

GESTIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN PARA EMPRESAS UBICADAS EN BOGOTÁ



**Trabajo de grado como prerequisite para optar al título de Ingeniera
De Producción de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

Modalidad: Monografía

Línea de Investigación:

Línea 4 Optimización de Procesos

Línea 2 Gestión de las Operaciones

Tema 207 – Logística y Distribución

AUTORA

ADRIANA LIZETH VÁSQUEZ MELO

CÓDIGO. 20162377021

DIRECTOR

M.Sc. Ing. OSCAR MAYORGA TORRES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

BOGOTÁ

2019

HOJA DE ACEPTACIÓN

El documento es revisado y aprobado por parte del tutor y jurado quién fue asignado por parte de la Universidad.

Firma Tutor

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and curves, positioned above a horizontal line.

M.Sc. Ing. ÓSCAR MAYORGA TORRES

Firma Jurado

Ing. HUMBERTO GUERRERO

Fecha: 12 de Julio de 2019

GESTIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN PARA EMPRESAS UBICADAS EN BOGOTÁ

1. GENERALIDADES

Para contextualizar lo que se encuentra en el documento, se presenta como información foco del trabajo, datos generales relacionados a Bogotá, como el listado de empresas por localización en Bogotá y sus alrededores, el posicionamiento de las empresas de Bogotá según sus ventas, la clasificación de las empresas según el sector, las empresas más representativas del sector alimentos, la descripción del proceso de distribución.

Cuadro 1. Listado de empresas en Bogotá y alrededores

Ciudad	Número de empresas
Bogotá	(298.706 empresas)
Soacha	(158 empresas)
Zipaquirá	(67 empresas)
Fusagasugá	(46 empresas)
La calera	(19 empresas)
Guasca	(14 empresas)
Sibate	(9 empresas)
Cota	(151 empresas)
Ubaté	(22 empresas)
Sopo	(17 empresas)
Tabio	(14 empresas)
Chía	(254 empresas)
Cajicá	(133 empresas)
Tocancipa	(50 empresas)
Tenjo	(21 empresas)
Cogua	(15 empresas)
Silvania	(11 empresas)

Fuente: La autora 2019, información tomada de Portafolio. (2018, Agosto). Guía de Empresas Colombianas. Recuperado de <http://empresas.portafolio.co/departamento/BOGOTA/?qPagina=1>

La Información del cuadro 1, fue encontrada en la guía de empresas colombianas de portafolio, donde se muestra el número de empresas registradas según la ubicación de su punto de operación, la mayor cantidad se dice que se encuentra en Bogotá con más de 250 mil empresas, adicionalmente alrededor de mil empresas en la zona periférica y aledaña a Bogotá. (Portafolio, 2018)

Las empresas se dividen en sectores, como se muestra a continuación en el cuadro 2 la clasificación por sectores, (Merco, 2019)

Cuadro 2. Clasificación de sectores empresariales

Agroindustrial
Alimentos
Aseguradoras
Aseo, Belleza y Cuidado Personal
Automotriz
Bebidas
Cajas de Compensación
Cementeras
Comercio electrónico y distribución
Confeción
Conglomerado empresarial
Construcción e infraestructura
Educación – Universidades
Electrodomésticos y equipamiento
Electrónica, Informática y Software

Energía, Gas y Agua
Entretenimiento
Farmacéutico
Financiero
Fondos de pensiones y cesantías
Grandes superficies
Industrial
Medios de comunicación
Minería
Movilidad Urbana
ONG,S Fundaciones y Asociaciones
Petroleras y Distribución de Hidrocarburos
Restaurantes
Salud
Servicios Internet
Telecomunicaciones
Transporte de mercancías
Transporte de viajeros
Turismo

Fuente: La autora 2019, información tomada de Merco. (2019, 01). Monitor empresarial de reputación corporativa. Recuperado de <http://www.merco.info/co/ranking-merco-empresas>

Se encuentra el Ranking de las empresas de Bogotá, clasificado según sus ventas, como se muestra en el cuadro 3,

Cuadro 3. Ranking de empresas por ventas

1	Smart concrete s a s
2	Pre cooperativa integral de trabajo asociado soluciones
3	Caja de compensación familiar compensar
4	Caja colombiana de subsidio familiar Colsubsidio
5	Corporación financiera colombiana s a
6	Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá esp
7	Caja de compensación familiar Cafam
8	Universidad nacional de Colombia
9	Sociedad administradora de fondos de pensiones y cesantías porvenir s a
10	Operadora de servicios c l s Ltda.
11	Transportadora de gas internacional s a esp
12	Cooperativa multiactiva de servicios solidarios
13	Grupo empresarial Premium active s a s
14	Compañía mundial de seguros s a
15	Sartex Ltda.
16	Aerovías de integración regional sa
17	Concesión costera Cartagena barranquilla s a s
18	Cafesalud entidad promotora de salud s a
19	Ministerio de minas y energía
20	Clínica colsanitas s a
21	Xma business investments sas
22	The Louis Berger group Colombia
23	Dotaciones y suministros institucionales jm s a s
24	Productos alimenticios bruni s a s
25	Wise in media sas
26	Gym factory sport sas
27	Concesionaria vial de los andes sas coviandes s a s
28	Servientrega s a
29	Corporación autónoma regional de Cundinamarca car
30	Aerovías de Integración regional sa

Fuente: La autora 2019, información tomada de Portafolio. (2018, Agosto). Guía de Empresas Colombianas. Recuperado de <http://empresas.portafolio.co/departamento/BOGOTA/?qPagina=1>

El cuadro 3, muestra las 30 primeras empresas en el Ranking de empresas de Bogotá por ventas según portafolio, donde se encuentran empresas que prestan servicios del sector público como la empresa de acueducto dentro de las 10 primeras empresas, 3 empresas de caja de compensación familiar dentro de los 10 primeros lugares. (Portafolio, 2018)

El proyecto va dirigido a cualquier empresa en particular que se encuentre en la ciudad de Bogotá, pero se va a tomar como referencia para la presentación de la propuesta, el sector alimentos, que según el siguiente cuadro, muestra las empresas que fueron mejores posicionadas en el 2018, (Merco, 2019)

Cuadro 4. Ranking empresas Sector Alimentos, 2018

Posición	Empresa
1	Grupo Nutresa
2	Alpina
3	Nestlé
4	Colombina
5	Ramo
6	Alquería
7	Pepsico
8	Colanta
9	Quala
10	Team
11	Bimbo
12	Dicorp
13	Casa Luker
14	Harinera del Valle
15	Grupo Aldor
16	Levapan
17	Mc Pollo
18	Arroz Blanquita

Fuente: La autora 2019, información tomada de Merco. (2019, 01). Monitor empresarial de reputación corporativa. Recuperado de <http://www.merco.info/co/ranking-merco-empresas>

Las empresas para realizar su distribución diaria, manejan diversos canales para facilitar la entrega de sus pedidos, entre los canales se encuentra:

- Grandes superficies: son clientes que por lo general requieren un conductor únicamente en su vehículo con el cargue destinado a único cliente por entregar, pues adquieren grandes volúmenes de mercancía, tienen protocolo para recibir la mercancía.
- TaT – Tienda a Tienda: es el proceso de distribución más común, a cada transportador, se le asigna una ruta diaria, con clientes específicos en una ruta determinada, que ha sido dividida por zonas, dentro de cada una de las localidades que cubre los centros de distribución desde Bogotá.
- Otros canales: son clientes de grandes volúmenes pero que permite que un conductor pueda cargar más pedidos para entregar en lugares cercanos a la ruta que se le asigne.

El proceso general de cargue de una ruta es:

- El día anterior a la entrega del pedido un vendedor va al punto y toma el pedido.
- El sistema realiza un consolidado del cargue cuando el vendedor cierra ventas del día con un totalizado de cajas de cada producto, clientes a visitar y pedido de cada uno de ellos, que son los papeles que recibe cada transportador.
- Se realiza la organización de lo solicitado para cada ruta y se asigna un muelle o puesto de entrega para el transportador al cual se le asigna un turno para que reciba su mercancía.
- El transportador recibe, y organiza la mercancía según su conveniencia, ejemplo, si se entrega pedidos TaT entonces debe hacer cada uno de los pedidos en una caja o canasta, o si es un pedido de grandes volúmenes organiza la mercancía en el vehículo equilibrando el

peso y tamaño de cajas, procesos realizados para agilizar las entregas.

- Con la mercancía dentro del vehículo, cada transportador se dirige a su ruta para cumplir con sus labores diarias.
- En la tarde al finalizar la jornada varias empresas requieren legalizar ruta y el transportador debe dirigirse nuevamente a la bodega de despachos o centro de distribución CEDI, otros solamente deben consignar el dinero recaudo en cuentas asignadas.
- Los transportadores son asignados según el tipo de vehículo que tienen, pueden ser de la empresa directamente o subcontratados.

El proceso general que las empresas pueden realizar para monitoreo de sus rutas de distribución se describe a continuación:

Proceso monitoreo rutas de distribución

- a. Todo transportador debe tener un acompañamiento al mes como mínimo en donde se retroalimentará al mismo sobre la ejecución del proceso de entregas
- b. Las salidas a ruta deben tener un mínimo de dos horas de acompañamiento en donde se pueda evidenciar las siguientes actividades:
 - Entrega de pedidos
 - Trato a los clientes
 - Separación de pedidos, según requerimiento de cliente o tipo de productos que se transporte.
 - Desplazamiento del vehículo y revisar tiempos, tráfico de ruta.
 - Ruta realizada por el transportador, para evidenciar si es un recorrido óptimo, que facilite el trabajo.
- c. Las siguientes rutas deben tener un acompañamiento de ruta de día completo teniendo en cuenta sus resultados:
 - Ruta con más alto rechazo (variable de medición pedidos y/o kg comerciales)
 - Ruta con mayor cantidad de casos de atención al consumidor
 - Ruta con mayor desviación vs tiempo planeado: implementación software de enrutamiento
 - Ruta con mayor desviación vs distancia planeada: implementación software de enrutamiento
 - En la primera semana de un transportador nuevo
 - Ruta con mayor rotación: más de 2 transportadores, misma ruta en un mes
 - Ruta con mayor descuadre: transportadores con descuadres mayores a \$300.000= más de 3 veces al mes
- d. Salidas a ruta cubren los siguientes gastos de personal:
 - Comida
 - Desplazamiento a ruta en taxi
 - Desplazamiento entre rutas en taxi
 - La empresa no se hace cargo de gastos que incurran dentro de la ruta.
 - Para los centros de distribución con menos de 10 rutas el seguimiento en ruta lo debe ejecutar el coordinador de operaciones de la empresa de transportes si se tiene subcontratada
 - La auditoría de causales de rechazo se debe realizar diariamente sobre el 35 de los pedidos rechazados del 10% del total de rutas que generaron rechazo.

La mayoría de empresas presenta directrices para su personal, un ejemplo es:

Personal

Se recomienda que cada transportador realice su trabajo con un máximo de tres auxiliares de ruta, personal contratado por el mismo transportador o empresa de transporte subcontratada, se deja a elección según ruta, pero si la ruta tiene riesgo alto de robo, en zonas riesgosas o alejadas o se transporta en mercancía un equivalente a altas sumas de dinero, la empresa asume el pago de un escolta que siga a los transportadores a diario.

