

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Industrial.**



**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
MENCIÓN LOGÍSTICA**

**Perfeccionamiento de las rutas de distribución de
la Empresa Suchel Trans para la provincia de
Sancti Spíritus, utilizando el método de
Optimización por Colonia de Hormigas.**

Autor: Ing. Juan Carlos Meneses Marcel.

Tutor: Dr. C. Roberto Cespón Castro

Santa Clara, 2009.

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución”.

Resumen

Esta investigación se desarrolló en la U.E.B. de Villa Clara perteneciente a la Empresa Suchel Trans, la cual tiene en su actividad fundamental la comercialización y distribución de los productos de jabonería, perfumería, aseo y limpieza. El trabajo investigativo contiene el diseño de un procedimiento general para el perfeccionamiento de las rutas de distribución y la determinación de medios de transporte, utilizando el método de optimización por Colonia de Hormigas. El desarrollo de este procedimiento para la provincia de Sancti Spíritus permitió el mejoramiento de los indicadores de servicio al cliente y la reducción de los costos de transportación.

Abstract

The investigation was developed in the U.E.B. of Villa Clara belonging to the Company Suchel Trans, which has as their fundamental activity the commercialization and distribution of products such as soaps, perfumes, detergents, etc. The research work contains the design of a general procedure for the improvement of the distribution routes and the determination of the transport type, using the Ant Colony optimization method. The development of this procedure to Sancti Spiritus Province allowed the improvement of the indicators of service to the client and the reduction of transportation costs.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.1. Logística. Conceptos fundamentales.....	7
1.1.1. La logística de distribución.....	10
1.1.2. Costos de distribución.....	12
1.2. Servicio al cliente.....	14
1.3. El transporte externo de mercancías.....	19
1.4. Rutas de distribución. Conceptos y herramientas principales.....	22
1.4.1. Algoritmo de Colonia de Hormigas para la determinación de rutas de distribución.....	26
1.5. La empresa Suchel -trans.....	30
1.5.1. Rutas de distribución en la U.E.B. Suchel trans v.c.	32
1.6. Conclusiones parciales.....	33
CAPITULO II. Diseño del procedimiento para la determinación de rutas de distribución basado en la Optimización por Colonia de Hormigas en la provincia de Sancti Spiritus, perteneciente a la empresa territorial Suchel Trans Villa Clara.	34
2.1. Estructura del procedimiento general.....	34
2.2. Definición de los indicadores de servicio al cliente y costo, a evaluar en las rutas de distribución.....	36
2.3. Determinación de las rutas de distribución, mediante el algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas.....	37
2.4. Cálculo de las necesidades de medios de transportes para la distribución.....	42
2.5. Conclusiones parciales.....	43

Capitulo III. Aplicación del procedimiento propuesto en el objeto de estudio

seleccionado.....	45
3.1. Evaluación del servicio al cliente y los costos de distribución para las rutas actuales.....	45
3.2. Determinación de nuevas rutas de distribución mediante el algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas.....	48
3.3. Cálculo de las necesidades de medios de transporte para la distribución.....	50
3.4. Comparación del servicio al cliente y costos de distribución de la variante actual con la propuesta.....	51
3.5. Conclusiones parciales.....	53
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	63

INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre ha necesitado mover cosas de un lugar a otro, casi con el inicio de la civilización, siempre se ha encontrado con un problema: Cómo hacerlo de la mejor manera posible. Esta interrogante aun sigue vigente y a partir del siglo XXI los empresarios se han preocupado más por hacerlo con una mayor confiabilidad y a bajo costo.

Aunado a la transición de cambio de la era industrial hacia la era moderna de la información digital, es que se extiende el campo de estudios hacia nuevos horizontes. Es así que a la concepción de integrar la perspectiva de los manejos de costos y la provisión de servicios al problema primario de la transportación de un bien, se le comenzó a denominar, logística,[Donovan, 2000]. A partir de su definición y análisis de los elementos que componen las diferentes características de las cadenas de suministros de una red logística, se identifica al aprovisionamiento, las relaciones de colaboración, el transporte y las evaluaciones de desempeño como elementos básicos en la obtención de los mejores resultados. Es por ello que surge la necesidad de analizar las nuevas cadenas de suministro con un enfoque logístico que garantice un mejor desempeño de la misma. [Velásquez, 2006].

La necesidad del enfoque logístico y en sistema está dada fundamentalmente porque la logística permite estudiar los flujos materiales e informativos desde un origen hasta un destino; y si a esto se le añade el análisis de todas las influencias externas e internas en los marcos de las organizaciones objeto de estudio se puede hablar de un enfoque en sistema. Con ello se busca evaluar el comportamiento sistémico de los distintos elementos que influyen en obtener criterios integrales para una mejor toma de decisiones táctico – operativas en el cumplimiento exitoso de los objetivos de una determinada cadena de suministros. [Asencio, J. 1994].

Anteriormente la logística era solamente, tener el producto justo, en el sitio justo, en el tiempo oportuno, al menor costo posible, actualmente éstas actividades

aparentemente sencillas han sido redefinidas y ahora son todo un proceso. [Barán, (2002)].

Por lo tanto la logística busca dirigir estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado, a través de los cuales la organización y su canal de distribución se encausan de modo tal que la rentabilidad presente y futura de la empresa es maximizada en términos de costos y efectividad. [Castillo, 2000].

La logística determina y coordina en forma óptima el producto correcto, el cliente correcto, el lugar correcto y el tiempo correcto. Si se asume que el rol del mercadeo es estimular la demanda, el rol de la logística será precisamente satisfacerla. [CEL,1993].

En los últimos años los conceptos de logística han evolucionado ampliamente en todas las literaturas, encontrándose definiciones desde muy generales a particulares y de conceptos simples a criterios más abarcadores. [Coma Pullés, 1996; Santos Norton, 1996; Matos Rodríguez, 1997; Tompkins, 2000; Gómez Acosta & Acevedo Suárez, 2001; CSCMP, 2005; Torres Gemeil et al., 2003; Ballou, 2004;] así como criterios encontrados muy recientes en los sitios y páginas Web de internet. en este año 2008: [<http://www.clminnovacion.com/documentacion/organizacion/logistica.htm> [http://books.google.com/cu/books.Libros de logística](http://books.google.com/cu/books.Libros%20de%20logística) Antón, Francesc Robusté 2007, Galván 2007. <http://www.monografias.com/trabajos/logistica/logistica-red.shtml>].

Hace algunos años, la logística básicamente estaba relacionada con la gestión de la cadena de suministro de una empresa. Hoy en día, la definición de logística es mucho más amplia. La Logística moderna habla tanto de temas que pertenecen a decisiones que se producen en el ámbito de las políticas públicas locales, como nacionales y también internacionales, como pueden ser las infraestructuras de transporte, y las zonas de actividad logísticas. [Chamoso, 2007].

Actualmente también la logística se ocupa de temas directamente relacionados con la gestión de la empresa con relación a sus clientes y proveedores (logística externa) y sus procesos logísticos relacionados con la producción (logística interna), [Christopher, 1999].

Dentro de la logística externa existen varias temáticas relacionadas con lo clientes, que incluyen, la de conocer sus necesidades o pedidos, confirmárselos y entregárselos. Esta última necesita de la ubicación de almacenes, transportes de distribución y rutas de entrega con los flujos de información correspondientes entre proveedores y clientes. El mundo moderno experimenta cambios muy acelerados, sobre todo en el incremento de los precios, donde el combustible parece que guía las “riendas” de estos bruscos acontecimientos. Disminuir el tiempo del servicio de distribución, incrementando la orden servida o completarla, con un menor costo en su entrega sería el resultado óptimo que se pretende lograr. [Robusté, 2007].

En esta investigación se propone aplicar un procedimiento para la determinación de rutas de distribución de los productos obtenidos por Suchel en la provincia de Sancti. Spíritus, mediante el mejoramiento de sus rutas de transporte. Esta distribución y comercialización se realiza desde la UEB Suchel Trans en Villa Clara, la cual se encuentra ubicada en carretera de acueducto Km. ½, reparto Sakenaf, Santa Clara, Villa Clara; perteneciente a la Empresa Suchel Trans de la Unión Suchel y subordinada al Ministerio de la Industria Ligera. La necesidad del trabajo procede de planteamientos de la Dirección de la empresa encaminados al mejoramiento de las rutas de distribución, lo cual se ha concretado en tres elementos esenciales:

- La necesidad de obtener un diseño más eficiente en las rutas de distribución de los productos.
- Lograr con este diseño la reducción de los costos de distribución o entrega.
- Incrementar el nivel de servicio a los clientes.

El estado actual de estos aspectos se resume en la existencia de rutas de distribución desorganizadas que provocan la disminución en las ventas, el atraso en

las entregas de los pedidos, la elevación de los costos de transporte y distribución de las mercancías y una disminución en la satisfacción del nivel de servicio a los clientes; que en su conjunto conforman la situación problemática existente.

En correspondencia con lo antes expuesto, el problema científico de la presente investigación se define como la no existencia de un procedimiento científicamente argumentado para la determinación de las rutas de distribución y las necesidades de medios de transporte de los productos Suchel en la provincia de Santi Spíritus, que reduce las posibilidades de disminuir los costos de transporte y elevar el nivel de servicio al cliente.

Por su parte, la hipótesis de la investigación se define como: Con la elaboración de un procedimiento científico argumentado para la determinación de rutas de distribución y medios de transporte en la empresa Suchel Trans, es posible la obtención de soluciones que logren una situación de compromiso entre la elevación del nivel de servicio al cliente y la reducción de los costos de distribución.

El objetivo general de la investigación consiste en la elaboración de un procedimiento para la determinación de rutas para la distribución y medios de transporte de los productos Suchel en la provincia de Sancti Spíritus, que permita reducir los costos de transporte de esta cadena de suministros y elevar el nivel de servicio al cliente. De ello se derivan los objetivos específicos siguientes:

- Construir un marco teórico referencial que incluya básicamente aspectos relacionados con la logística, el transporte, el servicio al cliente y la determinación de rutas de distribución.
- Diseñar un procedimiento general y sus procedimientos específicos para la determinación de rutas de distribución y medios de transporte de los productos Suchel.
- Aplicar el procedimiento propuesto en la U.E.B. de Suchel-Trans para la provincia de Sancti Spiritus.

Para cumplimentar dichos objetivos la investigación se estructura en tres capítulos:

Capítulo 1: Marco teórico – referencial de la investigación que incluye los aspectos mencionados anteriormente.

Capítulo 2: Contiene el procedimiento para la determinación de rutas de distribución de los productos Suchel incluyendo las herramientas a emplear en cada caso.

Capítulo 3: Aplicación del procedimiento a las rutas de distribución de los productos fabricados por Suchel para la provincia de Sancti Spíritus, en la U.E.B. de Suchel Trans en Villa Clara.

La investigación que se proyecta posee además un valor teórico, metodológico y práctico.

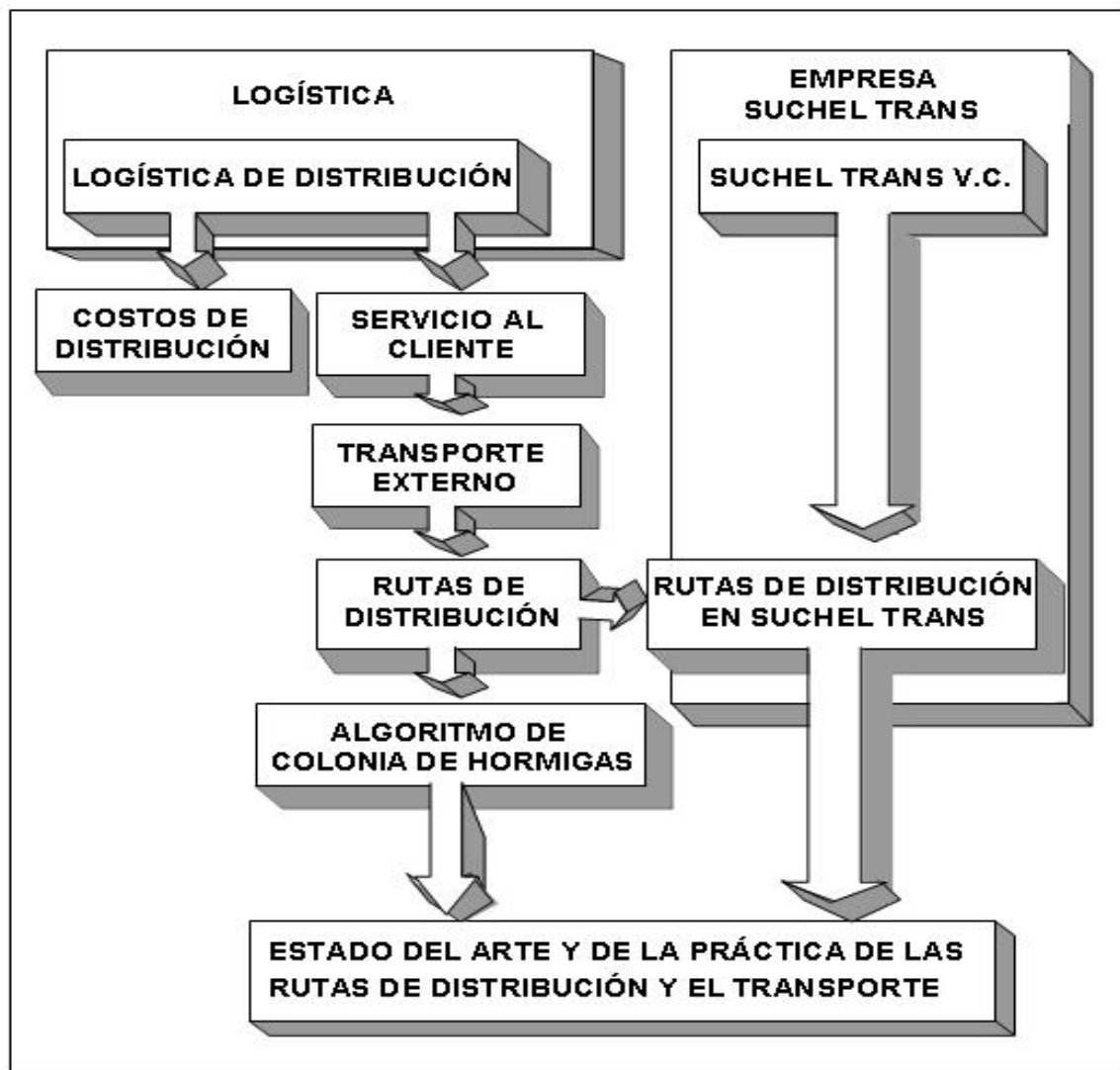
Teórico: Ya que aporta un procedimiento general para el diseño de las rutas de distribución y determinación de medios de transporte, a lo cual se añade el primer capítulo de la tesis obtenido de la consulta de literatura nacional e internacional más actualizada.

Metodológico: Porque brinda la posibilidad de lograr una integración de conceptos, técnicas y herramientas para perfeccionar el diseño de las rutas de distribución y determinación de medios de transporte en la cadena de suministro estudiada.

Práctico: A partir de la sistematización del procedimiento desarrollado sobre la base de que pueda ser utilizado en cualquier dependencia similar a nivel nacional.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

La revisión de la literatura especializada, así como de otras fuentes bibliográficas y referenciales consultadas, se estructuró de forma tal que permitiera el análisis del estado del arte y de la práctica sobre la temática objeto de estudio, permitiendo sentar las bases teórico-prácticas de la investigación. Para ello se elaboró un hilo conductor que se muestra en la figura 1.1.



MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 1.1. Hilo conductor seguido para la construcción del marco teórico – referencial de la investigación (fuente: Elaboración propia).

1.1. Logística . Conceptos fundamentales.

En la literatura existen más de veinte definiciones sobre el término logística, que van desde algunas muy simples hasta otras mucho más abarcadoras, apuntando a un concepto integrador, sistémico y racionalizador, fundamentalmente orientado a la satisfacción del cliente, con los costos mínimos, con la calidad requerida, en el tiempo requerido, y en el lugar especificado por los clientes. Algunas de ellas recogen los conceptos fundamentales actuales.

