naturaleza y el número de datos fue posible aplicar una heurística que me permitiera analizar la totalidad de los datos.
- El mejor escenario para la ubicación del centro de distribución teniendo en cuenta el punto de origen Buenaventura, la proyección de ventas a cada una de las ciudades y el valor de las tarifas a cada uno de los destinos es Cali, con un costo estimado de \$ 2.202.334.000,00 anual.

ANEXO

	Armenia	B/bermeja	B/quilla	Bogotá	B/manga	B/ventura	Cali	C/gena	Cúcuta	Ibagué	M/zales	Medellín	Montería	Neiva	Pasto	Pereira	Popayán	S.Marta	S/lejo	Tulua	Tunja	V/par	V/cencio	Yopal
Armenia	-	367.245	503.657	169.000	510.431	192.951	105.818	423.732	701.842	94.647	90.823	175.163	393.236	301.343	474.748	42.404	431.283	540.024	374.413	90.564	556.880	597.750	1.072.074	333.924
B/bermeja	477.367	-	284.855	249.364	97.158	610.874	376.909	302.355	255.966	505.950	413.962	162.076	351.731	668.605	855.186	465.476	1.041.114	263.891	304.181	610.546	384.543	252.257	952.159	391.688
B/quilla	998.380	434.399	-	560.182	400.600	1.023.872	588.000	47.855	568.980	1.358.937	824.100	341.769	199.013	1.167.705	1.147.708	848.073	1.502.575	38.087	104.399	1.048.104	1.081.608	148.661	1.854.205	826.105
Bogotá	240.000	340.000	430.000	46.000	320.000	400.000	240.000	430.000	500.000	240.000	240.000	230.000	430.000	340.000	540.000	240.000	520.000	430.000	430.000	240.000	240.000	430.000	240.000	340.000
B/manga	659.222	96.533	261.003	223.955	-	697.087	406.364	276.253	141.870	571.384	479.928	188.250	374.080	708.366	881.561	527.154	1.083.866	238.046	281.403	687.882	349.819	225.322	835.824	375.862
B/ventura	213.679	520.439	572.004	297.818	597.732	-	90.000	491.599	783.661	372.744	297.326	250.664	478.375	555.602	416.404	256.349	333.207	606.677	458.407	145.513	848.824	729.317	1.131.136	669.430
Cali	190.000	410.000	500.000	260.000	420.000	140.000	46.000	470.000	580.000	260.000	260.000	180.000	440.000	415.000	330.000	220.000	185.000	520.000	440.000	130.000	340.000	560.000	450.000	480.000
C/gena	885.630	486.163	50.457	626.364	447.067	927.807	552.000	-	618.522	1.230.405	780.122	308.548	134.626	1.298.496	1.094.958	784.467	1.419.587	87.964	73.554	987.049	1.166.491	260.544	2.054.659	878.330
Cúcuta	850.169	238.535	347.698	335.636	133.064	857.195	509.455	358.476	-	792.226	660.618	283.381	474.650	906.122	1.032.618	709.297	1.321.511	285.202	330.755	890.379	592.891	279.192	1.174.091	525.416
Ibagué	73.651	302.890	533.473	105.773	344.277	261.921	142.364	458.101	508.929	-	152.965	159.056	377.273	196.710	494.729	110.828	469.004	422.588	367.769	179.093	387.115	436.140	477.869	417.800
M/zales	86.381	302.890	395.403	168.409	353.429	255.352	132.545	354.996	518.688	186.956	-	92.112	306.501	364.123	481.142	43.367	453.916	428.482	304.655	172.988	523.442	442.874	667.585	501.677
Medellín	316.426	225.244	311.460	244.636	263.312	408.892	217.636	266.682	422.607	369.238	174.954	-	209.123	611.057	633.797	193.707	650.068	365.910	217.814	336.818	689.348	398.845	1.243.892	584.762
Montería	671.951	462.379	171.555	476.864	494.942	738.140	451.636	110.066	669.565	828.449	550.674	197.813	-	1.022.265	947.898	572.449	1.144.220	207.667	51.725	749.954	1.194.785	217.552	1.601.847	895.739
Neiva	261.870	446.990	511.914	171.955	476.637	435.987	244.909	539.889	650.048	219.673	332.699	293.952	519.881	-	398.021	292.007	323.148	507.831	494.947	398.890	531.158	533.520	678.324	506.425
Pasto	540.107	748.481	658.699	471.545	776.559	427.776	195.273	596.010	969.818	723.286	575.531	399.150	631.094	521.073	-	536.791	303.030	701.442	594.126	479.278	1.183.210	754.698	1.585.739	907.608
Pereira	40.008	337.866	403.660	173.727	385.111	218.404	108.000	354.126	552.466	134.375	43.021	101.172	316.079	317.038	445.177	-	397.334	457.048	312.723	121.092	535.017	466.183	683.693	508.799
Popayán	311.880	579.198	548.152	329.136	606.885	217.583	63.818	491.164	788.916	435.841	345.128	260.228	484.229	268.907	192.617	304.535	-	592.167	463.152	229.972	866.830	629.865	1.154.403	716.907
S.Marta	1.082.942	407.118	38.531	534.182	369.622	1.098.589	657.818	84.398	472.148	1.089.019	903.450	406.197	243.711	1.171.890	1.236.424	971.429	1.642.144	-	115.314	1.135.615	1.025.020	125.869	1.775.455	791.289
S/lejo	717.415	448.389	100.915	583.227	417.497	793.152	467.455	67.432	523.191	905.568	613.773	231.034	58.001	1.091.323	1.000.648	635.091	1.227.207	110.181	-	816.096	1.112.474	161.092	1.924.006	845.096
Tulua	80.925	419.709	472.465	217.455	475.933	117.413	51.273	421.992	656.804	205.652	162.525	166.606	392.172	410.162	376.442	114.683	284.169	506.017	380.582	-	663.626	529.894	837.614	557.067
Tunja	393.714	209.155	385.770	72.091	191.500	541.905	306.545	394.585	346.042	351.711	389.105	269.791	494.339	432.135	735.301	400.907	847.477	361.376	410.478	525.069	-	366.212	375.852	160.632
V/par	1.049.299	340.664	131.648	481.000	306.259	1.156.063	601.636	218.827	404.591	983.856	817.407	387.573	223.490	1.077.720	1.164.492	867.347	1.528.980	110.181	147.582	1.040.981	909.271	-	1.614.375	720.073
V/cencio	544.653	372.142	475.218	52.000	328.788	518.915	288.000	499.430	492.415	311.983	356.600	349.822	476.247	396.559	708.126	368.141	811.013	449.793	510.132	476.226	270.081	467.219	-	206.526
Yopal	383.712	346.260	478.887	206.227	334.420	694623,3766	430.364	482.898	498.421	616.955	606.124	371.970	602.359	669.652	916.728	619.671	1.139.190	453.421	506.810	716.374	261.078	471.363	467.131	-