- a. Las personas que salen a ruta deben cumplir los siguientes requerimientos:
 - Camisa
 - Jean
 - Botas de seguridad
 - Chaleco o prenda representativa de la empresa.
 - No usar objetos de valor (celulares de alta gama, relojes, cadenas, anillos, etc.) la empresa no se hace responsable de los objetos personales de los transportadores.
 - Presentación personal apropiada
- b. Se inactiva temporalmente a un tripulante de la empresa de transporte que haya presentado las siguientes conductas:
 - Lenguaje inadecuado en el cedí o cliente: 1 semana
 - Más de 3 descuadres superiores a \$300.000= en un mes: 1 semana
 - Mala asignación de causal de rechazo: 1 semana
 - Más de 3 veces en el mes sin legalizar en el día: 1 semana
 - Daños por negligencia al CEDI o a un cliente: 1 semana
 - Más de 3 veces llegando más de 30 minutos después de la cita de cargue al mes: 1 semana
 - Más de 3 veces dejando desorden en el muelle al mes 1 semana
- c. Se inactiva definitivamente a un tripulante de la empresa de transporte que haya presentado las siguientes conductas:
 - Robo en el CEDI o a un cliente
 - Agresión física o verbal a un cliente o funcionario de la empresa
 - Reventa de producto en otro cliente
 - Falsificación de documentos
 - Siniestralidad recurrente (más de 3 eventos en un mes)

Desviaciones

- a. En el proceso de distribución se puede presentar las siguientes desviaciones:
 - Desviación de entrega al cliente: cuando después del transportador presentarse con el cliente este exige condiciones diferentes a las establecidas
 - Desviaciones en la ruta: aplica para los tiempos adicionales que se presentan en el recorrido de la ruta por factores como:
 - Trafico
 - Desvíos
 - Fallas mecánicas
 - Orden publico
 - Desastres naturales

A continuación en el cuadro 5, se presenta una caracterización del proceso de distribución de una empresa, una descripción detallada de todo lo referente al proceso, actores, objetivos, y demás,

Cuadro 5. Caracterización proceso de distribución de una empresa

Proceso: distribución			
Responsables del proceso: jefe de despachos, jefe de transporte			
objetivo del proceso		misión del proceso	
Garantizar la correcta ejecución de las tareas que requiere el proceso de distribución desde la compañía a la entrega final al cliente.		Mantener un proceso de distribución ordenado, que cumpla los requerimientos establecidos para una correcta entrega, y haciendo un área de trabajo amena para los trabajadores encargados de la distribución en la compañía.	
indicadores de gestión del proceso	fórmula	periodicidad	registros
transporte y distribución	número de pedidos entregados/número de pedidos totales	diaria	control de indicador
transporte y distribución	costo de transporte/ valor ventas totales	mensual	control de indicador
transporte y distribución	horas reales por viaje / horas estándar por viaje	mensual	control de indicador
caracterización del proceso			
proveedores del proceso	entradas del proceso	salida del proceso	clientes del proceso (internos, externos y del gobierno)
todos los procesos	pedido realizado por el cliente a vendedor orden diaria de cargue por muelle rutero diario por vehículo	Entregas adecuadas. Cumpliendo especificaciones y clientes calificados.	todos los procesos Relaciones mutuamente beneficiosas con clientes. Cumplimiento órdenes de entrega en plazos acordados. cumplimiento de normas establecidas
recursos necesarios (humanos, físicos y ambiente de trabajo)	documentos referencia		
Humanos: gerencia logística, coordinador de transporte, analista de distribución y auxiliar de inventario, auxiliar de reparto, transportistas, auxiliar de transporte físicos: vehículos. Ambiente de trabajo: iluminación, ergonomía, estibas adecuadas, actividades de bienestar.	instructivos de ruteo		
	inspección de vehículos		
	planilla de transporte		
	inspección a la mercancía		
alcance			

Fuente. La Autora, información tomada de apunte de clase de Sistema de Información Logística 2019

2. ANTECEDENTES

En este ítem se pretende establecer que acervo de información se encuentra relacionada con el tema objeto de estudio, se describen algunos de los trabajos mencionados a lo largo del documento, en el cuadro 6,

Cuadro 6. Revisión de antecedentes en la literatura

Titulo	Tema	subtema	Conceptualización	Características	Autores
El Transporte de mercancías - Enfoque logístico de la distribución	Logística	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Flota de Transporte. • Flota Ajena • Flota propia • Tipos de vehículos 	Libro para centrar al lector en el mundo del transporte, sus diferentes opciones, la importancia y problemática del sector	(Anaya T, 2000)
Logística Integral – la gestión operativa de la empresa	Logística	Distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Topes básicos de la gestión del transporte • Costo de la flota de vehículos • Cadena de suministro • Gestión de la cadena de suministro 	Libro donde se sistematiza las diferentes filosofías, métodos y procedimientos aplicables en la industria, en lo relativo al control del flujo de materiales, desde la óptica de la Logística Integral	(Anaya Tejero, 2007)
Logística – Administración de la cadena de suministro	Logística	Cadena de suministro	<ul style="list-style-type: none"> • Servicio al cliente • Administración de la cadena de suministro • Definición de Logística • Algoritmos genéticos • Método de barrido • Método de Ahorro 	Libro que trata de la logística del negocio y de la cadena de suministros	(Ballou, 2004)
Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte	Logística	Ruteo	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de problemas de asignación de rutas de vehículos • Método de aproximación exacta 	Artículo que muestra métodos para la optimización de redes logísticas centradas en el transporte urbano de personas y mercancías	(Bermeo, 2009)
Manual de la gestión logística del transporte y la distribución de mercancías	Logística	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de Logística • Definición de Transporte 	Libro que habla de logística y distribución de mercancías, sistemas de transporte	(Castellanos Ramirez, 2009)
Modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio next day en DHL supply chain Bogotá	Logística	Ruteo	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de modelo 	Proyecto que propone el desarrollo de un modelo dirigido a la sección de logística en transportes de DHL	(Duarte & Leidy, 2016)

El estado del arte en la modelación de problemas de tránsito	Logística	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Definición de transporte 	Trabajo de grado que recopila tipos de modelación de redes	(Gomez R., 2005)
Fundamentos de Marketing	Marketing	Cliente	<ul style="list-style-type: none"> Satisfacción de cliente 	Libro que logra equilibrio entre valor para el cliente y relaciones rentables en un entorno de alta tecnología, conociendo las necesidades del consumidor	(Kloter & Armstrong, 2003)
Gestión logística integral – las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento	Logística	Logística integral	<ul style="list-style-type: none"> Definición de transporte Sistema de Gestión de transporte Cadena de Suministro Cross Docking Cross Docking directo Cross Docking Indirecto 	Libro que presenta que es logística, su desarrollo a través del tiempo, infraestructura básica y aplicaciones	(Mora, 2010)
Modelos de transporte	Logística	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Modelo de Transporte 	Libro que muestra las técnicas de modelización del transporte	(Ortúzar & Willumsen, 2008)
Un algoritmo de estimación de distribuciones copulado con la distribución de Mallows para el problema de ruteo de autobuses escolares con selección de paradas	Logística	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Ruteo 	Artículo donde se uso algoritmos de estimación de distribuciones para la resolución de un problema basado en permutaciones.	(Perez Rodriguez & Hernandez Aguirre, 2017)
Cuantificación y Generación de Valor en la Cadena de Suministro Extendida	Cadena de Suministro	Gestión	<ul style="list-style-type: none"> Definición de logística Cadena de suministro Gestión de la cadena de suministro 	Libro que pretende definir un conjunto de indicadores de ejecución logística, eficiencia y factores asociados a la gestión de áreas logísticas	(Sanchez G, 2008)

Fuente: La autora, 2019.

3. JUSTIFICACIÓN

Los procesos logísticos son relevantes dentro de la cadena de suministro, pues buscan coordinar los recursos y optimizar las operaciones a realizar por una empresa, con el fin de reducir los costos. Si se realiza un buen manejo logístico, se pueden obtener grandes beneficios teniendo claridad de los procesos y el manejo de los mismos.

Dentro de los procesos logísticos de una empresa, se identifican la programación y el diseño de rutas, actividades necesarias para organizar y que sea cumplido la entrega de pedidos a los clientes dentro de los tiempos establecidos por la compañía.

La mayoría de empresas de Bogotá actualmente se encuentran a las afueras de la ciudad o se están trasladando por problemas ambientales o beneficios tributarios, también las grandes empresas le es necesario que tengan puntos de acopio o centros de distribución (CEDI) dentro de la ciudad para facilitar el cargue de las rutas a entregar día a día por los transportadores a todos los clientes que se tienen. Aunque la mayoría de empresas cuentan con el préstamo de servicio fuera de la ciudad de Bogotá o en ciudades principales, el centro de este trabajo es delimitado a la ciudad de Bogotá, pues es un mercado potencial.

Las empresas cuentan con diferentes tipos de servicios para sus clientes, según el tiempo que tiene la empresa para cumplir con la entrega de pedidos y prestar el servicio satisfactoriamente, clasificándose así:

- Entrega inmediata, cuando el transportador mismo realiza el pedido y pasa cada semana, como algunos repartidores de paquetes (marcas como Frito lay, margarita, super ricas), de ponqués (ramo).
- Next day, cuando el vendedor pasa un día antes de la entrega del pedido.
- Diario, repartidores que pasan a Diario a dejar productos perecederos y entregan según demanda, ejemplo la leche.

Para Bogotá, se divide por zonas de entrega la ciudad, para facilitar el préstamo adecuado del servicio, en

- Sur: Sumapaz, Usme, Ciudad Bolívar, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Antonio Nariño
- Centro: La Candelaria, Santafé, Mártires, Teusaquillo, Centro
- Sur Occidente: Kennedy, Bosa
- Occidente: Engativa, Fontibon
- Norte: Suba, Usaquén, Chapinero, Barrios Unidos

Estas zonas son de gran extensión, entonces se divide cada localidad por sectores según el tamaño de cada localidad, aproximadamente se requiere un mínimo de 3 a 5 distribuidores diarios y hasta 20 según zona, para que en la semana sea cubierto en totalidad todo el territorio.

Algunas de las compañías como el sector de alimentos y bebidas, enfrentan retos muy grandes en el contexto que desarrollan los negocios por ser un mercado de consumo masivo las utilidades que se obtienen son marginales, se debe desea alcanzar una gran escala/volumen de unidades posicionadas siendo relevante la manera como se llega y atienden los clientes, por tal razón el diseño de la red de distribución y rutas de transporte cobra valor/importancia, ya que el liderazgo frente la competencia y el posicionamiento determina la red de distribución que se desarrolle para lograr los objetivos estratégicos de cada compañía.

El creciente tráfico vehicular y el caos que éste genera en las grandes ciudades, exige reformular una nueva estrategia de distribución para las ciudades. La red de distribución y transporte actual no ha sido actualizada (Rutas optimas) a las nuevas necesidades de los mercados y está generando una sub-utilización (Capacidad) de la flota vehicular propia. La participación del costo logístico de distribución y transporte, en el total de los costos de logística es el más representativo (mayor al 60%), por lo anterior cualquier mejora (disminución) en estos rubros representa un resultado positivo de ahorro importante en la operación y por estar ligado a la venta significa mayores utilidades.

La propuesta se presenta en general para las empresas ubicadas en Bogotá o que prestan el servicio de entrega de mercancía a clientes, y que se hace una distribución desde un CEDI, enfocado en Supply Chain en el área de transporte, para tener claridad en los diferentes modelos de gestión de rutas que se pueden aplicar dependiendo las necesidades y condiciones de cada empresa según su distribución.

Se desea afianzar y poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, los conceptos fundamentales que se recibieron, para poder mejorar el proceso logístico en la cadena de suministro, en relación al área de transporte dentro de una empresa, presentando modelos analizados que servirán para cada empresa según sus criterios.

Se propone presentar métodos de programación para elegir el modelo indicado para el sistema actual de transporte de las diferentes empresas y poder mejorar criterios como los tiempos de entrega, productos solicitados por el cliente, entregados en buenas condiciones y en cantidades exactas, brindando un servicio oportuno, seguro y conforme a lo que el cliente siempre ha solicitado y obteniendo mayor satisfacción de ellos.

Es necesario presentar los diferentes modelos para la programación de rutas que se pueden utilizar, para mejorar la satisfacción del cliente, disminuir quejas y devoluciones generadas por retrasos en las entregas, incumplimiento de mercancía y otros factores que afectan las compañías, lo que aumenta costos innecesarios para las empresas, eligiendo la mejor opción para optimizar la flota de transporte, reducir tiempos de recorrido, obtener los medios de transporte adecuados en cantidad de flota y capacidad de la misma, y así poder lograr un excelente servicio.

Se desea finalmente, dejar planteados las diferentes opciones que puede tener una empresa para realizar su modelo ideal de distribución, y mejorar las condiciones actuales de sus rutas y así pueda establecer indicadores de gestión para evaluar el desempeño del modelo elegido, obteniendo una reducción de costos, aumento en la rapidez y flujo de información, eliminación de desperdicios y una mayor satisfacción del cliente.

4. PROBLEMA

4.1. DESCRIPCIÓN

Las grandes empresas que se ubicaban en Bogotá, por el crecimiento que día a día presenta la ciudad han tenido que trasladarse a los municipios aledaños en Cundinamarca, lo que genera beneficios en la economía de los municipios, tales como en la sabana centro conformada por 11 municipios que son Chía, Cajicá, Tabio, Tenjo, Cota, Zipaquirá, Tocancipa, Gachancipá, Cogua, Nemocón y Sopó, sabana occidente y la provincia de Soacha, las empresas van en búsqueda de beneficios como bajo costo de las tierras, exenciones tributarias a cambio de empleos para habitantes de esas poblaciones, creación de zonas francas, lo que hace que las empresas se vean con la necesidad de ubicar CEDI dentro de la ciudad para facilitar la entrega de sus productos en Bogotá.

Las cifras oficiales muestran que las matrículas de empresas han aumentado en los últimos años por ejemplo, en el 2016 se registraron 4.150 compañías y para el 2017 fueron 5.458 nuevas, mientras que según el Índice de Competitividad de las Provincias de Cundinamarca, la Sabana Centro es el territorio con mayor puntaje del departamento (con 8,16 puntos sobre 10). Aunque en 6 de los 11 municipios la tasa de desempleo presentó un aumento, si se compara con la tasa reportada en el 2014, indicador que se presenta en municipios como Tocancipa y Gachancipá, en los cuales se ha tenido un auge industrial con compañías que se han asentado o desplazado de la capital a estos territorios. Pero suben las tasas de desempleo en Chía, Zipaquirá y Cajicá, que juntos concentran cerca del 60 por ciento de la población de toda la provincia. (Cruz R, 2018).