En [Magee, 1968], en su libro “Industrial Logistics” definió la logística como “el movimiento de los materiales desde una fuente u origen hasta un destino o usuario”. Bernald Lalonde, profesor de la Universidad Estatal de Ohio y Martín Christopher, profesor de la Cronfield School of Management en artículos publicados en 1971 y en 1972 respectivamente, definen la logística como “la unión de la Gestión de los Materiales con la Distribución Física”. En esos años se desarrolla el término “Business Logistics” o sea Logística de Negocios con el fin de diferenciarla de la logística militar, [Bernald, 1971; Christopher, 1972].

Bowersox en un artículo publicado en 1979 asocia el concepto de logística a la aplicación del enfoque en sistema en la solución de los problemas de suministro y distribución de las empresas.

El Council of Supply Chain Management Professional, [CSCMP, 1999], definía la logística como: “el proceso de planificación, implementación y almacenaje eficiente y efectivo de materias primas, inventarios en proceso, productos acabados, servicios e información relacionados con ello, desde el punto de origen al punto de consumo (incluyendo los movimientos de entrada, internos y externos) con el propósito de conformar los requerimientos del cliente”.

Por el auge alcanzado por la administración de la cadena de suministros este concepto fue ampliado a: Logística, [CSCMP, 2000] “es la parte de la administración de la cadena de suministro que planea, implementa y controla, efectiva y eficientemente, el flujo directo e inverso, el almacenamiento de bienes y la

información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo, para conocer los requerimientos del consumidor”.

Uno de los conceptos de logística es “el sistema que garantiza el flujo eficiente de los materiales con su información y finanzas asociadas, desde el origen hasta el destino final, satisfaciendo las expectativas del cliente”. Conejero González [1998]. También es oportuno recordar la esencia de la función principal de la logística en la que coinciden varios autores, entre otros, Colectivo de autores [1995] y Colectivo de autores [2003]. “Colocar las cantidades necesarias de productos, con la calidad requerida, en el lugar preciso, en el momento oportuno y al menor costo posible”.

En Cuba han evolucionado también estos conceptos con el criterio de autores recientes como Cespón Castro y Auxiliadora Amador en el libro “Administración de la Cadena de Suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial”, quienes definen la logística como el proceso de gestionar los flujos material e informativo de materias primas, inventario en proceso, productos acabados, servicios y residuales desde el suministrador hasta el cliente, transitando por las etapas de gestión de los aprovisionamientos, producción, distribución física y de los residuales, [Cespón, 2002].

Estos conceptos facilitan la aplicación de las filosofías de gestión logística, las cuales han llegado, incluso, a permitir la integración de varias organizaciones que persigan objetivos comunes para lograr la satisfacción de los clientes finales. Una de estas filosofías, es la gestión de la cadena de suministro (en inglés SCM: Supply Chain Management), En cualquier caso deben contribuir a que las organizaciones sean más eficientes, siempre y cuando se logren diseñar y gestionar cadenas de suministro que permitan racionalidad, integralidad y efectividad en su funcionamiento. Las actividades logísticas como distribución, transporte y almacenaje han existido siempre y la novedad en este campo se centra en el tratamiento coordinado de estas actividades, ya que en la práctica están estrechamente relacionadas [Ballou, 2004].

"La Gestión de la Cadena de Suministros, es la planificación, organización y control de las actividades de la cadena de suministros. En estas actividades está implicada la gestión de flujos monetarios, de productos o servicios e información, a través de toda la cadena de suministros, con el fin de maximizar, el valor del producto/servicio entregado al consumidor final a la vez que disminuimos los costes de la organización" [PILOT, 2004].

Al hablar de logística se debe tener en cuenta su aplicación como una disciplina, por poseer ciertas características implícitas que sin ellas se incumplen con los conceptos elementales que la hacen existir y que se consideran una disciplina, como por ejemplo:

- Consisten en la ubicación de los recursos en el lugar adecuado y en el tiempo convenido.
- Se aplica para la gestión efectiva de la cadena de suministros (supply chain) ó cadena logística.
- La logística ha dejado de ser algo meramente operacional, para convertirse en una de las herramientas del proceso de aporte efectivo de valor a los productos. Se debe destacar que en este proceso de agregar valor, las actividades a desarrollar son intensivas en mano de obra.
- El nivel de formación, conocimientos y las herramientas puestas al alcance de los profesionales, hacen de la logística una disciplina estratégica fundamental para sobrevivir en los entornos competitivos que esperan a la empresa crear y mantener una cadena de abastecimiento más eficiente que domine sus canales de distribución, mercadeo y servicio al cliente.
- El nuevo escenario de la cadena de abastecimiento se está convirtiendo en una competencia entre cadenas de abastecimientos, atendiendo a un mercado de crecimiento muy rápido cómo las cadenas de supermercados y enfocándose en la demanda. [www. \[clminnovacion.com/logistica.htm\]](http://www.clminnovacion.com/logistica.htm), 2008]

Estos entre otros elementos demuestran que al adquirir la logística un carácter cada vez más vinculado a la disciplina de los procesos que la conforman, dependerá en gran medida su actual desarrollo y competitividad para cada organización.

1.1.1. La logística de distribución.

En la estructura de las relaciones que se establecen en el canal logístico de distribución, los vínculos entre sus miembros se fundamentan en tres componentes básicos: las actividades, los recursos y los propios participantes en el intercambio, de forma tal que permitan que dicho intercambio pueda llevarse a cabo. [Reyes y Rojas, 2003].

Desde esta perspectiva según Kochenberger, [2003], puede plantearse que dichas relaciones se caracterizan atendiendo al contenido económico y sociopolítico que ellas encierran, dado por la interacción de dichos componentes: los participantes, conjuntamente con los recursos y a través de diferentes actividades.

Para lograr una armónica relación proveedor-cliente, es necesario dotar a la logística de distribución con un enfoque en sistema, lo que permite identificar la existencia de cuatro subsistemas claves, [Cespón Castro y Auxiliadora, 2002]:

- Gestión de inventarios
- Gestión de almacenaje.
- Gestión de pedidos
- Gestión de transporte

Estos cuatro subsistemas deberán estar representados dentro de la jerarquía directiva, de manera que se posibilite la definición de la política general de distribución, elemento este relacionado con los niveles táctico y estratégico de la jerarquía de las decisiones y a partir de la cual, se ejecutará un proceso a nivel operativo que involucra a los subsistemas antes mencionados y que culminará con la entrega del producto al cliente.

El objetivo esencial de la distribución es garantizar el nivel de servicio deseado por los clientes, con un nivel de gastos que permita alcanzar las utilidades esperadas ver [Bowersox, 2001]. La distribución cumple diferentes funciones, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

1. Equilibrar la oferta y la demanda en cuanto a surtidos, variedades y cantidades de productos en cada momento de acuerdo al comportamiento del mercado.
2. La información que posee el distribuidor, permite establecer gustos, preferencias, fluctuaciones y tendencias, por lo que puede emitir opiniones sobre qué surtidos producir, en qué momento, en qué cantidades, cómo promocionarlos, etc.
3. La venta y la publicidad le otorgan una fortaleza muy particular al distribuidor, es la capacidad que dispone de publicitar, promocionar e influir en la venta del producto, ya sea con financiamiento del productor o propio, con planes de comunicación montados por el productor o por sí mismo. El distribuidor puede manejar su propia imagen para influir en el consumidor favorablemente hacia determinados productos.
4. El distribuidor tiene la posibilidad de brindar servicios que incrementan el valor de uso de la mercancía, entre ellos se pueden mencionar: entrega a domicilio, instalación y montaje de equipos, asistencia técnica y la información sobre los productos.

El esquema de distribución que se adopte estará en correspondencia con la cantidad y ubicación geográfica de los puntos a los cuales debe suministrar, ya que por una parte la demanda generada por los clientes caracteriza los pedidos de los mismos en cuanto a tamaño, frecuencia, surtidos y ciclo pedido – entrega y por otra parte, la dispersión geográfica del segmento de mercado a servir determina la selección de los medios de transporte en cuanto a tipo y cantidades, incidiendo en los dos procesos de la gestión de distribución (preparación de pedidos y transporte). [<http://www.promonegocios.net/distribucion/definicion-distribucion.html>].

En la literatura revisada se encuentran esquemas generales para los sistemas logísticos de distribución y algoritmos para su mejora continua, un ejemplo de los cuales aparece en los anexo 1 y 2.

1.1.2. Costos de distribución.

La logística contribuye a la competitividad empresarial con la reducción de los costos (Reducción de niveles de inventario, minimización de recorridos de transporte de reparto, incremento del aprovechamiento de las capacidades de almacenamiento, etc.) y con el incremento del nivel del servicio al cliente (disminución del ciclo pedido - entrega, adecuada estrategia de canales, disminuir las posibilidades de ruptura de inventario, etc.), es decir, se pueden lograr importantes ventajas competitivas a partir de un adecuado diseño y aplicación de la logística en la empresa.

[<http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/articulos/Logisticadetransportación,2003>]

Disminuir costos es entonces, un objetivo primario para toda empresa distribuidora. A continuación se proponen algunas alternativas para lograr este objetivo:

- Optimizar el uso de los equipos de transporte en su capacidad de carga.
- Disminuir al máximo los tiempos de las operaciones de carga y descarga de los equipos de transporte en los nodos de la red.
- Seleccionar el método adecuado para optimizar el transporte de reparto.
- Optimizar la explotación de los equipos y medios de manipulación y almacenamiento de las cargas.

Los factores internos que más inciden en ambas decisiones son la política de servicio al cliente de la empresa y los costos logísticos asociados a ese nivel de servicio. Entre los factores externos están la demanda de los clientes (en calidad y cantidad) y la dispersión geográfica de esa demanda. Existen otros criterios como el crecimiento de los mercados, el peso que cada cliente tenga en las ventas de la empresa, etc.

Existen fundamentalmente dos formas para la programación o planificación de los recorridos de los equipos de transporte, que se conocen como: rutas fijas y rutas variables, a continuación se explican ambos. [Chamoso Vedia, 2007].

- Ruta fija. Los vehículos siguen una ruta prescrita cada día y los pedidos del cliente para ese día son atendidos de acuerdo a la ruta de entrega. La ventaja de esta forma para el cliente, es que conoce el día y hora de entrega, y sobre esa base puede hacer sus planes. Por otro lado, esta forma no les acomoda a los clientes que requieren entrega inmediata, a menos que por casualidad el vehículo haya sido programado para estar el mismo día o el día siguiente al de la realización del pedido. En términos de eficiencia, la forma de ruta fija tiene la limitación fundamental que no coincide a menudo la capacidad del vehículo con el nivel de los pedidos, en un día dado. En la mayoría de las ocasiones, la capacidad del vehículo estará subutilizada o sobreutilizada.
- Ruta variable. Esta forma es más orientada al cliente. La misma persigue desarrollar rutas que atiendan las pautas de demanda de los clientes y tiene la capacidad de aceptar modificaciones para satisfacer las fluctuaciones en los niveles diarios de la demanda. La eficiencia operacional mejora debido a que el número de choferes y vehículos que están en el camino cada día se determina por el nivel de pedidos de ese día y se minimizan el recorrido total y los costos variables de transporte. Sin embargo, esta forma también puede presentar desventajas para los clientes, ya que ellos no siempre están seguros de la hora o el día de entrega.

A veces es posible adoptar un enfoque híbrido donde una forma de ruta variable opera en áreas geográficas fijas. Este enfoque proporciona los beneficios de ambas formas de asignación de rutas, fija y variable. Lamentablemente, no consigue superar los problemas que se generan cuando los pedidos exceden la capacidad de transporte, las averías de los vehículos o el ausentismo por parte de los choferes.

Actualmente la mayoría de los distribuidores optan con mayor frecuencia por la variante de arrendar el transporte y la razón fundamental es económica. La

utilización de transporte propio acarrea un gran número de costos fijos, que por razones de rentabilidad no son aconsejables en algunos casos. Es válido utilizar una estrategia mixta, realizando la distribución por cuenta propia hasta donde sea rentable y la distribución con transporte arrendado cuando los costos así lo aconsejen. [Faulin, *et al.* 2006].

El nivel y el grado de respuesta que debe tener el sistema logístico vienen marcados por el tipo de servicio al cliente. Por ello, el establecimiento de estos niveles va a afectar al costo logístico. Generalmente a mejor y mayor servicio, mayor costo, pudiéndose llegar a la situación de que si el nivel exigido es muy alto o los servicios son muy particulares, las alternativas para proporcionar dichos servicios sean tan restringidas que los costos lleguen a ser excesivamente altos.

1.2. Servicio al cliente

En los finales del siglo XX y principios del XXI se ha producido una explosión del servicio al cliente debido a que cada vez más los mercados se diferencian menos en su oferta y los clientes son más exigentes y están dispuestos a sustituir rápidamente un producto por otro, estas razones han propiciado que la diferenciación entre empresas se busque a través de incrementar el valor añadido por el servicio.

El concepto de servicio al cliente según Martín Christopher [1994] es la provisión consistente de utilidad, de momento y de lugar, obsérvese las referencias a las magnitudes de espacio y el tiempo en la definición, lo cual deja establecido una estrecha correspondencia entre el Servicio al Cliente y la logística que debe proveer el soporte material y de información para cumplirlo.

En la actualidad las empresas han entendido que el uso de las buenas prácticas y conceptos de la disciplina logística es sinónimo de integración. Esta realidad se presenta en razón a que los directivos de cualquier empresa están pensando que su objetivo principal está en satisfacer los requerimientos y necesidades de los

consumidores y de sus clientes; la logística en esencia; busca hacerlo al menor costo y con la mayor calidad. La diferencia entre la percepción interna del sistema logístico y su efectividad en la operación frente al cliente, radica en el diseño del modelo de operaciones de la empresa y su efectividad en la implementación.

El servicio al cliente tiene gran importancia por ser la actividad clave que regula a las restantes, y que por lo general, se encuentra relacionada con los objetivos empresariales al definir el nivel y el grado de respuesta que debe tener el sistema logístico, [Ballou, 2004].

En Cuba, la literatura actualizada recoge criterios de conceptos generales sobre el servicio al cliente, [Gómez y Acevedo, 2007] valoran al servicio como el acto o el conjunto de actos mediante el cual se logra que un producto o grupo de productos satisfaga las necesidades y deseos del cliente.

EL servicio al cliente está relacionado con: la demanda, la meta y el nivel de servicio, este último está dado por el grado en que se cumple la meta de servicio. Esto implica la necesidad de replantear el esquema tradicional de distribuir lo que se produce, al esquema de distribuir lo que el cliente necesita y es aquí donde influye la filosofía de servicio que se plantean las empresas actuales. El objetivo del servicio al cliente es añadir valor al producto final que lo diferencie de los competidores, reduciendo el costo que representa para ese cliente adquirir la propiedad de un determinado producto.

Resulta evidente que uno de los factores en que la logística puede contribuir más en lograr un buen servicio al cliente es en el ahorro de tiempo. Cada día el factor tiempo es más determinante en la diferenciación ante los clientes. En el entorno turbulento actual, los productos cada vez tienen ciclos de vida más cortos, por lo tanto, necesitan llegar más rápido a los puntos de venta, los clientes están también cada vez más dispuestos a comprar productos sustitutos ante entregas tardías o rupturas de inventario, exigiendo más frecuentemente entregas Justo a Tiempo. Todo esto

propició el surgimiento de la logística del plazo de espera, que no es más que el tiempo que necesita un pedido desde que es solicitado hasta convertirse en dinero líquido. Buscar que este plazo de espera sea lo más corto posible se convierte en uno de los propósitos más prioritarios de la logística de la empresa.

En la literatura se pueden encontrar diferentes opiniones para la determinación de los componentes de evaluación del servicio, basados en los principales elementos que caracterizan un servicio logístico, antes, durante y después de haberse prestado; donde se establecen los siguientes elementos generales:

- Elementos de pretransacción: Establecen un ambiente adecuado para un buen servicio al cliente. Declaración escrita de la política, declaración en manos del cliente, estructura organizacional, flexibilidad del sistema y servicios técnicos.
- Elementos de transacción: Dan por resultado directo la entrega del producto al cliente, que incluye, el nivel de existencias, habilidad para manejar pedidos atrasados, elementos del ciclo de pedido, tiempo, trasbordo, precisión del sistema, conveniencias del pedido y sustitución del pedido.
- Elementos de postransacción: conjunto de servicios necesarios para mantener el producto en el campo, proteger a los clientes de productos defectuosos, manejar reclamos. Son servicios que se presentan después de la venta pero se planean en las etapas anteriores; instalación, garantías, alteraciones, reparaciones, partes, rastreo del producto, reclamos y quejas, empaçado y reemplazo temporal durante reparaciones.