10. Bibliografía

- Abdellah, F., & E, L. (1994). Preparing nursing research for the 21st century. *Evolution methodologies challenges*. New York: Springer.
- Alonso, S., Cordon, O., Fernandez, I., & Herrera, F. (s.f.). La Metaheurística de Optimización Basada en colonias de hormigas: modelos y nuevos enfoques.
- ANDI, A. N. (2013). *Caracterización del sector Automotor*. Bogotá.
- Ballou, R. H. (2004). Logística, Administración de la cadena de Suministro. En R. H. Ballou. Pearson Educación.
- Bernal, C. A. (2006). Metodología de la Investigación. *Segunda Edición*, 115. Prentice Hall.
- Bowersox DJ., C. D. (2010). Supply Chain Logistics Management, third Edition. The McGraw-Hill.
- Chen, L., & Notteboom, T. (2012). Determinants For Assigning Value-added Logistics Services To Logistics Centers Within A Supply Chain Configuration. *Journal of International Logistics and Trade*. Incheon, South Korea: Jungseok Research Institute of International Logistics & Trade.
- Chin-Shan, L. (2004). An Evaluation of Logistics services requirements of International Distribution centers in Taiwan. *Transportation Journal*. United States: Pennsylvania State University Press.
- Colombia, P. (2011). *ColombiaTrade*. Obtenido de <http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/3%20%20Costos%20logisticos.pdf>
- Corbetta, P. (2003). Metodología y técnicas de Investigación Social. Mc Graw Hill.
- Cristopher, M. (2009). *Logística Integral*. Recuperado el Abril de 2014, de Universidad Nacional Abierta y a Distancia: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/11definicion_de_logstica.html
- Delmaire, H., Diaz, J. A., Fernandez, E., & Ortega, M. (Agosto de 1999). Reactive GRASP and TABU search based heuristics for the Single Source Capacitated Plant Location Problem. *INFOR*. Ottawa, Canada: Canadian Operational Research Society.
- Dorigo M, D. C. (1999). The Ant Colony Optimization meta-heuristic. *New Ideas in Optimization*. London UK: McGraw Hill.
- Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (August de 2002). Guest Editorial Special Section on Ant Colony Optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*
- Guasch, J. L. (Octubre de 2011). La logística como motor de la competitividad en América Latina y el Caribe. *V Foro de competitividad de las Américas para el Banco Interamericano de desarrollo y el Compete Caribbean*. Santo Domingo, República Dominicana: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hincapié, R., Rios, C., & Gallego, R. (Mayo de 2004). Técnicas heurísticas aplicadas al problema del cartero viajante (TSP) . *Scientia et Technica año X N24 UTP*. Pereira, Colombia.