En el boletín técnico del DANE, sobre el mercado laboral por departamentos en el año 2017, Cundinamarca se ubica en el puesto 16, registró una tasa global de participación de 70,5%, una tasa de ocupación de 64,9% y una tasa de desempleo de 8,0%. (DANE, 2018)

Las empresas dentro de la distribución de sus áreas, el proceso de transporte lo manejan con flota propia, lo que puede llegar a generar problemas debido a que la capacidad de la flota disponible en ocasiones es corta para cubrir con la totalidad de clientes y sus requerimientos pero también se presenta que manejan outsourcing para la distribución, es decir tienen subcontratado el servicio según sus necesidades, este trabajo se enfoca solo al proceso de entrega de pedidos tienda a tienda realizado en la ciudad de Bogotá.

En algunas empresas el proceso se inicia mediante la actividad realizada por el vendedor de tienda a tienda el día anterior a la entrega, dentro de su jornada laboral y hasta que cierre sistema, en las visitas a los clientes, lo que queda cargado de los pedidos realizados, se hace un consolidado, se alista en bodega y es puesto en un muelle para entregar al transportador encargado de dicha ruta. El transportador recibe su cargue, el rutero del día, se dirige a organizar mercancía y su ruta según la tenga establecida la debe realizar, posteriormente alista los pedidos a entregar, apreciación que se tuvo en la visita a un CEDI por parte de la autora del trabajo.

Otra forma de trabajo que se puede presentar es la entrega de un consolidado de mercancía dado a diario al transportador para ser repartido en las tiendas que tenga asignadas en la ruta delimitada a seguir ese día, la mercancía sale según el pedido que el cliente realice al momento que el transportador lo visite y al final del día se hace la devolución de producto que no fue requerido por la clientela, información dada por transportadores a la autora,

Dentro de los problemas que el transportador puede presentar inicialmente es el retraso en la entrega de su cargue por parte de la compañía, lo que genera que inicie tarde con el desarrollo de

sus actividades, hay rutas que deben recorrer largas distancias desde la bodega hasta donde se inician, adicional se debe contar con la congestión de las vías de la ciudad lo que aumenta tiempo en el proceso de entrega de pedidos y puede producir que no se cumpla con todos los pedidos asignados para el día.

Las rutas en ocasiones deben ser organizadas no por orden de camino a seguir, sino por demanda del cliente, ya que algunos tienen horarios establecidos para recibir mercancías y se debe acomodar la ruta a esos horarios, esto puede ocasionar que se pase varias veces por el mismo sector, lo que genera demoras.

Las causas a los problemas anteriormente descritos son: en primer lugar los tiempos de alistamiento tanto de la empresa como del transportador de los pedidos, lo que retrasa el inicio de ruta para las entregas y algunos clientes manejan horario para recibir, también es la capacidad en la flota de transporte que en ocasiones se puede relacionar con la empresa, pues no exige un tamaño estándar para la flota y cuando salen ciertas promociones que aumentan el volumen de mercancía o productos en alta demanda, la flota es insuficiente en espacio, otro causal es que no hay una programación del enrutamiento única, sino que puede variar según lo peligrosa de la zona lo que indica que primero se entregan zonas consideradas de alta tolerancia o riesgosas, pues no todas las rutas cuentan con escolta, o por clientes con exigencias para entregar, según los tipos de productos que se manejen (ejemplo alta demanda de bebidas que son de gran volumen y peso para el vehículo), el transportador organiza su ruta, también por la movilidad se puede afectar, pues es un factor influyente en que no se cumpla con el tiempo de entrega porque en Bogotá existen muchos problemas de movilidad o alto flujo de tráfico, falta de vías principales y mala infraestructura en cuanto a las calzadas. Todos estos factores pueden ocasionar que una ruta no sea cumplida por parte del transportador.

Los transportadores a la hora de prestar el servicio, debe tener en cuenta cada uno de los factores mencionados anteriormente para poder cumplirle al cliente y generar una satisfacción en ellos, una fidelización y así obtener niveles de devolución nulo.

4.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

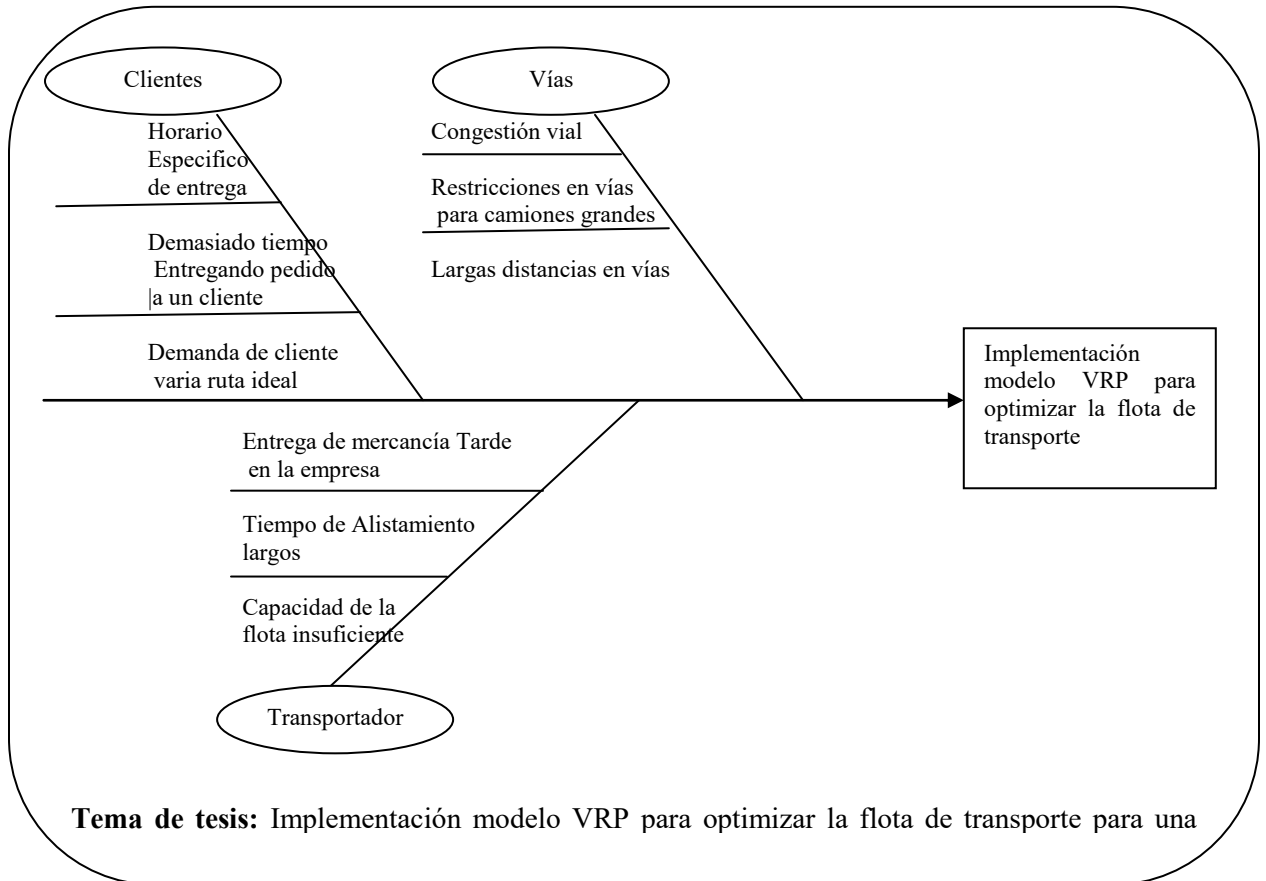
En la actualidad las empresas con CEDI en Bogotá presentan niveles altos de pedidos devueltos, lo que desea ser disminuido para reducir costos y posible pérdida de clientes, para lo cual se plantea el siguiente interrogante:

¿Cómo optimizar la flota de transporte del servicio tienda a tienda en los Centros de Distribución de las empresas en Bogotá, buscando cumplir con la promesa de servicio, cumplimiento de tiempo, producto en buen estado, minimizar los costos y mejorar las operaciones de la empresa?

4.3. ESPINA DE PESCADO DESCRIPTIVA DEL PROBLEMA

Para tener en cuenta a grandes rasgos, de los principales problemas observados para el desarrollo de la propuesta de tesis, se realiza a continuación la figura 7, especificando según tema las problemáticas evidenciadas

Figura 7. Espina de pescado del problema



Fuente: La autora, 2019.

5. OBJETIVOS

5.1. GENERAL

Proponer un modelo de gestión para la flota de transporte del servicio tienda a tienda en los Centros de Distribución de las empresas en Bogotá, buscando el cumplimiento del servicio al mínimo costo.

5.2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar el sistema existente de ruteo de transporte de la empresa con un análisis del actual manejo buscando optimizar sus procesos, recursos y restricciones.
- Diagnosticar el estado actual del servicio que presta la flota de transporte del servicio tienda a tienda de la empresa, revisando ruterios diarios y así ir identificando oportunidades de mejora según el modelo de gestión que manejan.
- Proponer un modelo de gestión para la flota de transportes, teniendo en cuenta las variables más relevantes buscando la mejora y estandarización del proceso ya existente.
- Validar la propuesta que se presenta por medio de indicadores de gestión para ir evaluando la efectividad de los modelos.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

6.1.1. Logística

La definición encontrada en el diccionario para el término logística es la siguiente:

Rama de la ciencia militar relacionada con procurar, mantener y transportar material, personal e instalaciones. (Ballou, 2004)

Para el Consejo de Dirección Logística (CLM, por sus siglas en inglés), la definición es la siguiente: La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes. (CLM)

Incluye cada una de las operaciones necesarias para que se mantenga una unidad productiva, va desde la programación de compras hasta el nivel postventa. (Castellanos Ramirez, 2009)

Es una actividad interdisciplinaria que vincula diferentes áreas de la empresa, pasando por el aprovisionamiento de materias primas, la planificación y gestión de la producción, el almacenamiento, manipuleo y gestión de stock. (Mora, 2010) Esta encargada de planificar, implementar y controlar tanto eficiente como efectivamente el almacenaje y el flujo directo e inverso de los bienes, servicios e información, entre el punto de origen y el de destino. (Sanchez G, 2008)

La logística se ha ligado a las actividades de toma de decisiones de los altos mandos militares, principalmente en Inglaterra en la década de 1940. El Imperial College se constituye en la cuna de la investigación operativa, lo que permitió determinar la ubicación de acorazados¹ que protegieran de un eventual ataque alemán de las naves que surcaban los mares entre Estados Unidos e Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial.

Una vez concluidos los enfrentamientos, la demanda creció en los países industrializados en donde la capacidad de distribución era inferior a la de venta y producción. Lo que ocasionó la proliferación de los productos en los departamentos de mercadeo, que decidieron vender un artículo en cualquier lugar posible, y los canales de distribución comenzaron a ser obsoletos, y la alta gerencia, consiente que la distribución física tenía que ser eficiente y representar rentabilidad en lugar de gastos, empezó a probar modificaciones en los sistemas de distribución y esta comenzó a tener identidad propia dentro de la estructura de la organización. Así se dan los orígenes de la logística en los que el departamento de distribución controlaba el almacenamiento, el transporte y en parte el manejo de pedidos (Castellanos Ramirez, 2009)

A mediados de los sesenta, los empresarios comenzaron a comprender que la reducción de inventarios y cuentas por cobrar aumentaba el flujo de caja y vieron que la rentabilidad podía mejorar si se planeaban correctamente las operaciones de distribución. A finales de esta misma década, aparece el concepto de gestión de materiales, desarrollado a partir de una situación de escasez y discontinuidad de los suministros, pero cuyo fin era el mismo: Proporcionar un determinado nivel de servicio con un costo social mínimo. Este período que va hasta 1979 se conoce como el de la "madurez" de la logística, porque la empresa se concientiza de la importancia

¹Buque de guerra blindado y de grandes dimensiones.

de ella; A partir de 1980, se consolida la logística como consecuencia de la incertidumbre generada por la recesión económica característica de la década. Se hace indispensable una gerencia de todo el proceso de distribución, en la década de los 90, la logística es tal vez el proceso que más está utilizando los adelantos tecnológicos en áreas como la electrónica, la informática y la mecánica, ha simplificado la administración de la cadena de abastecimiento mediante el uso del intercambio electrónico de documentos para transacciones y contabilidad, el código de barras para identificar productos y servicios, sistemas de transporte de materiales para reducir tiempos de entrega y manipulación. De esta forma se reducen los ítems más importantes que conforman los costos operacionales que afectan la rentabilidad final del producto.

La logística se asume con tanta importancia que en las organizaciones se estipula un área específica para su tratamiento; su evolución a través del tiempo ha sido constante, hasta convertirse hoy en una de las principales herramientas para que una organización sea considerada como una empresa del primer mundo.