Los autores cubanos en la editora LOGICUBA [Gómez y Acevedo, 2007], reconocen que en la logística, las formas de medir el servicio al cliente son diversas y entre las más importantes ubican.

1. La duración del ciclo pedido- entrega.
2. Varianza de la duración del ciclo pedido- entrega.

3. Disponibilidad del producto.
4. Información sobre la situación del pedido a lo largo de toda la cadena logística.
5. Flexibilidad ante situaciones inusuales.
6. Retorno de productos sobrantes y defectuosos.
7. Respuestas a las emergencias.
8. Actuación sin errores.
9. Tiempo de entrega.
10. Trato y relaciones con el cliente.
11. Completamiento (cantidad y surtido) de los pedidos.
12. Servicio de posventa.
13. Tiempo de atención a reclamaciones.
14. Servicio de garantía.

No obstante en casi todas las descripciones del servicio logístico son comunes algunos componentes, que a continuación se relacionan:

- Ciclo del plazo de entrega del pedido.
- Disponibilidad del inventario.
- Fiabilidad en la entrega.
- Calidad del producto.
- Información sobre el pedido.
- Atención a reclamaciones.
- Flexibilidad frente a variaciones.

En el momento de decidir los estándares del servicio deben tenerse en cuenta dos aspectos fundamentales, el cliente y la relación costo – beneficio. Es necesario tener diferenciados a todos los clientes para poder establecer las políticas adecuadas para cada uno de ellos, a fin de lograr su retención y si fuera necesario, su recuperación, así como la valoración precisa de los costos y beneficios, por lo que el rendimiento y las utilidades deben monitorearse cuidadosamente.

Medición del servicio.

El tiempo de ciclo del pedido y su variabilidad son las mejores medidas del servicio logístico. También puede medirse en términos de cada una de las actividades logísticas. Algunas son:

Ingreso del pedido.

- Tiempo mínimo, máximo y promedio para manejo de pedido.
- Porcentaje de pedidos manejados dentro de los tiempos objetivo.

Precisión de la documentación del pedido.

- Porcentaje de la documentación de pedido sin errores.

Transportación.

- Porcentaje de entregas a tiempo.
- Porcentaje de pedidos entregados en la fecha solicitada por el cliente.
- Reclamos como porcentaje de los costos de transportación.

Disponibilidad de producto e inventario

- Porcentaje de falta de inventario.
- Porcentaje de pedidos cumplidos en su totalidad.
- Tasa de cumplimiento de pedidos y tasa de cumplimiento de promedio ponderado.
- Porcentaje promedio de artículos de pedido con retraso.
- Tasa de cumplimiento de artículos.

Daño del producto.

- Numero de devoluciones con respecto a pedidos totales.

- Valor de las devoluciones con respecto a las ventas totales.

Tiempo de procesamiento de almacenamiento/producción.

- Tiempo mínimo, máximo y promedio para procesar pedidos.

1.3. El transporte externo de mercancías.

La tarea desafiante para la gestión y la planificación del transporte es desarrollar las soluciones para conseguir un sistema eficiente de transporte. La vida moderna exige una movilidad cada vez mayor. A menudo ésta se consigue mediante un creciente movimiento de mercancías y servicios, lo que implica, la multiplicación de la demanda de tráfico sobre las ya sobrecargadas infraestructuras de transporte, [Gómez, 2001].

Existe una gran variedad de conceptos alrededor de esta importante actividad, siendo algunos de los más utilizados tanto en la práctica como en el mundo académico, los siguientes:

- Transporte: Actividad clave de la logística, cuya función es el traslado de materiales y mercancías hasta los puntos de consumo.
- Transporte: Actividad clave de la logística, cuya función es añadir valor de tiempo y lugar.

Resulta indiscutible que en la actualidad, disponer de los productos necesarios en el lugar y momento oportuno, es un requisito indispensable para lograr un efectivo servicio al cliente y en consecuencia, una ventaja competitiva para cualquier tipo de organización ya sea de la esfera productiva o de los servicios.

El usuario de transportación tiene una amplia gama de servicios a su disposición que giran alrededor de cinco modalidades: marítimo, ferroviario, por camión, aéreo y por ductos o conducto directo. Un servicio de transporte es un conjunto de características

de desempeño que se adquieren a determinado precio. Las cinco modalidades se pueden usar combinadas.

En la solución al problema de selección del tipo de servicio de transporte, este debe ser visto en términos de características básicas para todos los servicios, como: precio, tiempo de tránsito promedio, variación de tiempo de tránsito, pérdida y daños.

En el mundo moderno existen diferentes tipos de medios de transporte, en el presente trabajo se hará referencia al de mercancías y en especial al transporte terrestre para la distribución, utilizando sistemas de servicio de entrega puerta a puerta.

Actualmente, la tendencia apunta hacia el concepto de integración de los sistemas de transporte de carga, como una vía de acción económica que permite lograr ventajas competitivas, lo que se manifiesta, en el mundo moderno, de cuatro formas esenciales.

- Integración de los diferentes modos de transporte (Transporte multimodal).
- Integración dentro de un mismo modo de transporte (Transporte intramodal).
- Integración logística del transporte.
- Integración multinacional del transporte.

La aplicación de una u otra de estas formas e incluso la combinación de ellas depende de las características específicas de la Cadena de Suministros analizada, siendo las ventajas competitivas a lograr en cada caso las siguientes: tarifas competitivas, confiabilidad, reducción del tiempo de entrega, oportunidad del servicio, seguimiento de los embarques y la atención postservicio. [Cespón, Auxiliadora, 2002].

El transporte se puede clasificar en transporte a distancia y transporte de reparto, aunque existen otros criterios de clasificación, que se diferencian por su contenido. (Ver tabla 1.3.1)

Proceso	Contenido
Transporte	Transporte a distancia <ul style="list-style-type: none"> - Desde el lugar controlado hasta los almacenes del distribuidor - Des suministrador a distribuidor - Entre almacenes del propio distribuidor
	Transporte de reparto <ul style="list-style-type: none"> - Por cuenta del distribuidor <ul style="list-style-type: none"> El Propio Alquilado - Por cuenta del cliente

Tabla 1.3.1. Contenido del transporte a distancia y de reparto.

Fuente:[Mentzer, 2001]. Journal of Business Logistics. Vol. 22,

Transporte a distancia:

El transporte a distancia contempla los movimientos de las mercancías nacionales o importadas según los términos de los contratos con los proveedores correspondientes.

En el caso de las mercancías importadas, el transporte a distancia cubre el traslado de éstas desde el lugar acordado según contrato hasta los almacenes del distribuidor. Existe el transporte a distancia desde los suministradores o productores nacionales hasta los almacenes del distribuidor y también entre diferentes niveles de almacenamiento del propio distribuidor, según el diseño de su red. [Navascues, 2006].

Por otra parte se presenta el transporte a distancia entre almacenes de un distribuidor a los de otro distribuidor, en dependencia del esquema que se establezca.

Transporte de reparto:

El transporte de reparto puede ser a cargo del distribuidor (propio o arrendado) o del cliente, a continuación se explican cada una de estas formas:

a) A cargo del distribuidor:

- Transporte alquilado. Cuando la empresa distribuidora decide alquilar el transporte de reparto a otra empresa, entonces debe redactar cuidadosamente las condiciones contractuales, para garantizar el servicio pactado con los clientes.
- Transporte propio. Cuando la empresa dispone de transporte necesario para brindar el servicio pactado.

b) A cargo del cliente: La entrega se realiza en el andén del almacén del distribuidor. En este caso los clientes recogen los pedidos en el propio almacén y la empresa no tiene que procurar la entrega de la mercancía despachada.

En general debe tenerse en cuenta la forma de cargar los equipos de transporte, ya que los productos deben acomodarse de acuerdo al orden inverso en que van a ser entregados y el máximo aprovechamiento de la capacidad del equipo. Así mismo debe escogerse el equipamiento adecuado y aplicar uno de los métodos indicados para organizar el recorrido [Chamoso Vedia, 2007].

1.4. Rutas de distribución. Conceptos y herramientas principales.

Dado que los costos de transporte normalmente representan entre una tercera y dos terceras partes del total de costos logísticos, uno de los principales objetivos debe ser mejorar la eficiencia del mismo a través de una utilización máxima del equipo y del personal empleado en dicha actividad. La cantidad de tiempo que las mercancías están en tránsito, se refleja en el número de envíos que se pueden hacer en un vehículo en un período determinado de tiempo y en el coste total de transporte de todos los envíos. Para reducir estos costes y mejorar el servicio al cliente, hay que seleccionar rutas y hacer planificaciones que minimicen el tiempo y la distancia de transporte. [Marrero, 2001].

Con el diseño de las rutas de reparto se pretende encontrar la configuración que minimice la expresión del costo total de viaje. La tendencia general es integrar un proceso de diseño y toma de decisiones sobre las rutas de reparto, para ello se

utilizan también algunos métodos, como son: programación matemática lineal, programación matemática dinámica, algoritmos heurísticos, etc. [Campos, 2006].

La conexión entre los nodos de la red de distribución se hace a través de los medios de transporte. La selección de los equipos idóneos para cada tarea, las rutas óptimas para disminuir costos y la frecuencia de reparto, son aspectos a los cuales debe prestársele especial atención para lograr los objetivos de la distribución. Así mismo debe ser considerada la logística inversa, ya que se puede optimizar la utilización del transporte en la recogida de equipos o productos defectuosos, rotos, que sufrieron mermas, [Navarro, 2001].

Existen dos tipos de problemas comunes a la hora de decidir la ruta de los vehículos tanto si se emplea una flota alquilada o una propia. El primero de ellos es elegir la ruta de una red de transporte en la que los puntos origen y destino sean diferentes, el segundo tipo de problema es la selección de la ruta en una red en la que el punto origen y destino sean los mismos, como puede ser el caso de una flota propia de camiones transportando las mercancías de reposición desde un centro de distribución a una cadena de supermercados, [Transporte & Log.1999].

Existen procedimientos para aumentar la probabilidad de encontrar la solución óptima en relativamente pocos ensayos. Estos procedimientos, por ejemplo, mejoran la selección de los puntos que entran en cada paso del procesamiento, como es elegir «el punto vecino más cercano» al último punto elegido. Otros procedimientos lo que hacen es refinar la solución, mejoran el rendimiento del método, especialmente en problemas con muchos puntos de entrega. www.clminnovacion.com/logistica.htm.

Se pueden hacer varias consideraciones sobre el problema de entrega para reflejar de forma más precisa circunstancias del mundo real. En primer lugar, el trabajo cotidiano exige que el recorrido sea muy largo o muy corto. Por ello, puede ser necesario añadir o quitar puntos del camino con el fin de establecer una zona de entrega de tamaño razonable.

Otra consideración es que en el tiempo total del recorrido hay que tener en cuenta el tiempo necesario para servir a cada punto. Actividades como la carga, descarga o la preparación de la documentación, incrementan el tiempo total. Aunque la solución óptima no se ve afectada por estas consideraciones, el número de puntos a incluir en el camino sí, por lo que algunos modelos, sobre todo los heurísticos y los aproximados, permiten imponer restricciones en cuanto al tiempo total.

Otro importante factor es que algunos clientes pueden exigir que la carga y descarga tengan lugar en determinados momentos del día. Estos requerimientos pueden afectar la secuencia de servicio y el tiempo y distancia total del recorrido final. La última consideración es que, si se intenta minimizar el tiempo, dentro de la red de entrega, el período de tiempo entre cada par de puntos puede variar dependiendo de la hora, de la dirección del trayecto o de la zona. Aunque se admiten dos valores diferentes para un mismo enlace, en cada análisis sólo se puede trabajar con un conjunto de valores para todos los enlaces. A menudo, es esencial que se introduzcan estas características del mundo real en el modelo base, de manera que este sea una herramienta útil para la toma de decisiones. [Bender, 1998].

En los problemas de selección de rutas del mundo real, la capacidad del vehículo es un importante factor a tener en cuenta, pudiendo ser considerado de dos formas. La primera de ellas es introducir la capacidad como restricción del problema de minimización del tiempo o distancia en una serie de entregas. La segunda forma de tratar el problema, es plantear la cuestión de minimizar el número de vehículos en vez del tiempo o distancia de la ruta. Esta segunda aproximación es muy interesante cuando los costos por milla son bajos y los costos de la flota son altos, como en el caso del transporte por barco. [Faulin, *et al.* 2006].

El logístico se enfrenta en numerosas ocasiones con el problema de tener que entregar mercancías de un almacén a varios clientes o de tener que recoger productos de varios puntos y traerlos al almacén central. Generalmente, el problema

se plantea la búsqueda de una ruta de recogida o entrega que minimice el tiempo, distancia o coste del trayecto. Sin embargo, es posible considerar que el servicio se puede hacer con diferentes vehículos de diferentes capacidades. En este caso, el problema de selección de rutas debe tener en cuenta las capacidades de los vehículos para asignar a cada recorrido el vehículo adecuado. Dado que el número de rutas alternativas en combinación con los vehículos más apropiados para cada una suele ser muy elevado, incluso en pequeños problemas, es necesario disponer de alguna ayuda matemática para encontrar la mejor solución.

En general, los métodos más prácticos y generalizados suelen incluir las siguientes opciones o restricciones:

1. Transporte público. Se puede sustituir el tipo de transporte, de público o alquilado a privado.
2. Recogida y entrega. Se puede introducir en la misma ruta las actividades de recogida y entrega.
3. Paradas intermedias de carga. El método evalúa los beneficios de manejar cargas cuyo origen y destino no sea el punto origen-destino del problema.
4. Múltiples puntos origen. El método trata varios puntos origen desde los cuales pueden partir los vehículos, realizando la asignación de los puntos de entrega/recogida a cada uno de los de origen.
5. Restricciones horarias. Pueden introducirse puntos de parada que sólo puedan ser servidos en ciertas horas del día.
6. Restricciones distancia/tiempo. El método trata las restricciones legales en cuanto a tiempo o distancia máxima de conducción.
7. Capacidad. Se tienen en cuenta las restricciones de capacidad de los vehículos en cuanto a peso, volumen o ambos. A un mismo vehículo que transporte varios tipos de productos se le pueden aplicar varios límites de capacidad.
8. Mantenimiento de un vehículo en ruta. Esta alternativa puede llegar a ser más económica, incluso en el caso de paradas nocturnas, que hacer volver el vehículo al centro de distribución o emplear otros vehículos para servir los puntos en cuestión.

9. Tiempos de carga/descarga. Consideración, a la hora de establecer una ruta, de los tiempos de carga y descarga en las distintas paradas.
10. Secuencia forzosa de paradas. Hay situaciones en las que la política de la compañía, consideraciones sobre la carga de los vehículos o preferencias en la planificación, hacen deseable determinadas secuencias de paradas en una ruta.
11. Múltiples rutas para un solo vehículo. En algunas ocasiones, por ejemplo, cuando las rutas son muy cortas, puede ser necesario considerar la opción de fijar más de una ruta para un vehículo, manteniendo las restricciones del problema.
12. Múltiples velocidades de transporte. Dado que las condiciones del tráfico pueden variar, por ejemplo, las diferencias entre el tráfico urbano y el de carretera, a veces es conveniente tener en cuenta diferentes velocidades de los vehículos en distintas partes de la ruta.

El número de restricciones y la complejidad de algunas de ellas, han provocado el que sólo los métodos más flexibles de planificación de vehículos sean ampliamente utilizados.