- Hincapie, R., Rios, C., & Ramon, G. (Marzo de 2004). Tecnicas heurísticas aplicadas al problema del cartero viajante (TSP). Pereira, Colombia: Scientia Et Technica.
- Hoek, R. (2001). The contribution of performance measurement to the expansion of third party logistics alliances in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*. Inditex annual report.
- Janvier-James, A. M. (2012). A New Introduction to Supply Chains and Supply Chain Management: Definitions and Theories Perspective. *International Business Research*. Toronto, Canada: Canadian Center of Science and Education.
- Kwateng, K. O., Manso, J. F., & Osei-Mensah, R. (2014). OUTBOUND LOGISTICS MANAGEMENT IN MANUFACTURING COMPANIES IN GHANA. *Review of Business & Finance Studies*. Hilo, United States: Institute for Business & Finance Research.
- Lopez, B. S. (2012). *Ingenieros Industriales*. Recuperado el 18 de Febrero de 2014, de www.ingenierosindustriales.jimdo.com
- Lozano, R. (22 de Octubre de 2013). Carros importados aceleran en ventas. *Portafolio*.
- Milmo, S. (Nov de 2004). Cost of Logistics Hinders European Chemical Distribution. *Chemical Market Reporter*. United Kingdom: Reed Business Information UK.
- Montoya, J., Aponte, A., & Rosas, P. (2011). Applying GRASP to solve the multi-item three-echelon uncapacitated facility location problem. *The Journal of the Operational Research Society*. Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan.
- Negron, D. F. (2009). *Administracion de Operaciones. Enfoque de administracion de procesos de negocios*. Mexico: CENGAGE Learning.
- Parker, R. S., Kent, J. L., & Brown, T. S. (Mar/Apr de 2001). The perceived importance of statistics in the logistics and transportation industry. *Journal of Education for Business*. Washington, United States: Taylor & Francis Inc.
- Parra, C. (2013). Creacion y Agregacion de Valor a partir de la gestion de la cadena de suministro. *Zona Logística*.
- Peters, M. C. (1998). The third-party logistics industry in Europe: provider perspectives on the industry's current status and future prospects. *International Journal of Logistics*.
- Resende, M. G. (2003). GRASP: Procedimientos de búsqueda miopes aleatorizados y adaptativos. *Inteligencia Artificial*. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial .
- Saldarriaga, D. L. (2011). *Diseño Optimizacion y Gerencia de Centros de Distribucion*. Impresos Begón.
- Santos, A. F. (2012). Exportar o Importar, lo caro es en Colombia. *Dinero*.
- Soto, A., Castaño, C., & Vasquez, A. (2004). *Propuesta Metodologica y Ejemplo de Aplicacion para Localizacion y Dimensionamiento de un centro de Distribucion*. Medellin.
- Strauss, A. (1987). *Qualitative analysis for social scientifics*. New York : Cambridge University .
- Tello, J. (21 de Febrero de 2014). Gerencia de Compras. (M. Giraldo, Entrevistador)

Zhang, W., & Wu, X. (Dec de 2013). The Importance of Supply Chain Management. *International Journal of Business and Social Science*. New York, United States: Centre for Promoting Ideas, USA.