6.1.1.1. Logística a nivel nacional y en Bogotá

Una de las causas del desarrollo logístico en el país fue impulsado por grandes cadenas comerciales que optaron por usar mejores prácticas en el manejo de sus productos y de sus inventarios. Desde el año 1973 cuando abrió sus puertas el primer supermercado Carulla, se comenzó a hablar de cómo hacer llegar el producto al cliente final, de la mejor forma.

La logística adquirió verdadera relevancia en el país gracias a la apertura económica (1990), ya que se tuvo que reorganizar nuevas estrategias de participación con el fin de lograr competitividad en la etapa de globalización en la que entraba en estos momentos el país, con el fin de pensar en el consumidor y en las estrategias para hacer llegar el producto al cliente.

La logística en Bogotá era solamente tener el producto justo en el sitio justo, en el tiempo oportuno, al menor costo posible. Actualmente estas actividades aparentemente sencillas han sido redefinidas y ahora son todo un proceso. Se asume que el rol del mercadeo es estimular la demanda entonces el rol de la logística será satisfacerla.

6.1.1.2. Actividades de la logística

Dentro de las actividades de la logística en la cadena de suministros, hay 2 clasificaciones, las actividades clave son las que más contribuyen al costo total de la logística o son esenciales para completar tareas, y las actividades de apoyo, estas están separadas porque algunas tienen lugar en todos los canales de la logística, y otras ocurrirán dependiendo las circunstancias.

- a. Actividades clave.
 - Estándares de servicio al cliente en cooperación con marketing.
 - Transporte.
 - Manejo de inventarios.

- b. Actividades de apoyo
 - Almacenamiento
 - Manejo de materiales
 - Compras
 - Embalaje de protección
 - Cooperación entre producción y operaciones

- Mantenimiento de información

Las actividades de la logística son consideradas un área separada de la acción general, pero como se ve a continuación en el cuadro 8, las actividades de marketing son responsables del valor de posesión en el producto, y las actividades de operación se ocupan de la creación del producto servicio. Con estas actividades definidas, se tiene el flujo del producto claro en adquirir, convertir y distribuir.

Cuadro 8. Interfaces de la logística y la cadena de suministros con marketing y producción

		Actividades muestra de la logística:		
Producción/ operaciones Muestra de actividades: •Control de calidad •Programación detallada de la producción •Mantenimiento de equipo •Planeación de la capacidad • Medición del trabajo y estándares	Actividades de interfaz: •Programación del producto •Localización de la planta compras	•Transporte •Inventarios •Procesamiento de pedidos •Manejo de materiales	Actividades de interfaz: •Estándares de servicio al cliente •Fijación de precios •Embalaje •Localización minorista	Actividades muestra del marketing: •Promoción •Investigación de mercados •Mezcla de producto •Dirección de la fuerza de ventas
	Interfaz de la logística de producción		Interfaz de la logística de marketing	

Fuente: Ballou, R. H. (2004). Principios para una buena programación y diseño de rutas. In Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición Capítulo I, pág. 53. México: Pearson Prentice Hall.

6.1.2. Transporte

Es una actividad empresarial y se realiza cumplimiento las normas legales sobre sanidad, seguridad y orden público. El objetivo principal es que la mercancía llegue a su destino según las condiciones del contrato. (Escudero, 2014)

Es el componente vertebral de la distribución en las cadenas logísticas, por esta razón es fundamental conocer las diferentes opciones que se pueden presentar. (Castellanos Ramirez, 2009)

Se ocupa de todas las actividades relacionadas directa o indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino especificados con los clientes, teniendo presente condiciones de seguridad, servicio y costo. (Mora, 2010)

El tema de transportes ha sido base de muchos estudios, trabajos e investigaciones que se han realizado en los últimos años. Se toma como referencia uno que se realizó en DHL Express en Quito y luego se tomó de apoyo la propuesta de varios modelos de transporte para mejorar las capacidades de las flotas de transporte.

Un estudiante de la Universidad San Francisco de Quito planteo una propuesta para el rediseño de rutas de entrega para DHL Express en Quito por medio de modelos matemáticos enfocados en la solución de problemas tipo VRP (Vehicle Routing Problem), los cuales en su forma más básica muestran a un conjunto de clientes que deben ser abastecidos por una flota de vehículos desde un lugar determinado. Primero realizo un análisis de la situación actual de la empresa (sistemas de información, diseño de rutas, proceso de entregas), seguido a esto, desarrolló un software que

diseñaba las rutas con base al tiempo que existía entre las visitas y teniendo en cuenta otros criterios importantes como el tráfico, a su vez hizo un procedimiento para adecuar la metodología a la empresa y sus empleados y finalmente muestra los beneficios que se obtuvieron con la implementación de la propuesta.

En su momento (2009) el gerente de operaciones expuso que el manejo de las rutas en DHL Express era “un factor crítico y sensible en las operaciones de la Empresa” (Florez, 2009) y el método que se usaba para hacer el diseño de las rutas se denominaba “Routing Productivity Management (RPM), el cual consistía en modificar las rutas de acuerdo a comparaciones realizadas del desempeño de una ruta individual y estándares internacionales, esta se hacía cada 2 años y su duración era de una semana aproximadamente por ciudad. Contaban con un sistema SIS, que es el sistema de control de pedidos y trazabilidad de órdenes donde el apoyo principal son escáneres que estaban unidos al sistema y a su vez a una página web con lo que el cliente podía identificar el estado de sus órdenes (arribo a la estación, en ruta, entregado); adicionalmente cuentan con un software llamado MapInfo ® en el que se gestionan las recolecciones y entregas donde con anterioridad se ha ubicado exactamente a los clientes más frecuentes. Por medio de indicadores, especialmente el Overtime muestra el porcentaje de entregas realizadas pasadas las 12 pm, los directivos y empleados de la empresa miden el desempeño de las rutas y en ese instante se encontraba en 28%, por lo que la sede regional de DHL Express deseaba reducir el indicador.

Propuso varios modelos aplicables como: algoritmo de ahorros, heurísticas de barrido, k-means y Dijkstra, de los cuales trabajo con los dos últimos y finalmente elaboro un nuevo algoritmo basado en las restricciones presentadas por el algoritmo K-means que eran: la representación de la realidad y la dificultad en la programación. Algunos de sus resultados fueron la disminución de la cantidad de rutas (en 12 rutas) con lo que se alcanzaría un ahorro significativo en los costos de operación, además de una gran sistematización de las actividades de la organización.

Otro de los trabajos realizados que tienen la flota de transporte es “Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento meta heurístico de dos fases”, donde se muestra un procedimiento alternativo para resolver el problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad y flota homogénea (CVRP), se compone de dos fases: la primera se basa en procedimientos heurísticos y metaheurísticos de donde se origina una solución que se mejora luego y la segunda fase pertenece a la planificación de la flota, teniendo siempre presente minimizar el costo fijo causado por la utilización de la capacidad instalada. Los resultados de este estudio mostraron una reducción en los tiempos y una mejoría en la determinación del número óptimo de camiones para asignar a los clientes, lo que generó una disminución en los costos fijos de la capacidad instalada de hasta un 50% menos que el costo actual. (Duarte & Leidy, 2016)

Otro trabajo relacionado, llamado “el estado del arte en la modelación de problemas de tránsito”, habla sobre el modelo de la lógica difusa, sistemas que fueron introducidos por Zadeh como medio para representar datos que no eran exactos, que tiene su aplicación específica en referencia de la lógica difusa en el tráfico, relaciona que las decisiones son tomadas subjetivamente según la experiencia del conductor, donde la decisión se basa en el tiempo de recorrido, posible duración de la congestión, distancia a recorrer, velocidad a la que va a andar. También se ha utilizado la técnica de la lógica difusa en la programación de rutas, donde se habla para mejorar los procesos de despacho de vehículos de transporte, a partir del cumplimiento de horario del vehículo despachado, el tiempo de recorrido y las necesidades del cliente, duración de paradas, logrando optimizar los despachos basados en la demanda real, sobretodo en áreas urbanas donde el tiempo de recorrido es bastante variable, pues tradicionalmente menciona que, el campo de la investigación de la

ingeniería del tráfico ha sufrido de carencia de las herramientas analíticas convenientes para el proceso de toma de decisión. (Gomez R., 2005)

Desde hace muchos años se ha venido presentando problemas en tema de transporte, muchos inconvenientes persisten debido a que estos se basan en respuestas a corto plazo y adicional que con el pasar del tiempo se agregan causas como la congestión, la contaminación, los accidentes, entre otros. La modelización debe ser considerada como una herramienta que ayuda para la toma de decisiones en cuanto a transporte se refiere, aunque haya habido cambios y avances en la modelización, muchos ejercicios de ellos no pasan de los alcances académicos.

6.1.2.1. Flota de Transporte

Conjunto de vehículos destinados a transportar mercancías o personas y que dependen económicamente de la misma empresa. (Iglesias L, 2013). Para Julio Anaya la flota puede ser en régimen de propiedad, leasing o cualquier otro sistema de posesión, además propone que la flota idónea es aquella cuya composición en vehículos requeridos y capacidades disponibles permite dar el máximo nivel de servicio a los clientes con el mínimo costo de posesión. (Anaya T, 2000). Según el diccionario de Oxford es un conjunto de barcos u otro tipo de vehículos de transporte. (Press, 2015)

- Flota Ajena

Implica utilizar los servicios de transporte contratados, se puede por medio de empresas de transporte o contratando autónomamente un vehículo propio. (Anaya T, 2000). Le otorga a la compañía la posibilidad de convertir sus costos fijos en costos variables. (Iglesias L, 2013)

- Flota Propia

Es aquella situación en la cual la empresa realiza una gestión directa y completa sobre los vehículos que están utilizando. (Anaya T, 2000). Le otorga a la empresa una mayor flexibilidad que la que pueda conseguir con cualquier otra estrategia de transporte. (Iglesias L, 2013)

Se pueden tomar todas las decisiones acerca de la gestión, dimensión y renovación de la flota, por ejemplo, si se compra un vehículo o no, si se usa renting o leasing, definir una política de amortización, etc. (Bibling)

6.1.2.2. Gestión del Transporte

Tiene la tarea de elección del medio de transporte a utilizar y la programación de los movimientos a emplear. Las decisiones que se tomen deben tener en cuenta los costos, la rapidez, la entrega, la eficiencia, la seguridad, la precisión, el modo y el servicio al cliente. (Salazar, 2012)

Hacen posible la administración del tiempo de los vehículos, además dan a los transportistas las herramientas efectivas para la planificación y operación de la flota. (Silva, 2006)

Metodología compuesta por habilidades claves que aseguran la integración de procesos, indicadores y herramientas tecnológicas que llevan la estrategia de transporte de la empresa. (Martínez & Fong, 2015)

6.1.2.3. Sistema de Gestión de Transporte

Es un sistema de planificación de recursos de la empresa (ERP) específico del sector que se utiliza. Permite al transportista convertir pedidos en expedientes, organizar la planificación y enviar automáticamente a los camiones factores como la carga disponible. (Transics Company, s.f.)

Es un sistema que ofrece funciones de transporte de adquisición, planificación, ejecución y liquidación completas. Los usuarios pueden conectarse con otros clientes y transportistas y de esta manera crean su propia red de transporte para una gestión mejorada de fletes y oportunidades colaborativas. (Logistics, 2015)

Es una solución para la gestión del proceso de transporte, la cual posibilita al usuario visualizar, racionalizar, simplificar y controlar toda la operación y el costo del transporte. (Mora, 2010)

6.1.2.4. Topes básicos de la gestión del transporte

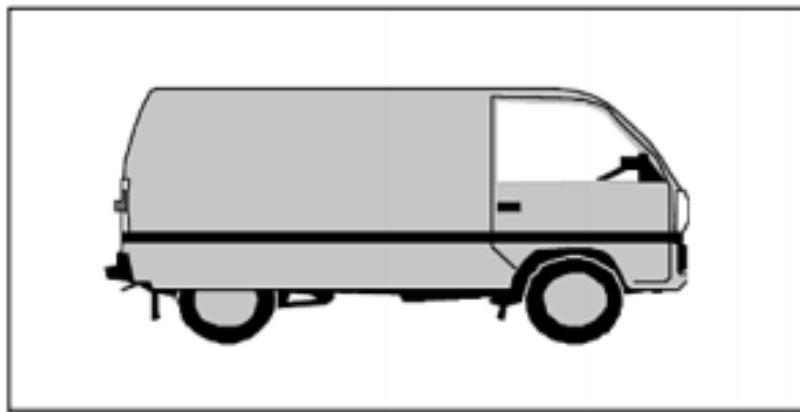
- Flexibilidad: Facilidad de adaptación a la demanda (Sánchez & Torres M, 2001)
- Mínimo costo posible: Reducción de los costos de transporte a su nivel máximo
- Calidad de servicio: La calidad del servicio está en función de las exigencias del mercado y tiene en cuenta aspectos tales como:

- Rapidez y puntualidad de entrega
- Fiabilidad en las fechas prometidas
- Seguridad e higiene en el transporte
- Cumplimiento de las condiciones impuestas por el cliente
- Información y control del transporte (Anaya Tejero, 2007)

6.1.2.5. Tipos de vehículos

- Flota ligera: Son vehículos derivados de turismos normales, que funcionan con gas-oíl o gasolina y están destinados fundamentalmente al pequeño reparto en plaza debido a su accesibilidad viaria, o transportes puntuales de carácter urgente, siempre y cuando sean mercancías de poco volumen y peso. (Max 7,5 TM) (Ver figura 9) (Anaya T, 2000)

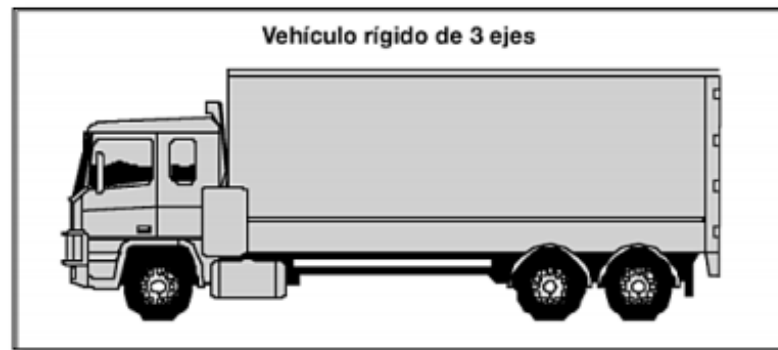
Figura 9. Ejemplo flota ligera



Fuente: Anaya Tejero, Julio Juan. "Tipos de Vehículos", El Transporte de Mercancías: Enfoque Logístico de Distribución. Esic Editorial. (2000). Pág. 80.