1.4.1. Algoritmo de Colonia de Hormigas para la determinación de rutas de distribución.

El algoritmo de colonia de hormigas [según colectivo de autores, Dpto. de ingenieros industriales de la universidad politécnica de Valencia, 2006] se basa en el establecimiento de una analogía entre el procedimiento natural que utilizan las hormigas para encontrar y explotar una fuente de alimentos, basado en el rastro de feromona que dejan en su recorrido de búsqueda, y el proceso de optimización desarrollado. Así, cuando un conjunto de hormigas salen del hormiguero en busca de alimento, la trayectoria de cada una de ellas será aleatoria e iniciarán el proceso de búsqueda en el que cada hormiga irá dejando un rastro de feromona. La primera hormiga que encuentre alimento volverá al hormiguero siguiendo la traza que ha dejado, lo que, además de permitirle regresar al punto de partida, reforzará la intensidad de la traza en ese recorrido exitoso. Cuando un nuevo conjunto de

hormigas salga ahora del hormiguero la probabilidad de selección de una trayectoria es directamente proporcional a la intensidad de la traza, esto le permite la explotación de las fuentes de alimentos sin impedir, dado al carácter aleatorio de la selección del camino, la explotación de nuevas fuentes. La evaporación natural de la feromona también incide en la apertura de nuevas vías de exploración. El mecanismo de búsqueda de cada hormiga, se basa en la información almacenada en la memoria colectiva del sistema grabado químicamente en el soporte físico del suelo, en la memoria a corto plazo o tabú que impide que una hormiga retorne por el mismo camino sin alimento y en el sistema de sensorización de cada hormiga que le permite hacer búsquedas en la vecindad y orientarse localmente. Estos tres elementos configuran la estructura del algoritmo, [Barcos et al., 2002].

El modo de operación básico de un algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas (OCH) se muestra a continuación, [Alonso et al., 2004]: las “m” hormigas (artificiales) de la colonia se mueven, concurrentemente y de manera asíncrona, a través de los estados adyacentes del problema. Este movimiento se realiza siguiendo una regla de transición que está basada en la información local disponible en los nodos. Esta información local incluye la información heurística y memorística (rastros de feromona) para guiar la búsqueda. Al moverse por el grafo de construcción, las hormigas construyen incrementalmente soluciones.

Los algoritmos de OCH son esencialmente algoritmos constructivos: en cada iteración del algoritmo, cada hormiga construye una solución al problema recorriendo un grafo de construcción. Cada arista del grafo, que representa los posibles pasos que la hormiga puede dar, tiene asociada dos tipos de información que guían el movimiento de la hormiga [Alonso et al., 2004]:

El algoritmo utiliza una matriz de feromonas $\tau = \{\tau_{ij}\}$ para la construcción de soluciones potencialmente buenas. En otras palabras, τ_{ij} representa la cantidad de

feromona que se va almacenando entre cada par de nodos (i, j) . Los valores iniciales de τ son fijados a un valor constante: $\tau_i = \tau_0$ para todo (i, j) siendo $\tau > 0$. El algoritmo también aprovecha la información heurística utilizando el parámetro $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$ conocido como peso y puede estar asociado a distancia a recorrer, costo de transportación, etc. Situados en el nodo i , N_i representa el conjunto de nodos aún no visitados. La probabilidad de escoger el nodo j estando en el nodo i está definida por la ecuación 1. [Dorigo M, Di Caro G, Gambardella L. M, 1996; Maniezzo V, Pacciello J. M, Martínez H. D, Lezcano Ch. G, Barán B. 2006; Stützle T, 1998]:

$$\text{Ecuación 1} \quad p_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{j \in N_i^k} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta} \text{ con } j \in N_i^k \quad (1)$$

Donde:

α y β son constantes que expresan la importancia del sendero de feromonas y la distancia entre los nodos respectivamente. Así, un alto valor de α significa que el sendero de feromonas es muy importante y que las hormigas tienden a elegir caminos por los cuales otras hormigas ya pasaron. Si por el contrario, el valor de β es muy alto una hormiga tiende con alta probabilidad a elegir la ciudad más cercana. Al completar una solución o durante la construcción de la misma, la hormiga evalúa la solución y modifica los rastros de feromonas en las componentes de la matriz de feromonas τ que de esta forma guarda el conocimiento de las áreas ya exploradas. Esta información de feromonas guiará la búsqueda de futuras hormigas.

Los rastros de feromonas reflejan que los estados más visitados son altamente deseables, implementando de esta manera un proceso de auto catálisis o retroalimentación, mientras que la visibilidad refleja que estados menos costosos (evaluados según los objetivos a optimizar) son también deseables.

El algoritmo también puede incluir un proceso de evaporación de rastros de feromonas, y otras acciones como realizar optimizaciones locales sobre soluciones encontradas o actualizar la información global para guiar el proceso de búsqueda desde una perspectiva no local. La actualización y evaporación de feromonas se realiza según las ecuaciones 2, 3 y 4 que se muestra a continuación:

$$\text{Ecuación 2. } \tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau \quad (2)$$

Donde:

ρ representa el coeficiente de evaporación y $\Delta\tau$ se calcula como:

$$\Delta\tau = \frac{1}{f_k(x)} \quad (3)$$

Con $k \in \{1, 2, \dots, b\}$ en el caso de realizar una actualización basada en un solo objetivo. Para el caso de actualización considerando los “ b ” objetivos al mismo tiempo, se calcula:

$$\Delta\tau = \frac{1}{\sum_{k=1}^b f_k(x)} \quad (4)$$

Este método permite obtener soluciones en las que no se producen disgregaciones de actividades, que es uno de los problemas encontrados en otros métodos de

optimización. Por otra parte permite combinar la exploración y explotación del espacio de soluciones y permite diseñar estrategias que combinan la memoria colectiva con la búsqueda local. La obtención de mejores soluciones con tasas de evaporación bajas parece reflejar la necesidad de implementar estrategias elitistas para evitar las pérdidas de orientación durante el proceso de optimización, es decir, se necesita conservar la memoria colectiva para evitar la caída en los resultados óptimos locales.

La Optimización por Colonia de Hormigas es una metaheurística que se inspira en el comportamiento que rige a las hormigas de diversas especies para encontrar los caminos más cortos entre las fuentes de comida y el hormiguero [Alonso et al., 2004]. Esta metaheurística ha sido exitosamente empleada en la solución de difíciles problemas de optimización como la distribución de mercancías, que es la actividad más importante de la empresa Suchel Trans a lo largo de todo el país.

1.5. La Empresa Suchel Trans.

La Unión de Empresas Suchel, abarca todas las empresas que se encuentran en el marco de la producción, comercialización, distribución, almacenamiento y transporte de la familia de productos de jabonería, perfumería, cosmética, limpieza y aseo, con la marca comercial Suchel. Se incorporó a estas líneas de productos, las producciones nacionales plásticas de cepillos, escobas, peines, cubos y otros con la marca comercial Cepil.

Cuenta con la red de empresas productoras y sociedades con capital extranjero, y con una comercializadora logística, que se dedica fundamentalmente a la compra y venta, distribución, almacenamiento y transporte, desde los productores a los puntos de ventas. (Ver Anexo 3). Esta empresa es la llamada, Suchel Trans, que asume las actividades correspondientes al flujo logístico de los productos Suchel, desde los productores o sociedades hasta los puntos de ventas en el territorio nacional.

Con el objetivo de distribuir los productos Suchel a todos los puntos de ventas de las cadenas de tiendas, la empresa Suchel Trans, cuenta con siete delegaciones territoriales que son las U.E.B. de: Pinar del Río, C. Habana, Matanzas, Villa Clara, Camagüey, Holguín y Santiago de Cuba. Sus principales clientes son las cadenas de tiendas Cimex, TRD, Caracol y Cubalse, También incluye la venta a empresas, organismos y Hoteles, así como a los distintos programas de la batalla de ideas del país.

Suchel Trans Villa Clara.

La delegación de Suchel Trans con sede en Santa Clara en la carretera de acueducto Km. 1/2 en el Reparto Lizardo Proensas, teléfonos 208245-44. Tiene entre sus principales funciones el almacenamiento, comercialización y distribución de los productos en la región central del país, a las provincias de Cienfuegos, Villa Clara y Sancti Spiritus.

Entre los principales procesos que se llevan a cabo en esta empresa están los de suministros y transporte de mercancías desde las fábricas con gestión y medios de transporte de Suchel Trans a nivel central, con la correspondiente coordinación con cada Unidad Empresarial de Base (U.E.B.), donde se descargan y almacenan los productos. Actualmente este almacén posee tres áreas principales en correspondencia con las producciones y formas de contrato con las fábricas nacionales, ocupando el área de Suchel Trans y las sociedades Suchel Camacho y Lever, cada una con su respectiva área y forma de contrato de arrendamiento de almacén y distribución de mercancías.

1.5.1 Rutas de distribución en la U.E.B. Suchel Trans Villa Clara

Esta delegación territorial posee actualmente 11 rutas de ventas y distribución en las tres provincias centrales del país (Cienfuegos, Villa Clara y Sancti Spíritus) ver el (Anexo 4). Están organizadas de tal forma que se distribuye la mercancía en el mismo orden en que el agente viajero de ventas recoge los pedidos por cada ruta, y

72 horas después la mercancía facturada es distribuida puerta a puerta de cada punto, según la ruta consecutivamente. Para ello se cuenta con un almacén central ubicado en la provincia de Villa Clara que recibe los productos desde las fábricas y de aquí se distribuye a las tres provincias. Cada una de las 11 rutas actuales cuenta con un plan diario para cada provincia y con sus respectivos vendedores según las empresas que representan como Suchel Trans, Suchel Camacho y Suchel Lever; estas dos últimas contratadas con capital extranjero, donde algunos productos son importados.

Este proceso comienza a partir de los pedidos de las tiendas y la facturación que prepara el despacho en almacén para cada ruta. La operación de carga de los carros se realiza por grupo de facturas o resúmenes que agrupan los productos de cada viaje, lo que convierte a los tres almacenes grandes en un pequeño almacén en cada carro que corresponde con la cantidad de mercancía para ese viaje y que el chofer distribuidor realiza el despacho final, utilizando las facturas en cada punto de su ruta que sumadas conforman el resumen de su carga inicial. Esto se explica por la cantidad amplia de productos distintos y de diferentes embalajes que al unitarizarlos en el carro, debe mantenerlos agrupados para aprovechar la capacidad máxima posible y caminar entre ellos para su despacho, evitando averías en su recorrido y manipulación. Para la distribución se cuenta con un parque de vehículos automotores relacionados en el anexo Nro 5. con sus respectivas características y capacidades de carga.

1.6 Conclusiones Parciales.

Una vez elaborado el marco teórico–referencial de esta investigación se puede arribar a las conclusiones siguientes.

1. En la literatura científica consultada existen abundantes conceptos y definiciones de logística que incluyen diferentes métodos para el diseño y optimización de rutas de distribución, que son ajustables a las distintas posibilidades reales

existentes en las empresas, pero no están confeccionados todos los procedimientos posibles por lo que se requiere seguir investigando en este sentido.

2. Los procedimientos consultados en esta investigación para el perfeccionamiento o diseño de las rutas de distribución, no incluyen las características de esta empresa ni la diversidad de productos a entregar. Todo esto provoca la necesidad de hacer adecuaciones a estos procedimientos que permitan ser utilizados en el objeto de estudio de esta investigación.
3. El estudio de la bibliografía consultada y la evaluación de las características del sistema de distribución actual de mercancías en la empresa Suchel Trans, hace posible definir la necesidad de perfeccionar las rutas de distribución, utilizando el método de Optimización por Colonias de Hormigas, aprovechar al máximo la utilización de los medios de transporte y elevar el nivel del servicio a los clientes.

CAPITULO II. Diseño del procedimiento para la determinación de rutas de distribución basado en la Optimización por Colonia de Hormigas en la provincia de Sancti Spiritus, perteneciente a la empresa territorial Suchel - Trans Villa Clara.

Este capítulo tiene como objetivo fundamental dar respuesta al problema científico expuesto en la introducción de esta investigación. Para esto se procede a elaborar un procedimiento general con sus procedimientos específicos asociados, que permitan perfeccionar o diseñar las rutas de distribución y determinar las necesidades de transportación minimizando los costos y manteniendo o elevando el nivel del servicio a los clientes.

Para cumplimentar el objetivo planteado el capítulo se estructuró en dos partes. En la primera se procede a fundamentar el procedimiento, explicando su naturaleza, filosofía y principios básicos. Más adelante se detallan las herramientas y métodos a emplear en cada una de las fases y etapas del procedimiento general.

2.1. Estructura del procedimiento general.

Para dar respuesta a la hipótesis planteada es necesario el diseño de un procedimiento que guíe metodológicamente el curso de esta investigación con el objetivo de lograr o dirigir los pasos que proporcionen los resultados que al ser comparados permitan evaluar los cambios que proporcionan la aplicación del procedimiento, y de ser positivos, este se pueda aplicar inmediatamente en el resto de las provincias y empresas del país.

Si se pretende que el procedimiento para perfeccionar las rutas de distribución y determinar las necesidades de medios de transporte tenga un enfoque dirigido a elevar el nivel de servicio al cliente y con mejoras en los indicadores de distribución, primeramente se propone determinar los indicadores de la rutas que inciden directamente en el nivel de servicio al cliente, estos indicadores deben ser medibles

o cuantificados, antes y después de ser aplicado el procedimiento. De igual forma todo método de optimización de ruta persigue minimizar los costos de distribución, fundamentalmente disminuyendo las distancias a recorrer, la cantidad de viajes e incrementando el aprovechamiento al máximo de los medios de cargas para entregar los despachos ó mercancías previstas, y con ello el ahorro en los indicadores económicos e incremento de los ingresos por el aumento de las entregas en función del tiempo y de las distancias a optimizadas. Es por ello que se propone el siguiente procedimiento general:

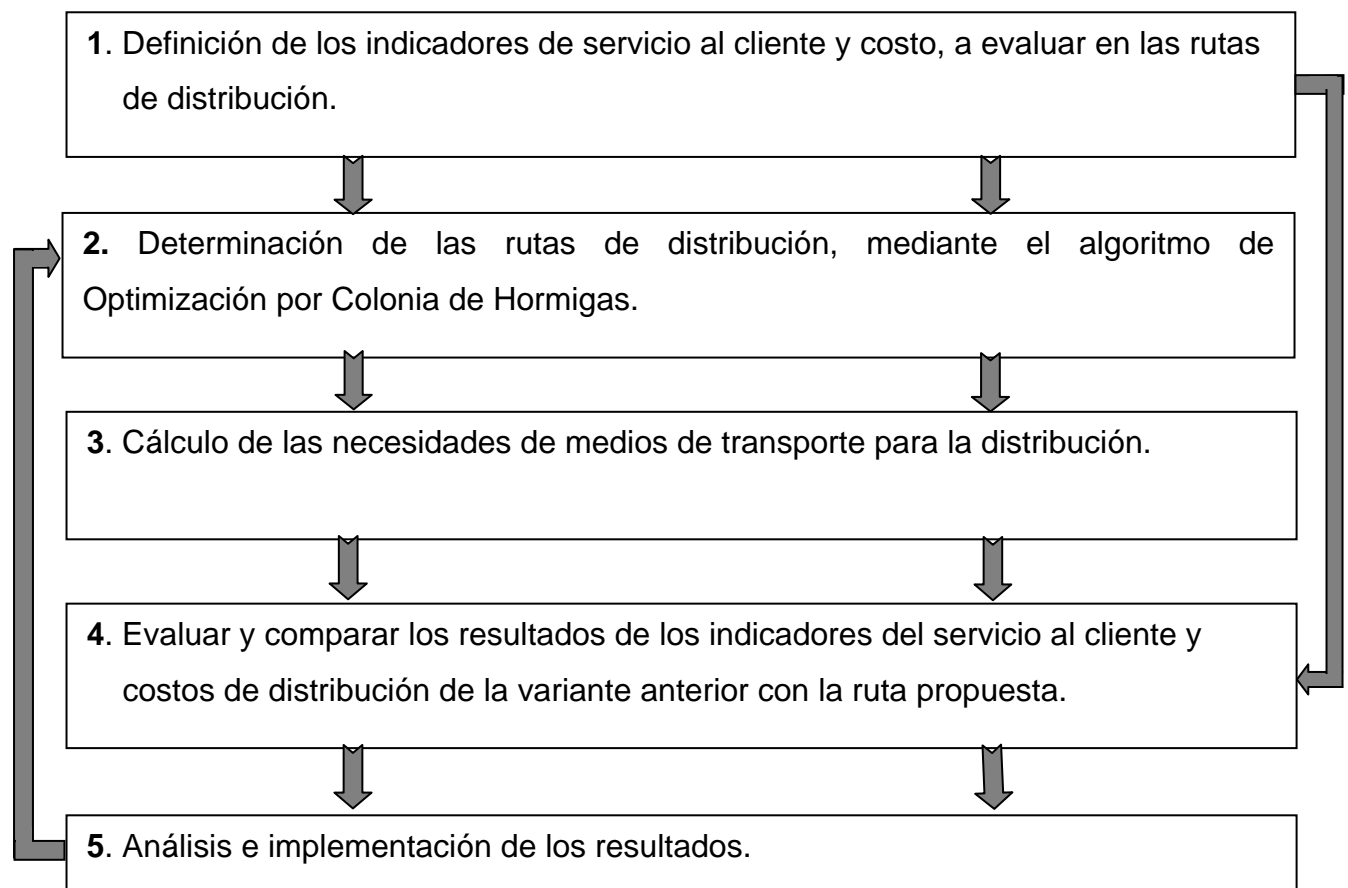


Figura 2.1 Estructura del procedimiento general. Fuente: Elaboración propia

2.2 Definición de los indicadores de servicio al cliente y costo, a evaluar en las rutas de distribución.

En la Empresa Suchel Trans teniendo en cuenta que entre sus principales objetivos está la evaluación de los indicadores del nivel de servicio al cliente, por el resultado de las rutas de venta y distribución de los productos; tiene previsto en su contratación varios indicadores como: el servicio de venta y distribución puerta a puerta a todas las tiendas y puntos de comercio minorista en divisas libremente convertibles. También incluye la atención y promoción a los resultados de las ventas en la tiendas así como el servicio de posventa que incluye la atención y tratamiento de los productos en averías a la venta o en la distribución de los mismos, es por ellos que los vendedores o agentes viajeros, no solo recogen los pedidos, sino también, prestan servicio de atención y control a las ventas de los clientes con su presencia física en cada punto de venta mediante el recorrido de la rutas.

De todos los servicios que se prestan, los indicadores que miden el resultado directo en las rutas de distribución son: El nivel de cumplimiento en porcentaje, de las Ordenes Servidas a Tiempo (O.S.A.T.) y las Ordenes Servidas Completas. (O.S.C.).

El OSAT se determina como, (fórmula 2.1) el porcentaje de cumplimiento de las órdenes entregadas a tiempo a las tiendas, entre la cantidad total de órdenes a entregar en el tiempo previsto para cada punto de venta, que en este caso es de 72 horas, equivalente a 3 días después de efectuado el pedido por cada punto o tienda.

$$\text{OSAT} = \frac{\text{Nro de órdenes entregadas a tiempo}}{\text{Total. de órdenes a entregar}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Y el OSC (fórmula 2.2) es el total de productos servidos o facturados entre el total de productos pedidos por el cliente.

$$\text{OSC} = \frac{\text{Total de productos servidos}}{\text{Total de productos pedidos}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Los principales indicadores económicos o de costos a evaluar en el perfeccionamiento de las rutas de distribución son aquellos, que están sujetos a cambios a partir de los resultados que se obtienen del procedimiento aplicado. En la Empresa Suchel están directamente vinculados con los gastos de los portadores energéticos en función de las distancias a recorrer, principalmente los combustibles, las cantidades de viajes y el aprovechamiento de los vehículos, así como los indicadores de pérdidas o ingresos por la distribución en función del tiempo de entrega de la mercancía facturada. Existen otros indicadores vinculados a los recursos humanos, la depreciación de los vehículos, los productos y su manipulación, que no se tendrán en cuenta al aplicar el procedimiento en esta empresa por su comportamiento prácticamente estable y por ser estos últimos evaluados a nivel nacional y debido a la condición de Unidad Empresarial de Base en las provincias.

Para determinar el ahorro o pérdida en las rutas de distribución, se calcula teniendo en cuenta los indicadores de gastos implicados en las mismas para la empresa; en esta Unidad Empresarial de Base territorial se tendrá en cuenta el gasto de combustible como indicador fundamental, ya que el resto de los indicadores se controlan por la empresa a nivel nacional y no varían considerablemente para la organización de las rutas. Al evaluar la variable gasto de combustible por los kilómetros a recorrer, se utilizaría la expresión 2.3 para este análisis.

$$\text{Gasto de distribución} = CV \times (D / CC) \times P \quad (2.3)$$

Donde: CV: Es la cantidad de vehículos a utilizar (u)
 D: La distancia a recorrer (Km.)
 CC: Consumo de combustible (Km./lts)
 P: Precio del combustible (CUC/lts)

Se evalúa el ahorro o pérdida en función de los resultados comparativos finales entre las rutas actuales y las propuestas.

2.3. Determinación de las rutas de distribución, mediante el algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas.

En el procedimiento se procede a la determinación de las rutas óptimas de distribución basado en la O.C.H. donde se definen los siguientes pasos:

1. Caracterizar brevemente el sistema de distribución de la entidad donde se aplicará el algoritmo.
2. Determinar los nodos o puntos de distribución del campo seleccionado y precisar su ubicación geográfica.
3. Caracterizar la situación vial del territorio objeto de estudio.
4. Medir las distancias entre todos los nodos.
5. Introducir los datos y definir los parámetros del algoritmo, usando el software *Anthill* v0.1, que permite dar solución a problemas de optimización basándose en la "Optimización mediante Colonia de Hormigas".
6. Interpretar los resultados.

Ubicación geográfica, caracterización vial del territorio y medición de las distancias entre los nodos.

La ubicación de los puntos de distribución se realiza en un mapa del territorio de la región central del país en el cual se detallan las distancias entre todos los poblados lo que permite que se logre establecer dichas longitudes de una forma muy precisa, según el recorrido de los medios de transportes de la empresa. Teniendo en cuenta que un mapa de la provincia de Sancti Spiritus es muy grande en su impresión se confecciona un croquis de los poblados o destinos de cada ruta. (Ver anexo 4).

Se realiza una caracterización vial del área a recorrer en la que se describen sus principales vías, peculiaridades de tránsito de cada ciudad o poblado. Para la realización de la misma se parte del estudio de un mapa confrontado con la experiencia de choferes y vivencias personales.

Para establecer las distancias entre los puntos de distribución o nodos se tiene en cuenta el sentido y dirección de las carreteras, así como el criterio de choferes, de

forma tal que sea más exacta la medición. Al existir más de una alternativa de enlace entre dos nodos se comparan, asumiéndose como mejor opción el menor de los recorridos posibles a realizar con los vehículos y en correspondencia con la mercancía y el servicio que se presta.

Con todos estos elementos se obtiene la información necesaria para completar la tabla de distancias a recorrer entre todos los nodos como aparece en el Anexo 6.

Algoritmo que presenta el software empleado en el trabajo.

Para Implementar el algoritmo propuesto se utilizó el software *Anthill v0.1* diseñado por el Ing. Alexander Fernández Saúco (1996), profesor de la Universidad de Ciencia Informáticas (UCI). Este programa requiere para su funcionamiento del Microsoft .Net Framework v2.0. Los datos necesarios para el funcionamiento del software propuesto son:

- El parámetro grafo (η) está dado por la distancias entre los nodos, que no es más que las distancias entre los puntos de distribución, así como la longitud entre los propios puntos de distribución y “La U.E.B. Suchel Trans”.
- La cantidad de hormigas, se selecciona en dependencia del tamaño de la matriz y del grado de exactitud que se quiera.
- El coeficiente de evaporación de feromona, se selecciona previamente y se basa en cuán rápido se quiere que se evapore la feromona, dicha evaporación es inversamente proporcional a la exactitud del resultado.
- El comportamiento de la colonia de hormigas está dado por el tipo de problema que se quiera resolver, ya sea “Camino mínimo” o “TSP” (Traveller Salesman Problem).
- La fuelle, constituye el punto de partida que en la mayoría de los casos será “La U.E.B. Suchel Trans”.
- El destino, dado por los puntos de distribución a los que se quiera ir según el plan de puntos acordados con los clientes.

El algoritmo está constituido por una serie de procesos generales que permiten la solución de múltiples problemas trazando una metaheurística, tal y como se muestra en la Figura 2.2.

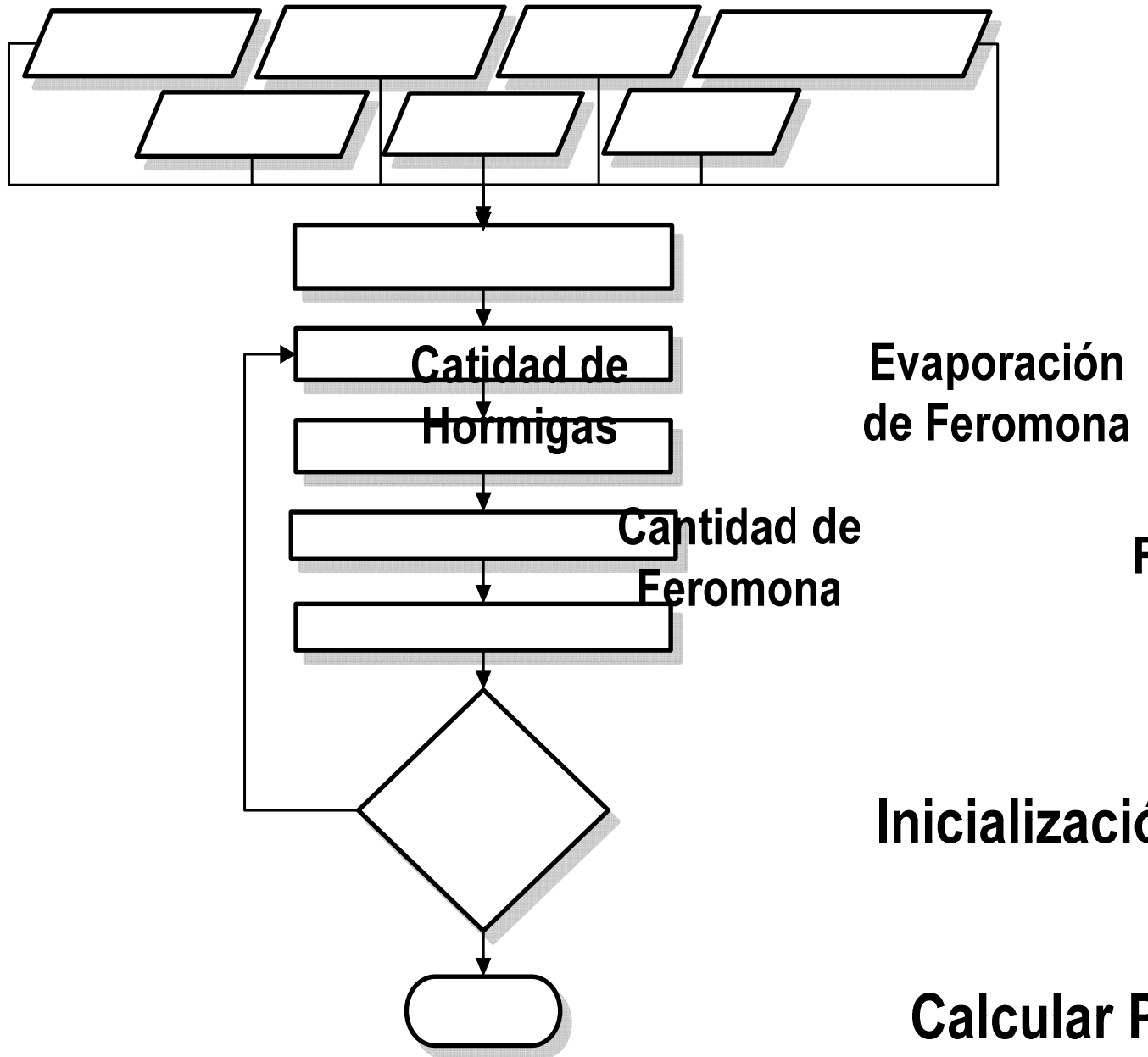


Figura 2.2: Algoritmo OCH empleado por el software AntHill v0.1

La descripción detallada de los procesos se muestra a continuación:

Inicialización de la colonia de hormigas: Se configuran cada una de las hormigas de la colonia con el nodo origen y el nodo destino. Además se inicializan todos los

Libera
Encontrar

enlaces del grafo con la máxima cantidad de feromona y se marcan como no explorados.

Cálculo de probabilidades: Se realiza el cálculo de la probabilidad, que tiene una hormiga a escoger un enlace determinado, para cada uno de los enlaces del grafo en función de la cantidad de feromona, de la distancia entre los nodos y del tipo de problema a resolver (Maximización o Minimización), utilizando la ecuación descrita anteriormente (ver capítulo I, formula 1).

Liberar hormigas: Se liberan las hormigas para que lleguen desde el origen hasta el destino. Este procedimiento de búsqueda se realiza mientras la hormiga no llegue al destino. A medida que las hormigas avanzan sobre el grafo se almacena en su memoria el camino que ha sido recorrido.

Encontrar mejor solución: Se realiza una comparación de los caminos almacenados en la memoria de todas las hormigas que llegaron al destino y se escoge el mejor según el comportamiento (Mejor Camino ó Camino Mínimo) seleccionado para la colonia.

Actualización de feromona: A todos los enlaces que han sido explorados en el grafo se les evapora la feromona, seguido de un depósito de feromona que se realiza en los enlaces que pertenecen a la mejor solución encontrada.

El procedimiento que se sigue para correr el software incluye la introducción de los datos, la definición de los parámetros del algoritmo y la ejecución del mismo.

Interpretación de los resultados.

Para la interpretación de los resultados se evalúa la factibilidad de la propuesta del software y se establece una comparación entre la aplicación del algoritmo y la documentación ó rutas actuales que consta en la U.E.B. Suchel Trans Villa Clara y se compara el resultado con la variante que ofrece menor optimización de los medios de

transporte. Como parte de la comparación se realizan los cálculos y análisis necesarios que permitan seleccionar la propuesta de menor costo para la distribución, mayor aprovechamiento de los carros y aporte un mejor nivel del servicio a los clientes.

Es importante señalar que la aplicación del procedimiento propuesto no representa gastos adicionales para la empresa pues cuenta con los medios computacionales necesarios y dado que el programa necesario para el funcionamiento se encuentra disponible de manera libre en el territorio nacional.

2.4. Cálculo de las necesidades de medios de transporte para la distribución.

Para comprender el cálculo de transporte para las rutas de distribución de esta empresa Suchel Trans, sería conveniente explicar que cada medio de transporte traslada como promedio más de 70 códigos o renglones de productos, provenientes de varias fábricas, con distintos embalajes y pesos cada uno, entre los que se encuentran medianamente pesados como las cajas de jabón de 120 y 108 unidades, hasta los muy ligeros como los creyones de labios y lápices de cejas por solo citar dos ejemplos. Esto obliga a unitarizar estibas muy diversas de los productos en el interior de los carros cerrados y a la vez mantener las posibilidades de acceso a los despachos al llegar a los puntos, dejando de utilizar más de la mitad de su volumen en muchas ocasiones y sin posibilidades actuales de determinar el peso total de los productos facturados.

Lo anterior explica la utilización de unidades de medidas de valor (en CUC) de los productos, para determinar las capacidades de los carros y no por volumen ó peso como generalmente se realiza. Además, por el tipo de servicio que se presta en la comercialización de los productos, cada carro tiene su plan en valores que cumplir diariamente y la complejidad de distribuir en ciudades donde la mayoría de las tiendas están ubicadas en calles estrechas y con limitaciones, lo que obliga a optar por carros o paneles de 4 t como máximo, con capacidad de distribuir como

promedio diario 6000 CUC. Un carro de mayor capacidad tampoco sería muy útil si se tiene en cuenta que para distribuir diariamente los destinos planificados, tiene que aprovechar al máximo el tiempo disponible para la entrega en todas las tiendas, cargar el carro (1,5 h), recorrer las distancias (1,5 a 2 h al primer punto) y despachar uno a uno cada producto, lo que provoca que de estar muy cargado regresaría con productos por falta de tiempo y sería menos aprovechable, si para eso también consume más combustible que un panel, (Ver anexo 8).