- Flota pesada: Transporte primario o de aproximación, generalmente cubre largas distancias y requiere una carga considerable de mercancías para depositar un punto concreto (Ver figura 10).

Figura 10 Ejemplo flota pesada.



Fuente: Anaya Tejero, Julio Juan. "Tipos de vehículos", El transporte de mercancías: Enfoque logístico de distribución. Esic Editorial. (2000). Pág. 81.

Se clasifica en:

- Vehículos rígidos
- Vehículos articulados
- Vehículos rígidos con remolques
- Vehículo para transportes especiales (Anaya T, 2000)

6.1.2.6. Costo de la flota de vehículos (Anaya Tejero, 2007)

- Costos fijos
- Salario de conductores: Concerniente al sueldo y a las prestaciones de ley
- Tributos: Fletes e impuestos de vehículo
- Seguros: de vida y del vehículo
- Intereses de la inversión
- Amortización: Mensual y anual de la flota
- Mantenimiento: Correctivo, preventivo y predictivo
- Cuota de gastos generales
- Costos variables
- Combustible y lubricantes
- Neumáticos
- Mantenimiento (Reparaciones): Correctivo, preventivo y predictivo.
- Peajes

6.1.3. Ruteo

Los diferentes problemas que se encuentran en el ruteo se clasifican en:

- VRP - Vehicle Routing Problem: Problema de ruteo de vehículos
Los problemas de rutas de vehículos (Vehicle Routing Problem - VRP) tratan determinar el conjunto de rutas de una flota de vehículos para dar servicio a un conjunto de clientes. Este tipo de problemas es de los más importantes, y de los más estudiados dentro de los problemas de

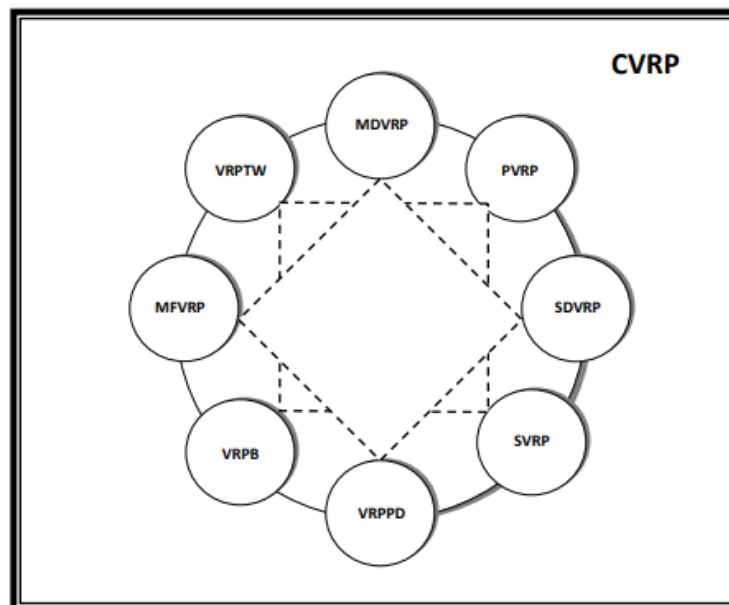
optimización combinatoria. Dantzig y Ramser fueron los primeros en introducir este tipo de problemas en 1959, cuando describieron una aplicación real concerniente a la distribución de gasolina para estaciones de servicio. Además se propuso una formulación matemática del problema, y una aproximación algorítmica. Unos años después, Clarke y Wright aportaron una propuesta de algoritmo voraz (greedy algorithm) que mejoraba la aproximación algorítmica de Dantzig y Ramser. A partir de estos dos trabajos iniciales, ha surgido toda una fértil línea de investigación y desarrollo que ha crecido mucho en los últimos años. En la actualidad hay incluso soluciones informáticas en el mercado para este tipo de problemas. (grafos_soft, 2017)

Tipos de VRP

La actual diversidad de aplicaciones donde asuntos de ruteo pueden ser encontrados, conllevan a una definición de diferentes variantes del VRP con características adicionales y restricciones, llamados atributos. Estos atributos buscan capturar un mayor número de detalles o tomas de decisiones, conllevando a una mayor riqueza del problema. Cómo son: estructura del sistema (depósitos, flotas de vehículos), requerimientos de los clientes (ventanas de tiempo, visitas multidepósito), reglas de operación de vehículos (lugar de carga, restricciones en rutas, distancia o tiempo total), y contextos de decisiones (congestiones vehiculares y planeación sobre horizontes de tiempo extendidos)

Los diferentes atributos y restricciones del problema generan una familia de la que vale la pena mencionar ocho casos típicos, los cuales al compartir características pueden dar lugar a todo un universo de problemas VRP. Los principales problemas de ruteo de vehículos se ilustran en la siguiente figura (11) y pueden ser descritos así (Orrego, 2013)

Figura 11. Variantes del VRP



Fuente: Orrego Cardozo, Juan Pablo "solución al problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada "cvrp" a través de la heurística de barrido y la implementación del algoritmo genético de Chu-Beasley, (2013) pág. 12 Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4000/5196075.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VRPTW: (VRP con ventanas de tiempo), Es aquel en el que se incluye una restricción adicional en la que se asocia a cada cliente una ventana de tiempo, es decir, cada cliente sólo está dispuesto a recibir el bien o servicio durante un intervalo de tiempo predeterminado, en este problema se relaciona a cada cliente una restricción de intervalo de tiempo. Las ventanas de tiempo son periodos fijos en donde se puede realizar la entrega a los clientes.

- MDVRP (VRP con múltiples depósitos): este problema consta de varios depósitos con una flota de vehículos por cada depósito, los cuales deben atender la demanda de todos los clientes. Este modelo fue resuelto mediante técnicas de clusterizar primero – rutear después.
- MDVRPPC - , Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier: Problema de ruteo atendido con flota propia y subcontratada y con múltiples depósitos, para Chu, consideran una variante multi-centro de distribución del VRPPC, donde se realizan entregas y recepciones simultáneamente a los clientes, pero no presentan de forma específica cuales se atienden por la flota subcontratada, para Stenger : problema de ruteo multi-centro de distribución con flota propia y subcontratada. (Toro, Franco, & Gallego, 2016)
- PVRP (VRP periódico): tiene en cuenta un periodo de tiempo durante el cual los clientes deben ser atendidos, este modelo fue resuelto mediante relajación lagrangiana.
- SDVRP (VRP de entrega fraccionada): en este problema se permite que el mismo cliente pueda ser atendido por diferentes vehículos si el costo total de entrega se reduce. Se aplica principalmente cuando la demanda de algunos clientes es mayor que la capacidad de los vehículos de entrega. Este modelo fue mediante programación dinámica.
- SVRP (VRP estocástico): es un VRP en donde una o varias variables son aleatorias y cambian en el tiempo. El SVRP fue resuelto a partir de metaheurísticas como búsqueda Tabú, recocido simulado, colonias de hormigas y algoritmos evolutivos.
- VRPPD (VRP Pickup and Delivery): También llamado VRP con entrega y recogida, es aquel en el que cabe la posibilidad de que los clientes pueden devolver determinados bienes, por tanto, se debe tener presente que estos quepan en el vehículo. Esta restricción hace más difícil el problema de planificación y puede causar una mala utilización de las capacidades de los vehículos, un aumento de las distancias recorridas o a un mayor número de vehículos.
- VRPB (VRP con retornos), es aquel en el que los clientes pueden retornar algunas mercancías, por lo tanto, se hace necesario determinar que los bienes devueltos al vehículo puedan caber en él. El VRPB fue resuelto mediante la utilización de algoritmos genéticos.
- MFVRP (Mixed Fleet VRP): Es un VRP en el que se suponen vehículos con distintas capacidades o capacidad heterogénea, por lo que es necesario considerar estas capacidades en la ruta que seguirá cada recurso, ya que un camión más grande podrá realizar una ruta más larga o que tenga mayor concentración de demanda.
- CVRP - Capacitated Vehicle Routing Problem: Problema de ruteo de vehículos con capacidad finita la característica principal de este problema es que los vehículos asignados a la distribución de los bienes tienen una capacidad limitada y determinática. Este problema ha sido resuelto a partir de diversas metaheurísticas como búsqueda Tabú, algoritmos de colonias de hormigas y algoritmos genéticos. (Olivera, 2004)

El problema CVRP es de complejidad NP-completo. Esto es así, porque el número de posibles soluciones crece exponencialmente con el número de nodos del grafo (clientes o puntos de paso), y rápidamente sobrepasa las capacidades de cálculo de los ordenadores más potentes. Los problemas de unos 50 clientes pueden ser resueltos mediante métodos y formulaciones exactas, sin embargo, los problemas de mayor complejidad sólo pueden ser resueltos de manera óptima en algunos casos particulares, dada su gran complejidad numérica. Su aplicación es visible y de gran importancia para la resolución de problemas reales en la Dirección de Operaciones y Logística. Por ejemplo: problemas de preparación de pedidos en un almacén (picking), de rutas de vehículos, planificación de transporte urbano, planificación de recogida de residuos o de aprovisionamiento, problemas de reparto o distribución, sistemas de navegación GPS,

- planificación de movimientos de robots, vehículos autoguiados (AGV), etc. (grafos _soft, 2017)
- SBRP - School Bus Routing Problem: problema del ruteo de autobuses escolares, problema basado en permutaciones, donde se debe encontrar una eficiente secuencia de rutas para la flota de autobuses escolares que recogen estudiantes en diversas paradas y los dejan en su escuela satisfaciendo varias restricciones tales como capacidad máxima del autobús, tiempo máximo para recoger a los estudiantes, y el tiempo límite para llegar a la escuela.
 - SBRPBSS - School Bus Routing Problem with Bus Stop Selection: problema del ruteo de autobuses escolares con selección de paradas, se tiene cuando hay un conjunto de paradas potenciales de autobús, de tal manera que cada estudiante vive a r metros de al menos alguna de ellas. Así, determinar el conjunto de paradas de autobús que realmente se deben visitar, establecer para cada estudiante a qué parada deberá dirigirse a esperar un autobús, y diseñar rutas con las paradas de autobuses elegidas, tal que la distancia total de viaje es minimizada. (Infante Rivera & Litvinchev, 2013)
 - MOP - Multicriteria Optimization Problem: problema de optimización multicriterio, donde la solución es un conjunto de soluciones no dominadas (Perez Rodriguez & Hernandez Aguirre, 2017)
 - CLRP: problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad consiste en la selección de depósitos y rutas para atender un conjunto de clientes para obtener el mínimo costo.
 - CLRPPC: problema de localización y ruteo con flota propia y flota subcontratada, cuando la flota propia no es suficiente o parte de la flota debe atender actividades de mantenimiento y reparación. El objetivo es minimizar los costos de apertura de los centros de distribución CEDI, el costo de uso de los vehículos propios y los costos variables asociados a la utilización de las rutas recorridas por la flota propia o subcontratada, restricciones clásicas para evitar los sub-tours.