Es por ello que la capacidad óptima a tomar para la distribución en este territorio sería de 6000 CUC por carro. Al calcular la cantidad de carros necesario, se emplea el valor solicitado por el cliente entre el valor de la capacidad de los carros. Para determinar el número de carros por ruta y al optimizar las distancias se asigna un número de carros entero y se une el valor fraccionado con el más cercano de la ruta siguiente, de tal forma que se optimizaría también el total de carros a utilizar. (Ver fórmula 2.4).

$$CPR = VPR / VCPC \quad (2.4)$$

Donde:

CPR: Es el número de carros a calcular para cada ruta. (Carros o viajes)

VPR: Es el valor total a distribuir para la ruta. (CUC)

VCPC: El valor de las capacidades a distribuir por cada carro. (CUC / carro)

Al comparar el resultado de este cálculo con el diseño de rutas anteriores, se puede obtener el ahorro o pérdida de carros a utilizar en cada ruta.

2.5 Conclusiones parciales.

1. El procedimiento general diseñado basado en la Optimización por Colonia de Hormigas para la determinación de las rutas óptimas de distribución y la determinación de las necesidades de medios de transporte, se adapta a las condiciones de la empresa estudiada.

2. El cálculo de las necesidades de transporte y el nivel del servicio al cliente propuesto considera las particularidades de la empresa Suchel, con características muy individuales en el sistema de distribución.
3. La Unidad Empresarial de Base Suchel Trans de Villa Clara cuenta entre sus servicios con transporte de venta y distribución y no tiene establecidas sus rutas de distribución mediante el uso de herramientas matemáticas, por lo que resulta importante para la misma la aplicación de dicho procedimiento.
4. El procedimiento diseñado permite establecer las comparaciones de los resultados que se obtienen con los indicadores que utiliza la empresa, aspecto que permite facilitar la ejecución del procedimiento diseñado en esta delegación territorial y en otras entidades del país.
5. La aplicación del procedimiento propuesto no representa gastos adicionales para la empresa, pues cuenta con los medios computacionales necesarios y el programa se encuentra disponible de manera libre en el territorio nacional.

Capítulo III. Aplicación del procedimiento propuesto en el objeto de estudio seleccionado.

Utilizando el procedimiento anteriormente expuesto en el capítulo II se procede a su aplicación en la empresa Suchel Trans.

3.1 Evaluación del servicio al cliente y los costos de distribución para las rutas actuales.

Como se explica anteriormente se evalúa el nivel de servicio en los principales indicadores de las rutas de distribución, mediante las Órdenes Servidas a Tiempo (OSAT), con plazo de 72 horas desde su pedido a su entrega (Ver tabla 3.1) Determinado por la fórmula 2.1 y expresado en porcentaje (ver anexo 5). Se utiliza, en este caso, la información correspondiente al mes de Junio del 2008 para las OSAT y las Órdenes Servidas Completas en las 11 rutas de distribución para Sancti Spíritus.

NO. DE RUTAS	DESTINO POR RUTAS ACTUALES	VENTAS (M. CUC)	No De Carros	Total de Orden	Total de OSAT	% de OSAT
1	SANTI SPIRITUS 1	16,5	3	36	36	100
2	ZAZA -- TAGUASCO	17,2	3	38	38	100
3	JATIBONICO	12	2	32	32	100
4	S.S LA SIERPE	17,7	3	34	34	100
5	FOMENTO CABAIGUAN	12,2	3	27	27	100
6	TRINIDAD 1	16,5	3	38	38	100
7	TRINIDAD 2	17,8	3	34	34	100
8	PLACETAS -- ZULUETA	18,5	4	41	32	78.0
9	SANTI SPIRITUS 2	18,2	4	40	33	82.5
10	YAGUAJAY	18	3	39	36	92.3
11	SANTI SPIRITUS 3	12,4	3	26	22	84.6
TOTAL		177	34	385	362	94.0

Tabla 3.1.Resultado del índice de OSAT y el transporte utilizado. Fuente: Suchel Trans.

Como se observa en los resultados de la tabla 3.1, el índice de OSAT se incumple a partir de la ruta 8, necesitándose un carro adicional para efectuar la entrega a tiempo de los pedidos que se atrasan, la empresa contrata este servicio de carros a terceras empresas, que promedian 3000 CUC al mes por concepto de gastos por fletes. Al ejecutarse los cálculos con la fórmula 2.2 (ver capítulo II), la información que se obtiene de las Órdenes Servidas Completas (OSC) se refleja en la tabla 3.2.

No DE RUTAS	DESTINO POR RUTAS ACTUALES	VENTAS (M. CUC)	No. Carros	Total productos pedidos	Total productos servidos	% de OSC
1	SANTI SPIRITUS 1	16,5	3	415	212	51.0
2	ZAZA -- TAGUASCO	17.2	3	398	241	60.5
3	JATIBONICO	12	2	403	195	48.3
4	S.S. -- LA SIERPE	17,7	3	412	233	56.5
5	FOMENTO CABAIGUAN	12,2	3	380	172	45.2
6	TRINIDAD 1	16.5	3	541	257	47.5
7	TRINIDAD 2	17.8	3	465	203	43.6
8	PLACETAS -- ZULUETA	18,5	4	513	271	52.8
9	SANTI SPIRITUS 2	18,2	4	497	250	50.3
10	YAGUAJAY	18	3	482	239	49.6
11	SANTI SPIRITUS 3	12.4	3	296	141	47.6
TOTAL		177	34	4802	2414	50.3

Tabla 3.2: Resultado del índice de OSC. Fuente: Suchel Trans VC.

Como se observa el resultado del Índice de las Órdenes Servidas Completas se comporta como promedio al 50%, en esto influye la cantidad de pedidos que no se cumplen por falta de los productos, pero también se incumple por los viajes que no se efectúan cuando existen pedidos por distribuir, ya que la principal dificultad existente es la necesidad de implementar una utilización óptima del transporte para la distribución.

El incumplimiento de este indicador, también es motivado por los viajes que se dejan de efectuar o clientes a los cuales al final del mes se le retornan los despachos ya preparados en almacén, por atraso en la distribución ya que los últimos viajes no se

efectúan, o se resuelve, recogiendo la mercancía por el cliente que pueda disponer de transporte para cargar su pedido lo que provoca insatisfacciones y quejas por parte de los clientes.

El costo de distribución de esta empresa se controla, fundamentalmente, por el gasto de combustible y por la cantidad de viajes dejados de efectuar o gastos en carros alquilados para cumplir con la entrega de la mercancía facturada. El resto de los indicadores son controlados por la empresa a nivel nacional y no tiene una variación significativa en la distribución.

Determinando el costo por la fórmula (2.3) se obtienen los resultados en la tabla 3.3., utilizando un consumo de combustible de 7,5 Km. /litro y un precio de 0.70 CUC/litro.

No. DE RUTAS	DESTINO POR RUTAS ACTUALES	DISTANCIA EN Km	No. Carros o viajes	GASTO EN CUC
1	SANCTI SPIRITUS 1	190	3	53.20
2	ZAZA -- TAGUASCO	206	3	57.68
3	JATIBONICO	236	2	44.05
4	S.S. - LA SIERPE	290	3	81.20
5	FOMENTO CABAIGUAN	150	3	42.00
6	TRINIDAD 1	320	3	89.60
7	TRINIDAD 2	340	3	95.20
8	PLACETAS -- ZULUETA	106	4	39.57
9	SANCTI SPIRITUS 2	196	4	73.17
10	YAGUAJAY	326	3	91.28
11	SANCTI SPIRITUS 3	190	3	53.20
			34	720.15

Tabla 3.3. Gastos de distribución para la zona de S.S. en la U.E.B. Suchel Trans.
Fuente: Información de la dirección de operaciones de Suchel V.C.

Al concluir el cálculo y análisis de los costos para la distribución de las 11 rutas actuales, utilizando 34 medios de transporte, se invierten o gastan 720.15 CUC.

3.2 Determinación de nuevas rutas de distribución mediante el algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas.

Determinación del Objeto de Estudio.

La empresa Suchel tiene sus principales clientes establecidos en su objeto social, siendo estas las tiendas y puntos de ventas pertenecientes a las cadenas de tiendas CIMEX, CUBALSE, TRD Y CARACOL. Cada ruta tiene un grupo de puntos y tiendas a distribuir, agrupadas por poblados en un total de 11 rutas, las que son recorridas diariamente de forma consecutiva sin incluir los domingos en 2.2 vueltas al mes.

Para definir el campo donde aplicar el algoritmo de Optimización por Colonia de Hormigas (OCH), se partió de estudiar las rutas de distribución actuales para la provincia de Sancti Spíritus. Utilizando las distancias ya establecidas por la empresa para cada ruta como se muestra en la tabla 3.3. Se incluyen los kilómetros a recorrer en la distribución desde el almacén central en Villa Clara y teniendo en cuenta que los retornos tienen igual distancia desde el último punto o poblado, al utilizar las mismas carreteras en los regresos. (Ver Anexo 4).

La organización de tiendas por rutas se encuentra balanceada según las capacidades de distribución con el parque de transporte que se dispone, pero no organizadas en un recorrido óptimo calculado entre las rutas, que permita una continuidad de distribución y mayor aprovechamiento de los carros.

Una vez definidos los principales clientes, teniéndose en cuenta que las cadenas de tiendas en cuanto a cantidad de puntos de distribución resultan mucho más abarcador y complejos, se decide centrar la investigación en la distribución de los productos que se comercializan hacia estas entidades ya que el resto de las ventas son transportadas por los clientes de terceras empresas, interesadas en compras pequeñas y esporádicas.

Definición de los parámetros del algoritmo.

Al seguir el procedimiento del algoritmo mediante la Optimización por Colonia de Hormigas (ver capítulo II). Se definen los parámetros para ejecutar el software. (Ver Anexo 6).

Una vez confeccionado y completado todos los datos imprescindibles para su cálculo y análisis, se incluye el llenado de la matriz de distancias entre los nodos como se observa en el (anexo 7), revisándose cuidadosamente para evitar errores de llenado de información que cambiarían los resultados de la optimización de las rutas propuestas.

Habiéndose introducido todos los datos se procede a la ejecución para encontrar soluciones. Los resultados contienen las distintas iteraciones y se selecciona la propuesta de menor recorrido entre las rutas para minimizar las distancias en la distribución, (anexo 8).

Interpretación de los resultados.

La salida del software emite el formato que se complementa con la distancia a recorrer y detalla la ruta por puntos optimizada, especificando la secuencia de los enlaces y la distancia total del recorrido. Para obtener mejores resultados se ejecuta la solución repetidamente hasta lograr la selección del recorrido mínimo posible entre todas las iteraciones realizadas.

Como puede apreciarse en el caso estudiado la mejor ruta según el procedimiento propuesto sería la que aparece en la tabla 3.4.

No. DE RUTAS	RUTAS PROPUESTAS
1	PLACETAS -- ZULUETA
2	FOMENTO CABAIGUAN
3	SANCTI SPIRITUS 1
4	SANCTI SPIRITUS 3
5	ZAZA -- TAGUASCO
6	JATIBONICO
7	SANCTI SPIRITUS 2
8	TRINIDAD 1
9	TRINIDAD 2
10	YAGUAJAY
11	S.S. LA SIERPE

Tabla 3.4. Rutas propuestas a recorrer para la zona de S.S. en Suchel Trans V.C.

Fuente: Resultado del procedimiento de Optimización por Colonia de Hormigas.

Con el fin de realizar una comparación entre los resultados obtenidos con la aplicación del algoritmo propuesto y la documentación que consta en la U.E.B. de Villa Clara, se realiza el estudio de las rutas y se compara el comportamiento actual de la distribución de mercancías con el mismo caso de distribución del epígrafe 3.1, pero calculado según el procedimiento aportado. Se evalúa el orden y recorrido de las rutas propuestas y se determina que es factible su ejecución. Para determinar si la variante propuesta es mejor, se analizan los medios de transporte a utilizar en la distribución de las rutas propuestas para igual cantidad de mercancía a distribuir.

3.3 Cálculo de las necesidades de medios de transporte para la distribución.

En correspondencia con el procedimiento se realiza el análisis de las necesidades de transporte para las rutas propuestas tomando la misma cantidad de mercancías vendidas (ver tabla 3.2) en las rutas anteriores y reflejadas en la tabla 3.5, tomando la misma capacidad de los medios de transporte para distribuir entre poblados más cercanos según el orden de las rutas propuestas.

Para la determinación de la cantidad de carros o viajes por rutas se aplica la fórmula (2.4).

No. DE RUTAS	DESTINO POR RUTAS PROPUESTAS	VENTAS (M. CUC)	No. VIAJES
1	PLACETAS -- ZULUETA	18,5	3
2	FOMENTO CABAIGUAN	12,2	2
3	SANTI SPIRITUS 1	16,5	3
4	SANTI SPIRITUS 3	12,4	2
5	ZAZA -- TAGUASCO	17,2	3
6	JATIBONICO	12	2
7	SANTI SPIRITUS 2	18,2	3
8	TRINIDAD 1	16,5	3
9	TRINIDAD 2	17,8	3
10	YAGUAJAY	18	3
11	S.S. -- LA SIERPE	17,7	3
TOTAL		177	30

Tabla 3.5. Carros por rutas a recorrer para la zona de S.S. en Suchel Trans V.C.

Fuente: Elaboración propia.

Con el nuevo orden de las 11 rutas propuestas, se distribuye el valor total de las ventas utilizando 30 carros para distribuir igual cantidad de mercancías, en lugar de los 34 carros en la variante actual (epígrafe 3.1).

3.4 Comparación del servicio al cliente y costos de distribución de la variante actual con la propuesta.

Al analizar las variantes de rutas actuales y propuestas se puede evaluar que al optimizarse las rutas disminuyendo las distancias entre los poblados o nodos a recorrer se puede aprovechar mejor la capacidad de los carros, como se muestra en las tablas 3.4 y 3.5, para distribuir el mismo valor de mercancía. Al ahorrar 4 viajes y no necesitar un carro adicional, se puede cumplir con la entrega en tiempo de las órdenes (OSAT).

También se observa que al asignar la cantidad de carros en las nuevas rutas con menor distancia entre los poblados, es posible la continuidad y ahorro de viajes, aprovechando su capacidad al máximo y su posible distribución por la cercanía entre los poblados o destinos; lo que demuestra que se pueden efectuar los recorridos con 3 carros como máximo todos los días durante las 11 rutas y ahorrar 4 viajes, o sea, 8 viajes al mes con lo que se obtendría mejores resultados para la empresa.

Al evaluar el cumplimiento de las Órdenes Servidas Completas (OSC), su mayor afectación es por la falta de productos para la venta o distribución; pero al proponer rutas mejores que las actuales, en las cuales es posible ahorrar viajes por mejor distribución, (4 en este caso) se demuestra que se pueden utilizar estos viajes o carros para incrementar la cantidad de ordenes a entregar cada 11 rutas, probando que se puede aumentar el porcentaje de las Órdenes Servidas Completas.

Utilizando la fórmula de costo (2.3, capítulo II) con iguales indicadores de gasto para evaluar el impacto económico, donde se obtienen los resultados de la tabla 3.6.

No. DE RUTAS	DESTINO POR RUTAS PROPUESTAS	DISTANCIA EN Km.	No. VIAJES	GASTO EN CUC
1	PLACETAS -- ZULUETA	106	3	29.68
2	FOMENTO CABAIGUAN	150	2	28.00
3	SANTI SPIRITUS 1	190	3	53.20
4	SANTI SPIRITUS 3	190	2	35.47
5	ZAZA -- TAGUASCO	206	3	57.68
6	JATIBONICO	236	2	44.05
7	SANTI SPIRITUS 2	196	3	54.88
8	TRINIDAD 1	320	3	89.60
9	TRINIDAD 2	340	3	95.20
10	YAGUAJAY	326	3	91.28
11	S.S. LA SIERPE	290	3	81.20
			30	660.24

Tabla 3.6. Gastos de distribución para la zona de S.S. en la U.E.B. Suchel Trans.
Fuente: Elaboración propia.