Al tener en cuenta que las rutas servidas por la flota propia comienzan y terminan en un CEDI que se abre, y las rutas atendidas por la flota subcontratada comienzan en un CEDI de la empresa y terminan el recorrido con el último cliente se tiene que CLRPPC considera la soluciones de varios sub-problemas de forma simultánea:

- a. El problema de localización de centros de distribución, Facility Location Problem (FLP).
 - b. Asignación de clientes a los depósitos.
 - c. El problema de ruteo capacitado (CVRP)
 - d. Problema como de camión propio y camión subcontratado (truckload and a less-than truck load carrier)
- VRPPC: Problema de ruteo atendido con flota propia y subcontratada se considera múltiples vehículos. Un conjunto de clientes con demanda conocida se puede atender por la flota propia, donde se incurre en costos de utilización y los clientes restantes se atienden por una flota subcontratada.
Para Liu y Zhibin dicen VRPPC es close-open Vehicle Routing Problem (COMVRP), considerado en la solución del problema rutas abiertas y rutas cerradas. El objetivo del problema es minimizar los costos fijos y variables de los dos tipos de rutas.
 - CLRPPC - Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier: problema de ruteo de vehículos con flota privada y operador común, para atender todos los clientes de tal manera que se determinen aspectos simultáneamente de que centro de distribución abrir, como asignar los clientes, identificar clientes para ser atendidos por vehículos propios y subcontratados, determinando la secuencia de visita de las rutas, a un costo mínimo.
 - OVRP - Open Vehicle Routing Problem: Cuando se atiende completamente la demanda de los clientes con una flota subcontratada aparece el problema de ruteo abierto,

Para Kratica et al. (2012), denominan el problema como de selección de ruteo y tercerización (Routing and carrier Selection Problem). Aquí el objetivo es minimizar todos los costos, los cuales

constan de tres partes: Costos fijos debido al uso de los vehículos de la flota propia, costos variables de cada vehículo y costo de los trayectos realizados por la flota subcontratada.

6.1.3.1. VRP (Vehicle Routing Problem)

El origen del VRP (Vehicle Routing Problem) viene desde el año de 1959 y es introducido por Dantzing y Ramser (Olivera, 2004), que representaron una aplicación real relacionada con la entrega de gasolina a las estaciones de servicio y propusieron la formulación matemática a este problema, el cual surge como una generalización del problema clásico el agente viajero (TSP) en el que un vendedor que tiene que recorrer una serie de clientes una sola vez, para luego volver al lugar de partida.

En 1964 Clarke and Wright propusieron el algoritmo de los Ahorros, el cual fue el primer procedimiento utilizado para resolver el VRP. Es así como se da comienzo a las investigaciones y trabajos en el área de ruteo de vehículos. Algunas de estas investigaciones buscaron la solución óptima del problema y otras, encontraron aproximaciones válidas a la solución del VRP.

Se considera al VRP como un problema que empieza en un almacén o bodega central, la cual cuenta con una flota de vehículos que debe atender a un conjunto de clientes dispersos en una zona geográfica. El objetivo del VRP es entregar bienes a este conjunto de clientes con demandas conocidas, al mínimo costo, encontrando las rutas óptimas que se originan y terminan en el almacén. Todos los clientes deben ser atendidos una sola vez, para lo cual se los asigna a los vehículos que llevarán la carga (demanda de los clientes que visitará) sin exceder su capacidad máxima de transporte. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema. (Barán, 2001). En los problemas reales de VRP aparecen muchas restricciones, entre las que cabe citar (Toth, 2002)

- Cada vehículo tiene una capacidad limitada.
- Cada cliente tiene que ser visitado dentro de una determinada franja horaria (problema VRP con ventanas de tiempo)
- Varios puntos de suministro (problema VRP con múltiples depósitos)
- Los clientes pueden ser atendidos por varios vehículos (problema VRP con suministro dividido)
- Algunas variables del problema son aleatorias, tales como el número de clientes, sus demandas, etc. (problema VRP estocástico)
- Las entregas se deben realizar en determinados días (problema VRP periódico)

Diversas variantes del Problema de Ruteo de Vehículos han sido propuestas por diferentes autores con la finalidad de ajustarse a situaciones reales de transporte, estos problemas se diferencian por la adición de variables y restricciones. (Hernandez O, 2016)

El problema de la asignación de rutas (VRP) es el nombre dado a todas las clases de problemas en donde un conjunto de rutas para una serie de vehículos tiene como origen uno o varios depósitos que se encuentran ubicados geográficamente, y deben atender un número de clientes o ciudades. El objetivo del VRP es minimizar el costo de las rutas, que inician y terminan en un depósito, para un conjunto de clientes con demandas conocidas. El VRP es un problema combinatorio cuyo campo de juego son las fronteras de un grafo $G(V, E)$. La notación utilizada para este problema es la siguiente:

- Sea $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ un conjunto de vértices en donde:
 - Se considera un depósito ubicado en v_0 .

- Sea $V' = V \setminus \{v_0\}$ como el conjunto de ciudades.

- $A = \{(v_i, v_j) / v_i, v_j \in V; i \neq j\}$ como un conjunto de arcos
- C es una matriz no negativa de costos o distancias C_{ij} entre los clientes v_i y v_j .
- D es un vector de las demandas de los clientes.
- R_i es la ruta para los i vehículos.
- m es el número de vehículos (Todos idénticos). Una ruta es asignada a cada vehículo.

Cuando $C_{ij} = C_{ji}$ para todos los (v_i, v_j) se dice que el problema es simétrico y es común reemplazar los arcos A con un conjunto de frontera $E = \{(v_i, v_j) / v_i, v_j \in V; i < j\}$. Con cada vértice en V' es asociado una cantidad q_i de algunos artículos que serán entregados por el vehículo. Adicionalmente el VRP consiste en determinar un conjunto de m rutas vehiculares con un mínimo costo, que empiezan y terminan en un depósito tal, que cada vértice en V' es visitado una vez por uno solo vehículo.

Para un fácil cómputo, puede ser definido $b(V) = [(\sum_{i \in V} d_i)] / C$ como un límite inferior obvio en un número de camiones necesarios para servir los clientes en el conjunto V .

También se considera un tiempo de servicio δ_i (Tiempo necesario para descargar todos los artículos), requerido por un vehículo para descargar la cantidad q_i en v_i . Se requiere que la duración total de la ruta de cualquier vehículo (tiempos de servicio adicionales) no sobrepase el límite dado D , así que, en este contexto el costo C_{ij} se toma como el tiempo de transporte entre ciudades. Una solución factible está compuesta por:

- Una partición R_1, \dots, R_m de V ;
 - Una permutación σ_i de $R_i \cup 0$ Especificando el orden de los clientes en la ruta i .
- El costo de una ruta dada ($R_i = \{v_0, v_1, \dots, v_{m+1}\}$), donde $v_i \in V$ y $v_0 = v_{m+1} = 0$ (0 denota al depósito), es dada por:

$$C(R_i) = \sum_{i=0}^m C_{i,i+1} + \sum_{i=1}^m \sigma_i$$

Una ruta R_i es factible si las paradas del vehículo son exactamente una en cada cliente y la duración total de la ruta no exceda el límite especificado D : $C(R_i) \leq D$.

Finalmente, El costo de la solución del problema S es:

$$F_{VRP}(S) = \sum_{i=1}^m C(R_i)$$

6.1.3.2. Tipos de problemas VRP

Los 7 tipos de problemas VRP disponibles, se encuentran descritos en la Tabla 12,

Tabla 12. Tipos de problemas de asignación de rutas de vehículos

Tipo de VRP	Objetivo	Formulación
Capacitado	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte, y la demanda total de artículos para una flota mixta de vehículos de entrega con una capacidad uniforme que debe atender una demanda de clientes conocida para un solo artículo, con un mismo depósito y un costo de transporte mínimo.	$Q =$ Capacidad del vehículo Demanda total de la ruta = $Q : \sum_i d_i \leq Q$
Multidépósito	Minimizar la flota de vehículos, la suma total del tiempo de transporte, y la demanda total de artículos que deben ser entregados desde varios depósitos.	Se denotan el conjunto de depósitos como: $V_0 = \{v_0, v_1, \dots, v_m\}$ Una ruta i es definida por $R_i = \{d, v_1, \dots, v_m, d\}$, con $d \in V_0$.
Periódico	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte necesario para suplir todos los clientes. La planeación se hace para determinado periodo.	Cada cliente en el PVRP debe ser visitado k veces, donde $1 \leq k \leq M$. En el modelo clásico del PVRP, La demanda Diaria de un cliente siempre es fija.
Estocástico	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte necesario para atender a todos los clientes en cada recorrido, se consideran aleatorios sus demandas, tiempo de servicio y/o transporte.	Clientes estocásticos: cada cliente v_i está presente con una probabilidad p_i y está ausente con $1-p_i$. Demandas estocásticas: La demanda d_i de cada cliente es aleatoriamente variable. Tiempos estocásticos: Los tiempos de servicio s_i y los tiempos de transporte t_{ij} son aleatoriamente variables.
Backhauls (Retornos fuera de ruta)	El objetivo es encontrar un conjunto de rutas que minimice la distancia total transportada, los clientes pueden demandar o regresar algunos artículos. Así que se debe tener en cuenta que el vehículo no sobrepase su capacidad.	El costo de cada ruta es como en el caso de VRP, con restricciones adicionales. Una ruta es factible si solamente es de entrega, recogida y/o carga.
Entrega y Reparto	Minimizar la flota de vehículos y la suma total del tiempo de transporte, con la restricción de que cada vehículo debe tener la capacidad suficiente para transportar artículos que vayan a ser repartidos y unos de los recogidos en los clientes para regresarlos al depósito.	Dada una ruta $R_i = \{v_0, v_1, \dots, v_m, v_0\}$ y el vehículo asignado con una capacidad C donde: $C_p(v_k) \leq C$ y $C_d(v_k) \leq C$; $C_d(v_k)$ es la cantidad total de artículos entregados a todos los clientes del camino de una ruta que empieza en v_0 (depósito) y que terminan en v_k : $C_d(v_k) = \sum_{i \in P(1, v_k)} d_i$. $P(1, v_k)$ denota los clientes junto al camino desde el depósito hasta v_k . Incluyendo a este cliente.
Ventanas de tiempo	Minimizar la flota de vehículos, la suma total del tiempo de transporte y el tiempo de espera necesario para atender los clientes en una hora determinada.	Una ruta será factible si $e_{0i} \leq b_{0i} \leq l_{0i}, 1 \leq i \leq m$ y $b_{0m} \leq 0_m \leq c_{0m}, 0 \leq l_{0m}$ El costo de la ruta esta dado por $C = \sum_{i=1}^m c_{i,i} + \sum_{i=1}^m w_i$ VRPTW $\sum_{i=1}^m c_{i,i} + \sum_{i=1}^m w_i$

Fuente: Elver Bermeo, Ronald Ballou, "El hombre y la máquina", primera Edición (2009), pág. 56.

6.1.3.3. Metodologías de solución para sistemas vrp

Para solucionar los diferentes tipos de VRP ilustrados en la Tabla 12, se utilizan las siguientes técnicas:

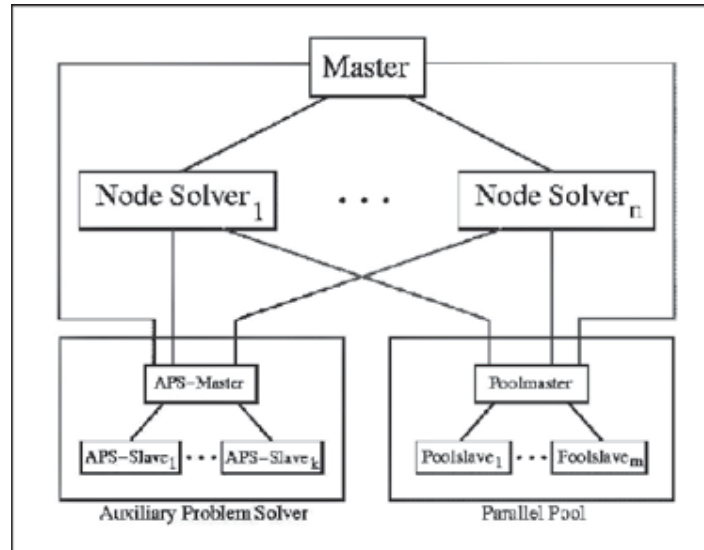
6.1.3.3.1. Métodos de aproximación exacta

6.1.3.3.1.1. Ramificación y acotamiento (Branch and Bound)

El algoritmo de ramificación y acotamiento (branch and bound) pertenece a una variedad de estrategias de partición para resolver modelos de optimización global. Este algoritmo se encarga de mantener un límite inferior y superior (global) del valor óptimo de la función objetivo. Sin embargo, puede ser lento y el esfuerzo crece exponencialmente con el tamaño del problema. El

problema se divide en dos procesos: En el proceso de ramificación tendremos en las ramas finales del árbol, todas las soluciones factibles enteras del problema original. Sin embargo, un nodo del árbol puede no requerir más ramificaciones, en cuyo caso se dice que se acota (poda) esa rama. Esto ocurre porque el problema en el nodo es infactible por lo que todos los subproblemas generados a partir de él serán infactibles también (Ver Figura 13).

Figura 13. Método utilizado por el algoritmo de ramificación y corte



Fuente: Jünger M. and Störmer P. Solving large-scale traveling salesman problems with parallel Branch-and-Cut. [en línea] Universität Passau. Frankfurt: Alemania

6.1.3.3.1.2. Ramificación y corte (Branch and cut)

El algoritmo de ramificación y corte es una generalización del algoritmo de ramificación y acotamiento (branch and bound); emplea una combinación de planos de corte y enumeración implícita para resolver problemas. La idea básica es encontrar las restricciones vulneradas (Ver Figura 12).

6.1.3.3.2. Métodos heurísticos

Realizan una exploración limitada en el espacio de soluciones. Producen soluciones razonablemente buenas con tiempos de computación modestos. A su vez se clasifican en:

Construcción: Crea de forma gradual una solución factible a la vez que trata de minimizar el costo, pero de por sí no tiene una fase de mejora.

6.1.3.3.3. Métodos meta heurísticos

Son métodos que realizan una exploración intensiva del espacio de soluciones. La calidad de las soluciones de estos métodos es mucho mayor que la obtenida por los heurísticos clásicos. A continuación, se describirán algunos de estos:

6.1.3.3.3.1. Ant colony (Colonia de hormigas):

Esta meta heurística utiliza una sola colonia de hormigas para minimizar simultáneamente las tres funciones objetivo: el número de vehículos utilizados, la distancia total recorrida y el tiempo total

de entrega. Todas las funciones comparten los mismos rastros de feromonas. De esta manera, el conocimiento de buenas soluciones es igualmente importante para cada función objetivo.

6.1.3.3.2. Búsqueda tabú (Tabú search):

Es un procedimiento o estrategia dado a conocer en los trabajos de Glover (1998 y 1990), y está teniendo grandes éxitos y mucha aceptación en los últimos años. Es un procedimiento que explora el espacio de soluciones más allá del óptimo local. Se permiten cambios hacia arriba o que empeoran la solución, una vez que se llega a un óptimo local. Simultáneamente los últimos movimientos se califican como tabús durante las siguientes iteraciones para evitar que se vuelva a soluciones anteriores y el algoritmo cicle. El término tabú hace referencia a un tipo de inhibición a algo, debido a connotaciones culturales o históricas y que puede ser superado en determinadas condiciones.

6.1.3.3.3. Algoritmos genéticos:

Los algoritmos genéticos son métodos sistemáticos para la resolución de problemas de búsqueda y optimización que aplican a estos los mismos métodos de la evolución biológica: selección basada en la población, reproducción sexual y mutación. En un algoritmo genético, tras parametrizar el problema en una serie de variables, (x_1, \dots, x_n) se codifican en un cromosoma. Las soluciones codificadas en un cromosoma compiten para ver cuál constituye la mejor solución (aunque no necesariamente la mejor de todas las soluciones posibles). (Bermeo, 2009)

6.1.3.4. Métodos de programación y diseño de rutas

Los métodos de programación y diseño de rutas dependen de consideraciones prácticas como: El momento oportuno, múltiples camiones con diferentes capacidades de peso y volumen, tiempo máximo de conducción por ruta, distintas velocidades en diferentes zonas, barreras para viajar y tiempos del descanso para el conductor. (Ballou, 2004)

6.1.3.4.1. Método de Barrido

Este método tiene dos etapas, las paradas se asignan a los vehículos y luego se determina la secuencia de las paradas dentro de las rutas. El método “de barrido” tiene la posibilidad de dar muy buenas soluciones cuando:

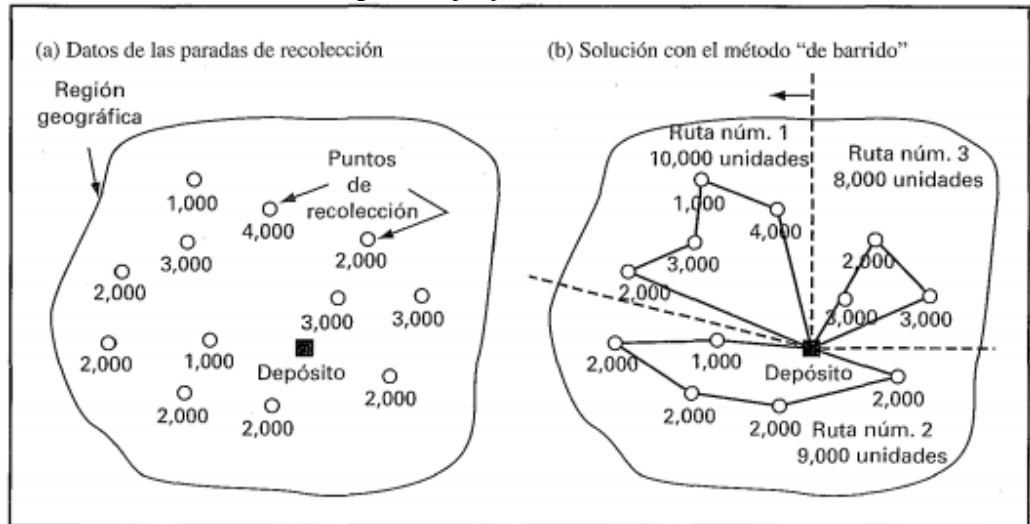
- Cada volumen de parada es una pequeña fracción de la capacidad del vehículo
- Todos los vehículos tienen el mismo tamaño
- No hay restricciones de tiempo en las rutas

Este método contempla los siguientes pasos:

- a. Localizar las paradas, incluyendo el almacén sobre un mapa
- b. Trazar una línea recta desde el almacén en cualquier dirección.
- c. Girar la línea en sentido de las manecillas del reloj hasta que se intercepte una parada. Se procede a ser ciertas preguntas para saber si se intercepta esta parada o se continúa con otra y se continúa con el barrido hasta que a todos los puntos se les haya asignado ruta.

Dentro de cada ruta se efectúa una secuencia de las paradas para minimizar la distancia. La secuencia puede aplicarse aplicando el método de la gota de lagrima o cualquier algoritmo que resuelva el problema del “agente viajero” (Ver figura 14)

Figura 14. Ejemplo método de barrido



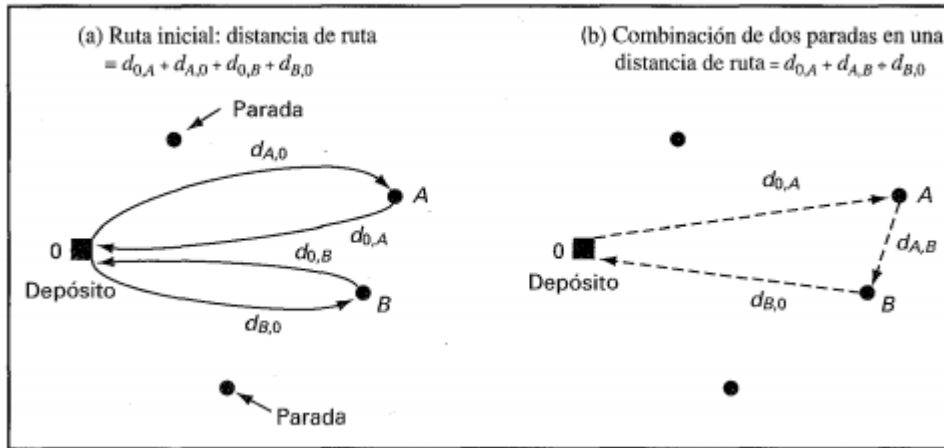
Fuente: Ronald Ballou, "Principios para una buena programación y diseño de rutas", Logística: Administración de la cadena de suministro", Quinta edición (2004), pág. 241.

6.1.3.4.2. Método de ahorro

Tiene como objetivo minimizar indirectamente el número de vehículos necesarios para atender todas las paradas y es capaz de generar soluciones más cerca a la óptima, partiendo de que maneja muchas restricciones, principalmente porque es capaz de formar rutas y ordenar paradas de rutas simultáneamente. (Ver figura 15)

La lógica del método es empezar con un vehículo simulado que cubre cada parada y regresa al almacén, después se combinan dos paradas en la misma ruta para que un vehículo pueda eliminarse y la distancia de viaje se reduzca.

Figura 15. Distancia reducida de viaje mediante consolidación de paradas de una ruta



Fuente: Ronald Ballou, "Principios para una buena programación y diseño de rutas", Logística: Administración de la cadena de suministro", Quinta edición (2004), pág. 244.

6.1.3.4.3. Algoritmo de Clarke y Wright

El algoritmo de Clarke y Wright es también conocido como método del ahorro, el cual consiste básicamente en conectar los clientes de a pares con la estación y calcular los ahorros que se

obtienen en cuanto a costos de transporte se refiere, jerarquizar las opciones de unión por ahorros decrecientes y adoptar la alternativa de unión donde se obtenga el máximo ahorro, el cual debe ser congruente con el número de vehículos y capacidades de los mismos.

El ahorro se calcula inicialmente para todos los clientes entre sí, utilizando la siguiente ecuación. Ecuación. Algoritmo de Clarke y Wright

$$S_{i,j} = S_{i,0} + S_{0,j} - S_{i,j}$$

Dónde:

$S_{i,j}$: Es el ahorro que se percibe del nodo i al nodo j

$S_{i,0}$: Ahorro del nodo i al nodo de origen.

$S_{0,j}$: Ahorro del nodo de origen al nodo j.

Procedimiento

a. Identificar cada uno de los clientes según la clasificación de las zonas realizadas y conocer sus coordenadas.

b. Una vez identificados los clientes por zonas con sus respectivas coordenadas, realizar una matriz por cada una de las zonas la cual consiste en aplicar la siguiente ecuación de distancia entre puntos con el fin de identificar que tan lejos está un cliente de otro y así programar la ruta de cada camioneta.

Ecuación. Distancia entre puntos

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

c. Realizar una nueva matriz aplicando la fórmula del método del ahorro de la ecuación Algoritmo de Clarke y Wright. Con esta se calcula el ahorro en distancia para todos los clientes entre sí.

d. Organizar los datos hallados de mayor a menor.

e. Empezar a iterar y organizar las rutas seleccionando las de mayor distancia.

f. Establecer que tantos clientes se deben atender cada día de la semana, según la suma de tiempos de demora de recorrido, tiempos de entrega de productos y tiempos muertos.

g. Programar las rutas correspondientes a cada una de las zonas. (Gonzalez & Gonzalez, 2013)

6.1.4. Cadena de suministro

Para Luis Aníbal Mora es una redefinición de las tareas logísticas tradicionales integrando las cadenas logísticas de proveedores y clientes, donde a los responsables logísticos se les ha asignado la tarea de eliminar los procesos que no agregan valor. (Mora, 2010). También la denominan como el conjunto de funciones, procesos y actividades que permiten a la materia prima, productos o servicios sean entregados, consumidos o transformados. (Sanchez G, 2008)

Una última definición es que la cadena de suministro es la integración del proceso clave del negocio teniendo como base el proceso logístico, desde el cliente final hasta los primeros proveedores importantes. (Chávez & Torres-Rabello, 2012)

6.1.4.1. Administración de la cadena de suministros

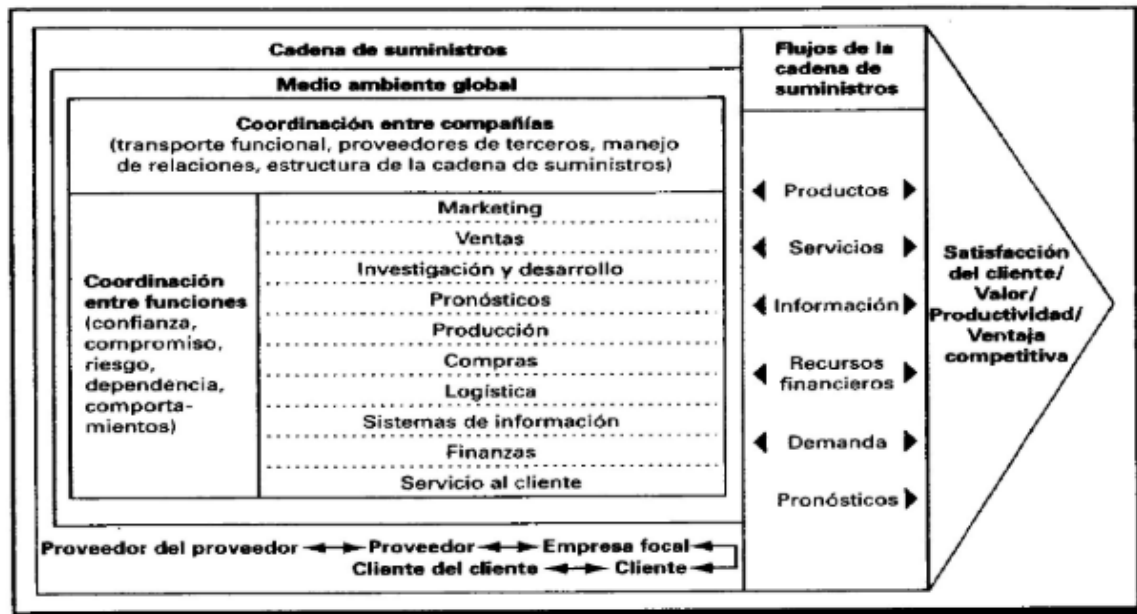
“La administración de la cadena de suministros (SCM, por sus siglas en inglés) es un término que encierra la esencia de la logística integrada, el manejo de la cadena de suministros enfatiza las

interacciones de la logística que tiene lugar entre las funciones de marketing, logística y producción en una empresa, y las interacciones que se llevan a cabo entre empresas independientes dentro del canal de flujo del producto, con el fin de alcanzar una ventaja competitiva sustentable”. (Ballou, 2004)

Mentzer da la definición de la administración de la cadena de suministro en el periódico de negocios logísticos, entre la página 1 a la 25, definición más amplia y general que sigue: “La administración de la cadena de suministros se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las técnicas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministros con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministro como un todo”.