Al concluir el cálculo y análisis de los costos para la distribución de las 11 rutas propuestas, utilizando 30 medios de transporte, se invierten o gastan 660.24 CUC. Al compararlo con el gasto de las rutas actuales que es de 720.15 CUC se obtiene un ahorro de 59.91 CUC con las rutas propuestas. Si se analiza que los carros alquilados para mantener la distribución cuestan 125 CUC por día y en la variante actual el alquiler sería de 4 días, el ahorro adicional sería de 500 CUC.

3.6 Conclusiones parciales del capítulo.

1. La implementación del procedimiento propuesto basado en la OCH. presupone la reducción de los recorridos en la distribución de mercancías, lo que permite mejorar la utilización de los carros y el ahorro de 4 viajes cada 11 rutas de distribución.
2. Con la ejecución del procedimiento se logra reducir los costos de transportación al disminuir las distancias a recorrer por un valor de 59.91 CUC por cada 11 rutas de distribución, al año serían 1581.62 CUC.
3. Se logra elevar el nivel de servicio al cliente por la empresa Suchel Trans V.C. al aprovechar mejor la capacidad de los carros para cumplir a tiempo las órdenes a servir y disponer de más viajes para incrementar las ventas y con ello elevar el índice de Órdenes Servidas Completas.

Conclusiones

1. En la literatura científica consultada existen abundantes conceptos y definiciones de logística que incluyen diferentes métodos para el diseño y optimización de rutas de distribución. Los procedimientos consultados en esta investigación para el perfeccionamiento o diseño de las rutas de distribución, no incluyen las características de esta empresa ni la diversidad de productos a entregar.

2. El estudio de la bibliografía consultada y la evaluación de las características del sistema de distribución actual de mercancías en la empresa Suchel Trans, hace posible definir la necesidad de perfeccionar las rutas de distribución utilizando el método de Optimización por Colonias de Hormigas, para aprovechar mejor la utilización de los medios de transporte y elevar el nivel del servicio a los clientes.

3. El procedimiento general diseñado, basado en la Optimización por Colonia de Hormigas para la determinación de las rutas óptimas de distribución y la determinación de las necesidades de medios de transporte, resulta necesario y se adapta a las condiciones de la empresa estudiada, la cual posee características muy particulares en el sistema de distribución.

3. La Unidad Empresarial de Base Suchel Trans de Villa Clara cuenta entre sus servicios con transporte de venta y distribución; pero no tiene establecidas las rutas de entrega de mercancías mediante el uso de herramientas matemáticas, por lo que resulta importante para la misma la aplicación del procedimiento propuesto en la presente tesis.

4. El procedimiento diseñado, permite establecer las comparaciones de los resultados del estado actual con el propuesto, validándose así sus ventajas para la delegación territorial estudiada.

5. La aplicación del procedimiento propuesto no representa gastos adicionales para la empresa, pues cuenta con los medios computacionales necesarios y el programa se encuentra disponible de manera libre en el territorio nacional.
6. La implementación del procedimiento propuesto basado en O.C.H. presupone la reducción de los recorridos en la distribución de mercancías, lo cual se refleja en el ahorro de 4 viajes cada 11 rutas de distribución y la disminución del costo en 1581.62 CUC.
7. Se logra elevar el nivel de servicio al cliente por la empresa Suchel Trans V.C., al elevarse los índices de Órdenes Servidas Completas y Ordenes Servidas a Tiempo.
8. Queda validada la hipótesis planteada en la presente tesis, al ser diseñado y aplicado un procedimiento para la determinación de rutas de distribución y medios de transporte que permite reducir el costo de distribución e incrementar los indicadores de servicio al cliente.

RECOMENDACIONES:

Al concluir la presente investigación se proponen las recomendaciones siguientes:

1. Continuar realizando investigaciones futuras encaminadas a desarrollar e implementar en toda la empresa Suchel Trans el presente trabajo investigativo y su posible extensión y aplicación a otras empresas del país.
2. Que el presente trabajo sirva de consulta, divulgación y experiencia profesional en la continuidad imprescindible de la formación vocacional de nuevos ingenieros industriales.
3. El resultado logrado, debe ser divulgado y desarrollado en eventos científicos, para su generalización y aplicación en todos los sectores vinculados al tema de la investigación.
4. Utilizar el contenido de este trabajo como tema de capacitación de todo el personal vinculado al aprovechamiento óptimo del transporte y en particular en la empresa Suchel trans.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo Suárez, J. A.; Urquiaga Rodríguez, Ana Julia; Gómez Acosta, Marta Inés. (2001). Gestión de la cadena de suministro. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
2. Alonso, S.; Cordon, O.; Fernández de Viana, I.; Herrera, F. (2004). La Metaheurística de Optimización Basada en Colonia de Hormigas: Modelos y Nuevos Enfoques. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, E.T.S. Ingeniería Informática. Granada. España.
3. Asencio, J. (1994). Las funciones multiobjetivos en los sistemas de ayuda a la decisión. VII Congreso Latino - Americano de Investigación de Operaciones e Ingeniería de Sistemas. Santiago de Chile.
4. Ayala Bécquer, P. (1996). Sistema de actividades para la proyección del transporte interno en fábricas de construcción de maquinarias en fases primarias inversionistas. Universidad Central "Marta Abreus" de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
5. Ballou, H. R. (2004). La logística empresarial. Control y Planificación. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
6. Barán. B.; Almirón M. (2002). Colonia de Hormigas en un Ambiente Paralelo Asíncrono. Universidad Nacional de Asunción Centro Nacional de Computación San Lorenzo. Paraguay.
7. Barcos, L.; Rodríguez, V.M.; Álvarez, M.J.; Francesc Robusté, A. (2002). Algoritmo basado en la optimización mediante colonias de hormigas para la resolución del problema del transporte de carga desde varios orígenes a varios destinos. Santander. España.
8. Bayos, M. A. & Benítez, M. A. (1994). Diccionario de Técnicas Económicas. Editorial Félix Varela. Ciudad de la Habana.

9. Bender, P. (1998). *Logistic System Design. The distribution Handbook. The Free Press. USA.*
10. Bernald Lalonde. (1971). La unión de la Gestión de los Materiales con la Distribución Física. Universidad Estatal de Ohio.
11. Bernald Lalonde, (1972). Profesor de la Universidad Estatal de Ohio, en *Towards Total Logistical Management. Gower Press. Wentworth.*
12. Blanchard, B. (2000). *Logistics Engineering and Management. Sixth Edition. En International Series in Industrial and System Engineering. Prentice Hall. USA.*
13. Bowersox D. J. (2001). *Total Logistical Management. Gower Press. Wentworth.*
14. Castillo Coto, Ana Lidia (2000). Enfoque prospectivo para la estrategia logística de la cogeneración con paja en la industria de la caña de azúcar. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Código 658.72 Cas E.
15. Campos Aucejo, V. (2006). *Soluciones a problemas de rutas. Ediciones Díaz Santos. Madrid.*
16. CEL (1993). *Diccionario de términos y definiciones logísticas. Centro Español de Logística. En <http://www.cellogistica.org/articulos.html>.*
17. Cespón Castro, R. & Auxiliadora, María. (2003). *Administración de la cadena de suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras. UNITEC. Tegucigalpa.*
18. Chamoso Vedia, Raúl Fernando (2007). *Sist. de Control y Distribucion de Ventas. [<http://www.navactiva.com/articulos/Logisticadetransportación.htm>].*
19. Chiavenato, I. (1995). *Introducción a la teoría general de la administración. Mc Graw Hill. Santa Fe de Bogotá.*
20. Christopher, M. L. (1999). *Supply Chain Strategy: Its Impact on Shareholder Value. The International Journal of Logistics Management. Vol 10. Nro 1. pp.1-10*
21. Clarkston (2000). *Supply Chain Management Primer. En <http://www.clarkstongroup.com>.*
22. Clminnovacion, (2008). *La logística empresarial al servicio del desarrollo, <http://www.clminnovacion.com/logistica.htm>.*

23. Colectivo de autores. (2003). Estrategias en la gestión logística(s/n) Universidad Politécnica de Madrid.
24. Colectivo de autores. (2007). La logística Moderna en la Empresa. Vol. 1 y Vol. 2. Editora LOGICUBA. Ciudad Habana.
25. Comas Pullés, R. (1996). Logística, origen, desarrollo y análisis sistémico. Logística Aplicada No 1. pp.3-9. Ciudad de la Habana.
26. Conejero H. C.; Hernández R.; Cespón Castro, R. (1998). Logística de la distribución comercial, un enfoque sistémico. Revista Logística Aplicada. Ciudad de la Habana. Cuba.
27. Cooper, Martha C.; Ellram C. & Lisa M. (1993). Characteristic of Supply Chain Management and the implication for Purchasing and Logistics Strategy, The International Journal of Logistics Management. Vol 12. Nro 2, pp.21-26
28. Cooper, Martha C.; Lambert Douglas, M. and Pagh Janus, D. (1997). Supply Chain Management: more than a new name for logistics”, The International Journal of Logistics Management. Vol 8. Nro 1, pp.1-14.
29. CSCMP (2005). Supply Chain and Logistics Terms and Glossary. Council of Supply Chain Management Professional. En <http://www.cscmp.org/Downloads/Resources/glossary03.pdf>.
30. Domínguez Machuca, J. *et al.* (1998). Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill Interamericana, S. A. Madrid.
31. Donovan, R. M. (2000). Mejora del desempeño de Gestión de la Cadena de Suministro. Los prerrequisitos hacia el éxito. Parte I. En <http://supplychain.ittoolbox.com/browse.asp?c=SCMPeerPublishing.htm>
32. Dorigo, M.; Di Caro G. (1999). The Ant Colony Optimization meta-heuristic. En Corne, D.; Dorigo, M.; Glover, F. editores, New Ideas in Optimization, páginas 11-32. McGraw Hill, London, UK.
33. Faulin, J.; Úbeda, S. y Monje, D.. (2006). Construcción de rutas de distribución, Universidad Pública de Navarra.

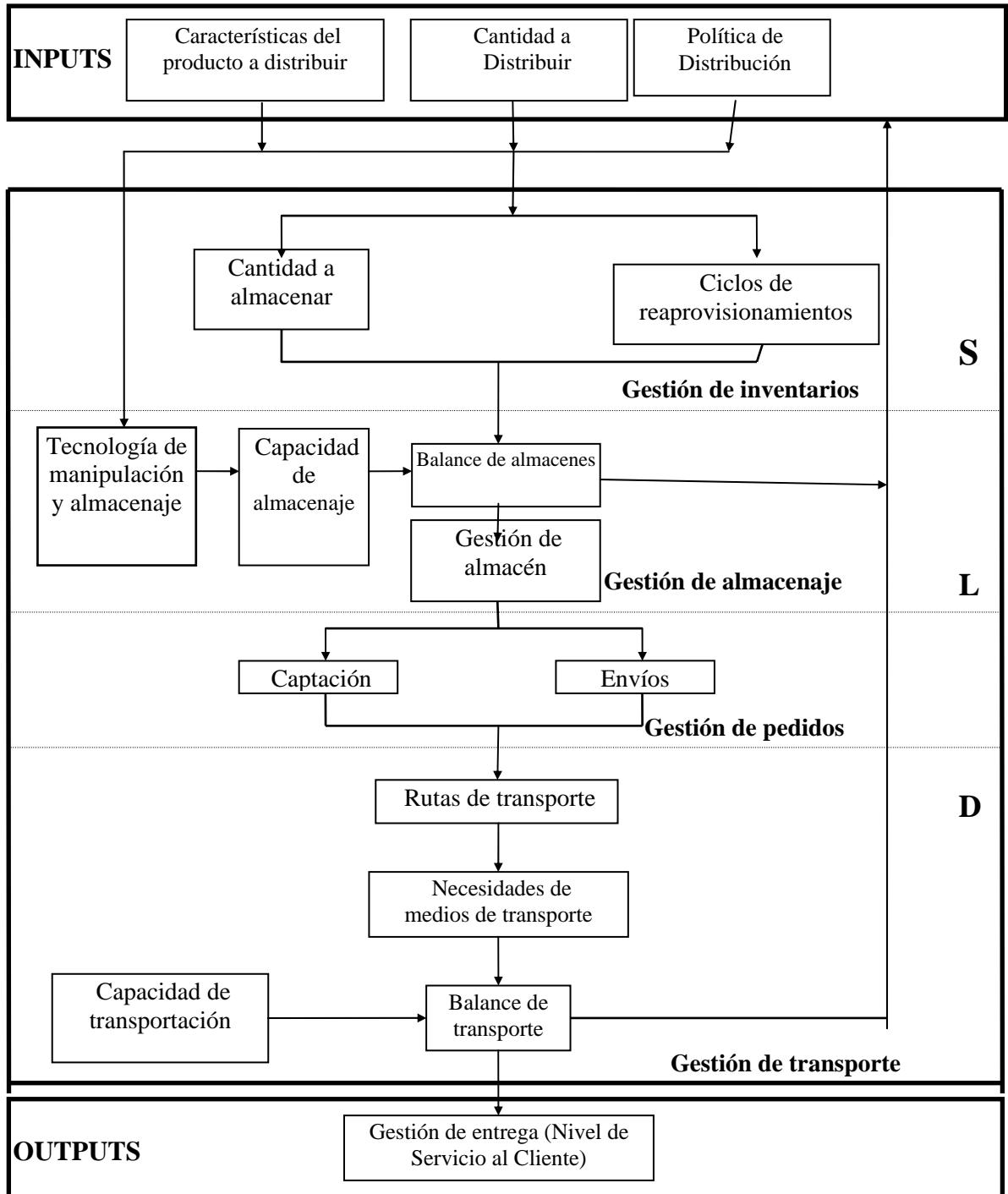
34. Feito M. (2005). Estudio Empírico sobre Estrategias de Logística Inversa en el Sector Industrial de Villa Clara.
35. Fernández Saúco, A. (1996). Profesor de la Universidad de Ciencia Informáticas (UCI). Diseñó el software *Anthill v0.1*
36. Francesc Robusté, A. (2007), books.google.com.cu/books.Libros de logística. Gestión logística. <http://www.clminnovacion.com/organizacion/logistica.htm>.
37. Galván Dante, T. (2007). Análisis de los sistemas logísticos modernos. <http://www.monografias.com/trabajos/logistica.htm>.
38. Global Supply Chain Forum (1998). *What is Supply Chain Management? Center for Logistics Management. University of Reno, USA*. En <http://www.unr.edu/coba/logis>.
39. Glover, F.; Kochenberger, G. (2003). Handbook of Metaheuristics. Kluwer Academic Publishers. Boston.
40. Gómez Acosta, Marta Inés (1997). La planificación y control logísticos en las empresas de producción contra pedidos de la industria mecánica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Código 658.51 Gom P.
41. Gómez Acosta, Marta Inés & Acevedo Suárez, J. A. (2001). Logística moderna y la competitividad empresarial. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
42. Gómez Acosta, Marta Inés & Acevedo Suárez, J. A. (2001). Diseño del servicio al cliente. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
43. González González, R. (2002). El modelo Plataforma logística de petróleo en Cuba. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. La Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
44. IEFP-ISQ (2001). Logística Industrial – Sistema logístico. Guía do formando. En <http://www.logistica/industrial/sistema-logistico.html>.

45. Magee, J. F. (1968). Books, Libros de logística. Industrial .Logistics.
46. Marrero Delgado, F. (2001). Procedimiento para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y tiro de la caña de azúcar. Aplicaciones en la provincia de Villa Clara. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
47. Martin J. & Roth R. (2000). Supply Chain Management requirements and systems. En <http://www.supplychain.ittoolbox.com/document/document.htm>.
48. Matos Rodríguez, H. (1997). Modelo para el diseño y mejoramiento del sistema de reciclaje de residuos de envase en zonas turísticas. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
49. Mentzer, J. *et al.* (2001). *Defining Supply Chain Management*. Journal of Business Logistics. Vol. 22, Nro 2, pp.1-25.
50. Navarro, E. (2001). Negocios en Internet y comercio electrónico. Improven consultores, España.
51. PILOT, (2004). Folleto de Inscripción, www.logispilot.com.
52. Quijano Ponce de León, A. (2003). Sistemas de producción. En: <http://www.monografias.com/trabajos12/pubenint/pubenint.shtml>.
53. Reyes Rojas; M (2003). La logística Aplicada
[\[http://www.promonegocios.net/distribucion/definicion-distribucion.html\]](http://www.promonegocios.net/distribucion/definicion-distribucion.html).
54. Sánchez Valdés, Danay. (2002). Procedimiento para la selección del sistema de gestión logística a aplicar en empresas manufactureras. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Trabajo de Diploma.
55. Santos Norton, María Lilia. (1996). Concepción de un enfoque en sistema para la gestión de los aprovisionamientos. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Código 658.785 San C.
56. Tompkins, J. A. (2000). *No boundaries. Moving Beyond SCM*. Tompkins Press. North Carolina, USA.

57. Torres Gemeil, M. *et al.* (2003). Logística. Temas Seleccionados. Tomo I. Primera Edición. Editorial Feijoo. Ciudad de la Habana.
58. Transporte & Log (1999). Logística: una visión sistémica. En <http://www.transporte.com.uy/definicion/logistica.htm>.
59. Velázquez Albio, Pedro L. (2006). Logística del proceso de almacenamiento. Un enfoque hacia la gestión de la excelencia. Editorial LOGICUBA. Ciudad Habana.

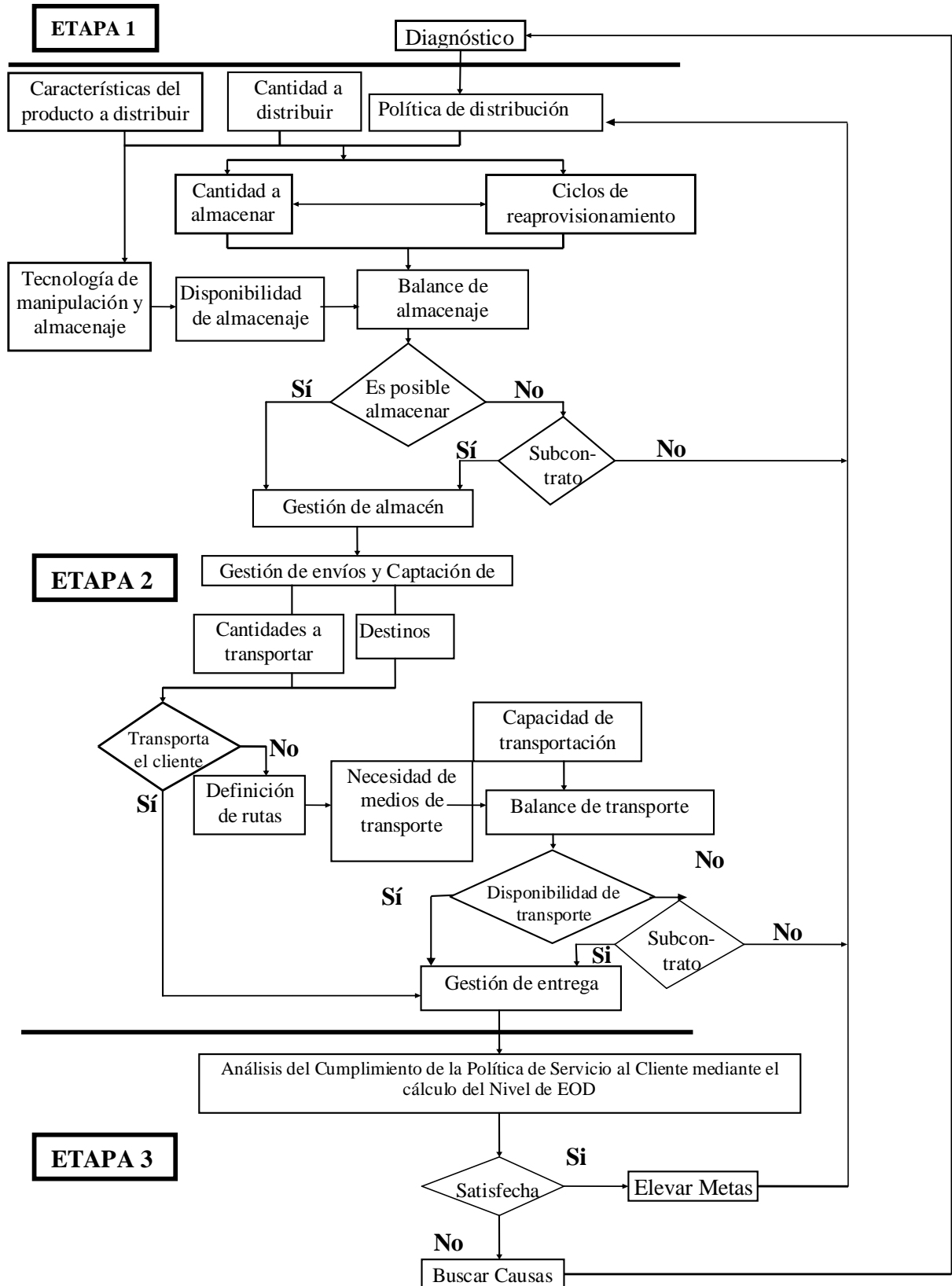
ANEXO 1

Esquema General de un Sistema Logístico de Distribución. (SLD)



ANEXO 2

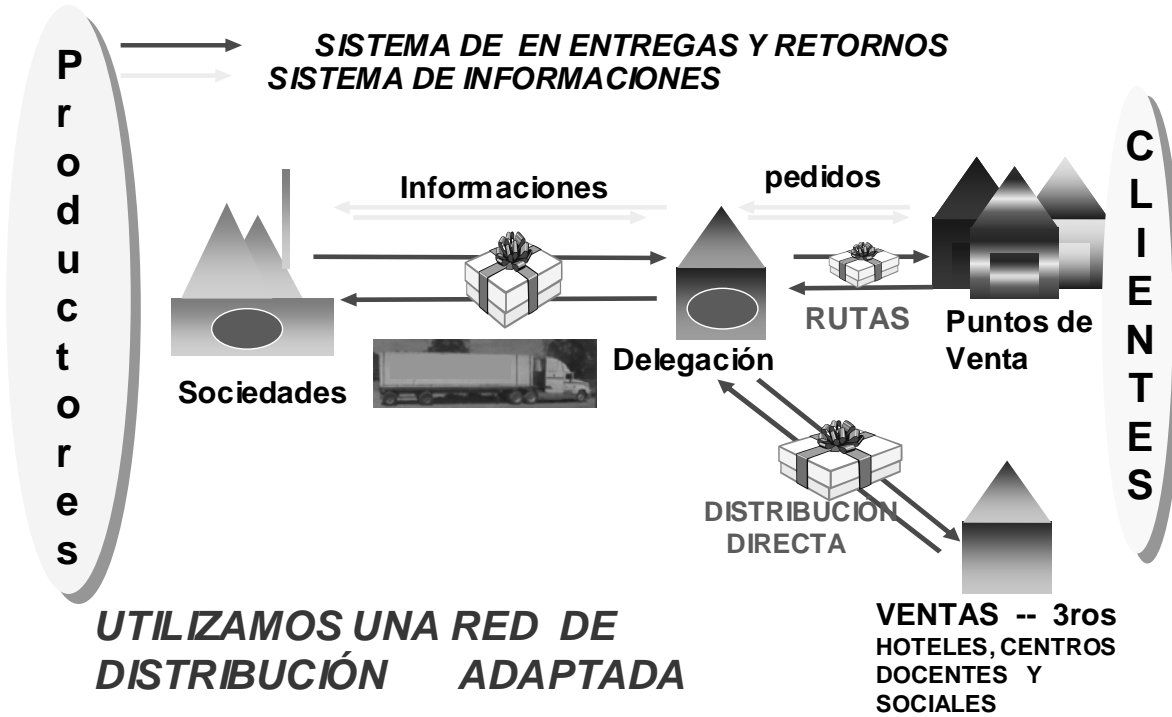
Procedimiento para la mejora continua de un Sistema Logístico de Distribución



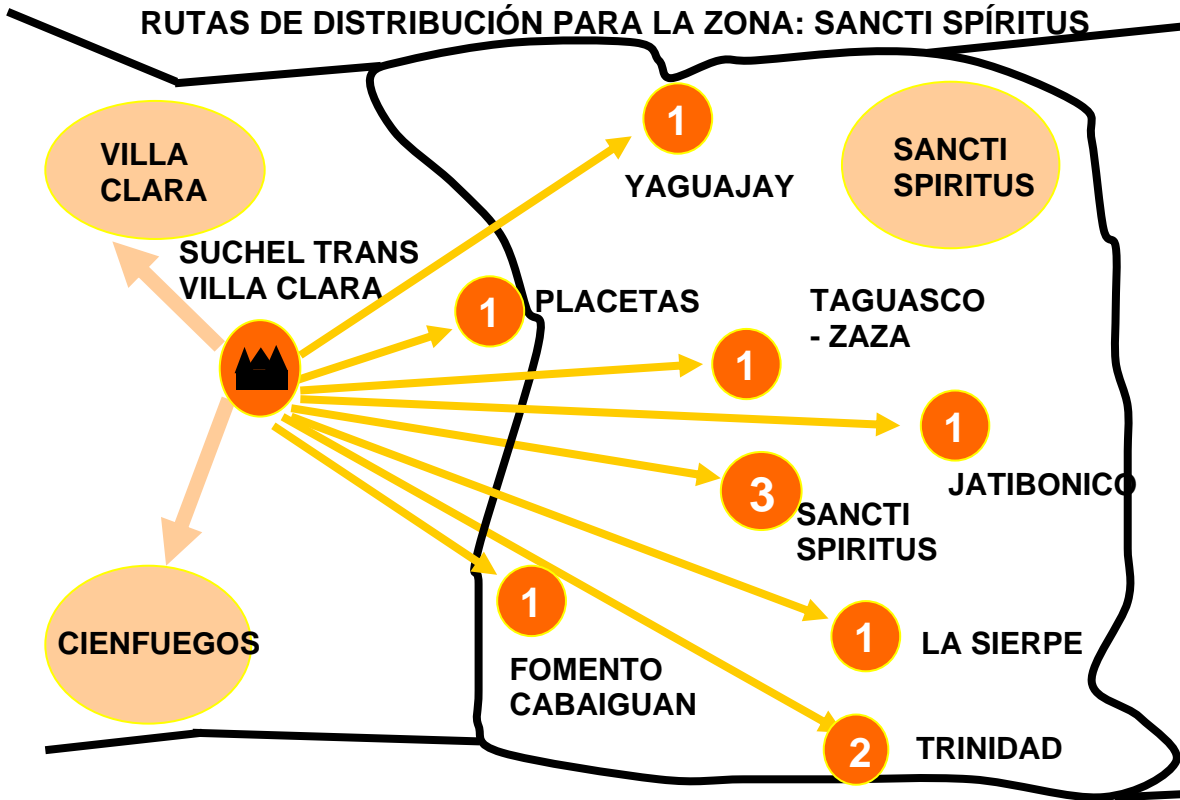
ANEXO 3

Red de distribución de Suchel Trans.

SISTEMA COMERCIAL DE SUCHEL



ANEXO 4



ANEXO 5

INDICADORES DE SERVICIO AL CLIENTE Y COSTO

S
E
R
V
I
C
I
O

$$\text{OSAT} = \frac{\text{Nro de órdenes entregadas a tiempo}}{\text{Total. de órdenes a entregar}} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$\text{OSC} = \frac{\text{Total de productos servidos}}{\text{Total de productos pedidos}} \times 100\% \quad (2.2)$$

C
O
S
T
O

$$\text{Gasto de distribución} = \text{CV} \times (\text{D} / \text{CC}) \times \text{P} \quad (2.3)$$

CV: Es la cantidad de vehículos a utilizar (u)

D: La distancia a recorrer (Km.)

CC: Consumo de combustible (Km. /lts)

P: Precio del combustible (cuc /lts)

ANEXO 6

PARÁMETROS PARA EJECUTAR EL SOFTWARE

Form1

File Edit Window Help

Ant Colony Wizard Problem Things Fill STG Pheromone Matrix Select Active Nodes Problem Results

Ant Colony Things

Node Quantity

Ant Quantity

Initial Pheromone

N importance

Ph importance

Pheromone Update

Pheromone Evaporation Ratio

Pheromone Refresh Ratio

Fixed ratio

Function

Mejor-Peor Hormiga

Stop Settings

Iterations

Timer

Result Settings

N Best Results

LeerMatriz Save Project Open Project

ANEXO 7

MATRIZ DE DISTANCIA ENTRE LOS NODOS

Node	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	95	103	118	145	75	160	170	53	98	163	95
1	95	1	38	35	60	35	72	75	70	5	50	5
2	103	38	1	18	60	72	95	98	62	28	62	28
3	118	35	18	1	47	70	105	108	95	35	45	35
4	145	60	60	47	1	95	90	95	120	60	55	60
5	75	35	72	70	95	1	105	108	68	35	85	35
6	160	72	95	105	90	105	1	5	112	72	122	72
7	170	75	98	108	95	108	5	1	115	75	50	75
8	53	70	62	95	120	68	112	115	1	70	110	70
9	98	5	28	35	60	35	72	75	70	1	50	5
10	163	50	62	45	55	85	122	50	110	50	1	60
11	95	5	28	35	60	35	72	75	70	5	60	1

ANEXO 8

RESULTADO DE LA OPTMIZACIÓN DE RUTAS POR EL ALGORITMO COLONIA DE HORMIGAS.

INFORMACION SALIDA DEL SOFTWARE.

File Edit Window Help

Ant Colony Wizard | Problem Things | Fill STG | Pheromone Matrix | Select Active Nodes | Problem Results

	<i>Km.</i>					<i>RUTAS</i>							
	482	0	11	1	9	6	7	10	4	3	2	8	5
	451	0	8	2	5	9	11	1	6	7	10	3	4
	500	0	8	11	1	3	2	10	7	6	9	5	4
	489	0	5	2	9	11	1	3	4	10	7	6	8
	508	0	5	9	11	1	2	3	10	7	6	8	4
	508	0	5	9	11	1	2	3	10	7	6	8	4
	508	0	5	9	11	1	2	3	10	7	6	8	4
	502	0	8	2	9	1	11	5	4	3	10	6	7
	525	0	1	11	9	2	3	10	7	6	8	5	4
	424	0	8	5	1	11	2	3	9	6	7	10	4
	478	0	8	11	1	9	6	7	10	3	2	4	5
	560	0	5	4	11	1	8	7	6	3	2	9	10
	461	0	8	11	1	9	3	2	4	10	7	6	5
	449	0	8	5	9	1	11	10	3	2	4	7	6
	474	0	8	1	9	10	4	3	2	11	5	7	6
	480	0	8	1	9	11	4	3	2	10	7	6	5

ANEXO 7

MATRIZ DE DISTANCIA ENTRE LOS NODOS

Node	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	95	103	118	145	75	160	170	53	98	163	95
1	95	1	38	35	60	35	72	75	70	5	50	5
2	103	38	1	18	60	72	95	98	62	28	62	28
3	118	35	18	1	47	70	105	108	95	35	45	35
4	145	60	60	47	1	95	90	95	120	60	55	60
5	75	35	72	70	95	1	105	108	68	35	85	35
6	160	72	95	105	90	105	1	5	112	72	122	72
7	170	75	98	108	95	108	5	1	115	75	50	75
8	53	70	62	95	120	68	112	115	1	70	110	70
9	98	5	28	35	60	35	72	75	70	1	50	5
10	163	50	62	45	55	85	122	50	110	50	1	60
11	95	5	28	35	60	35	72	75	70	5	60	1

ANEXO 9

DISPONIBILIDADES DE MEDIOS DE TRANSPORTE EN SUCHEL TRANS.

CARROS	CAPACIDAD (t)	CONSUMO (Km. / lt)	DISTRIBUYE. (M CUC)	No. de conductor
Camión Ford	8	3,5	10000	2
Camión M. Benz	6	4,0	8000	2
Panel M. Benz	4	7.5	6000	1