El modelo de dirección de la cadena de suministro mostrada en el gráfico 16, trata de la coordinación de los flujos de producto mediante funciones y a través de compañías para lograr la ventaja competitiva y productividad para las empresas.

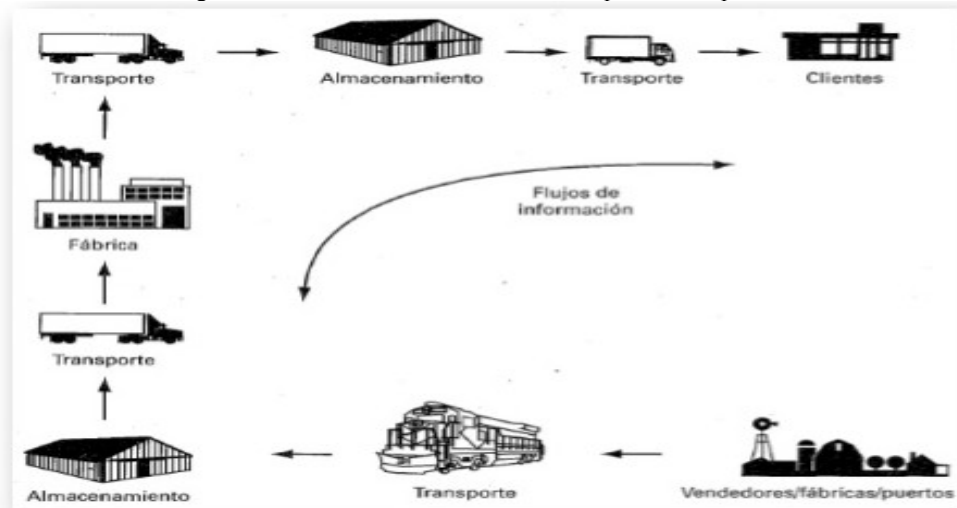
Gráfico 16. Modelo de dirección de la cadena de suministros



Fuente: Tomado de Mentzer et al, “Defining Supply Chain Management”, Journal of Business Logistics, Vol. 22, Num.2 (2001), pág. 19. - Logística. Administración de la cadena de suministros.

Las actividades de logística se repiten en la cadena de suministro, como el transporte por cada estación del material dentro de su transformación porque los lugares de fabricación y distribución dentro del canal de flujo, no se encuentran en el mismo lugar, lo que muestra una brecha de tiempo y espacio dentro de la fuente de material de una empresa y sus puntos de procesamiento y hasta sus clientes, el flujo se muestra a continuación en la figura 17,

Figura 17. Cadena de suministros inmediata para una empresa.

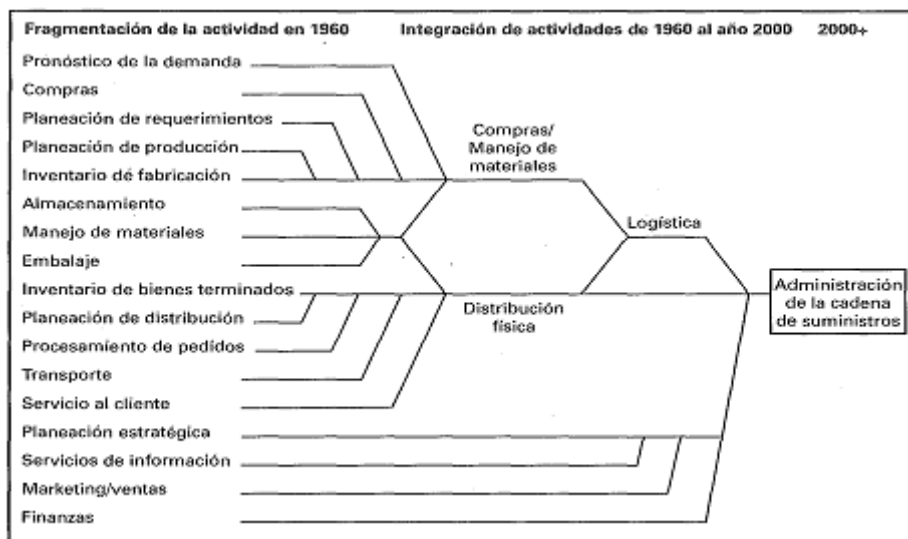


Fuente: Tomado de Ballou, R. H. (2004). Principios para una buena programación y diseño de rutas. In Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición p.8. México: Pearson Prentice Hall.

“Los componentes de un sistema típico de logística aplicables a este trabajo son : servicio al cliente, pronóstico de la demanda, control de inventarios, manejo de materiales, procesamiento de pedidos, selección de la ubicación de fábricas y almacenamiento – análisis de localización (área de operaciones), compras, embalaje, manejo de bienes devueltos (llamado devoluciones), eliminación de mercaderías aseguradas rescatadas – desechos y desperdicios (área de técnico), tráfico y transporte, almacenamiento y provisión.

La dirección de la logística de los negocios se conoce ahora como dirección de la cadena de suministros, también como redes de valor, corrientes de valor y logística ágil, término utilizado para describir un alcance y un propósito parecidos, ha habido una evolución de la dirección del flujo del producto desde los puntos de la adquisición de materias primas hacia la dirección de la cadena de suministros y los consumidores finales” que se muestra a continuación en el gráfico 18:

Gráfico 18. Evolución de la logística hacia la cadena de suministros



Fuente: • Ballou, R. H. (2004). Principios para una buena programación y diseño de rutas. In Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición (p.9). México: Pearson Prentice Hall.

6.1.4.2. Gestión de la Cadena de Suministro

Es la coordinación de las funciones de negocio tradicional y las tácticas utilizadas, al interior de una empresa y entre las diferentes empresas de una cadena de suministros. (Sanchez G, 2008)

Es una forma de hacer negocios donde el principal objetivo es generar valor agregado para entregar al consumidor y requiere balancear personas, procesos y tecnología. (Chávez & Torres-Rabello, 2012)

Es el conjunto de actividades de coordinación y colaboración con los canales de suministro, internos o externos tales como proveedores y clientes, relacionados con la gestión de abastecimiento, compra y distribución física de productos y servicios. (Anaya Tejero, 2007)

6.1.5. Proceso

Existen múltiples definiciones de procesos sin embargo a continuación unas de las más reconocidas:

- “Cualquier actividad o conjunto de actividades que utiliza los recursos para transformar entradas en salidas” (ICONTEC, 2005)
- Según Brull “Conjunto de actividades ordenadas y repetitivas que aportan un valor añadido a la organización” (Enric, 2011)
- “Secuencia de actividades que tiene un producto con valor” (Perez, José Antonio, 2010).

Comúnmente en la definición de proceso se incluye las actividades como uno de sus componentes principales, sin embargo, en el enfoque actual la definición de proceso tiene un contexto más amplio que involucra objetivos, alcance, métodos, responsables, gestión, recursos, etc. Y es por esto que se convierte en pieza fundamental para describir la funcionalidad u operatividad de la empresa dentro del enfoque por procesos que busca aumentar la eficiencia, eficacia y efectividad en las organizaciones. Para objeto del trabajo aplicado se entenderá proceso bajo la siguiente definición propuesta por el autor:

“Es un conjunto de actividades, recursos, personas que tienen un objetivo en común y que siguiendo unos procedimientos previamente establecidos transforman unas entradas en salidas”.

6.1.5.1. Elementos de un proceso

Básicamente todo proceso tiene tres elementos:

- Entradas (input). La entrada es un producto que proviene de un suministrador (externo o interno); es la salida de otro proceso (precedente en la cadena de valor) o de un “proceso del proveedor” o “del cliente”.
- Secuencia de actividades.
- Salidas (output). La salida es un “producto” que va destinado a un usuario o cliente (externo o interno); la salida de los procesos de la cadena de valor es la entrada o una de las entradas de un proceso cliente. (Perez, José Antonio, 2010)

6.1.5.2. Factores de un proceso

Los factores que intervienen en un proceso son 6 según menciona José Antonio Pérez en su libro

“Gestión por Procesos”:

- Personas. Un responsable y los miembros del equipo del proceso, todas ellas con los conocimientos, habilidades y actitudes (competencias) adecuados.
- Materiales. Materias primas o semi-elaboradas, información (especialmente para procesos de servicio) con las características adecuadas para su uso.
- Recursos físicos. Instalaciones, maquinaria, utillajes, hardware y software que han de estar en adecuadas condiciones de uso.
- Métodos / Planificación del Proceso. Método de trabajo, Procedimiento, Hoja de proceso, instrucción técnica, instrucción de trabajo, etc. Es la descripción de la forma de utilizar los recursos, quién hace qué, cuándo y ocasionalmente el cómo.
- Métodos para la medición y el seguimiento. Herramientas para medir:
 - ✓ Funcionamiento del proceso (medición y evaluación)
 - ✓ Producto del proceso (medida de cumplimiento)
 - ✓ La satisfacción del cliente (medida de satisfacción)
 - ✓ Medio Ambiente. Entorno en la que se lleva el proceso.

6.1.5.3. Capacidad de Procesos

Se refiere a la anchura de la campana de Gauss y se define como la distancia de 3 veces sigma de cada lado de la media, lo que es equivalente a 6 veces la desviación estándar. (Sandrine, 2012)

Un proceso se considera capaz (satisfacer las necesidades del cliente) si se encuentra dentro de las especificaciones inferior y superior para un producto o servicio. (Krajewski & Ritzman, 2000)

Es una propiedad medible del proceso y se expresa en términos de 6σ de variación y contrario a lo que se cree, no está relacionado con la tolerancia del proceso. (Juran, Gryna, & Bingham, 2005)

6.1.6. Cliente

Según The Chartered Institute of Marketing del Reino Unido es una persona u organización que toma la decisión de comprar, adicionalmente es una parte de un contrato para la venta de bienes. (Hart, 2011). Persona física o jurídica que puede influir o ser influido por las acciones de una organización. (Sastre, 2009)

Es la persona que paga por recibir a cambio un producto o servicio, y es la razón por la cual las empresas dirigen sus políticas, productos, servicios, y procedimientos para alcanzar su satisfacción. (Pérez, 2006)

- Cliente Interno. Organización o persona interna a la empresa que recibe un producto.
- Cliente externo. Organización o persona externa a la empresa que recibe un producto. (ICONTEC, 2005)

6.1.6.1. Satisfacción del Cliente

Depende del desempeño que es percibido de un producto o servicio en cuanto a la entrega de valor en relación con las expectativas del cliente. (Kloter & Armstrong, 2003). Evaluación de un servicio específico proporcionado a un cliente, está relacionado con la calidad del servicio. (Sastre, 2009)

Es una respuesta emocional del cliente ante su evaluación percibida entre la expectativa del

producto y el verdadero rendimiento experimentado una vez que se ha probado el producto. (Vavra, 2003)

En épocas tan tecnológicas por las que se atraviesa actualmente, los clientes son más exigentes y cuidadosos a la hora de comprar, lo cual indica que el consumidor estará más atento a los precios, y es él quien decide adquirir o no el producto o servicio. Muchas empresas dicen que el cliente es el número uno, pero son pocas empresas las que en realidad lo aplican. En general se puede observar como las compañías desatienden muchos factores mínimos pero en el momento de la verdad con el usuario son estos detalles tales como la recepción tardía de las llamadas, el hacer esperar al cliente, la muestra de desatención, la falta de cortesía, dar información de manera incorrecta es lo que impulsa al cliente a buscar un mejor servicio, la globalización y las empresas más preparadas están dispuestas a ofrecerlo y brindarlo. Según Kotler las empresas serias y que si consideran al cliente el número UNO deben realizar varios pasos. Deben llevar un registro del nivel de satisfacción de sus clientes, en relación con el de sus clientes de sus competidores;

Deben desarrollar mapas que muestren todos los puntos de interacción entre su personal y sus clientes, especialmente los puntos de ruptura o desacuerdo con el cliente;

Deben introducir un programa de capacitación fuerte para cultivar actitudes positivas en el personal, incluyendo incidentes críticos y “juego de roles” Deben supervisar continuamente los niveles de satisfacción del cliente, de manera que se puedan notar los avances y detectar los problemas. (Valencia, 2012)

6.1.6.2. Servicio al Cliente

Es un elemento imprescindible para la existencia de una empresa y constituye el centro de interés fundamental y por su puesto la clave de su éxito o su fracaso. (Paz, 2005) Conjunto de actividades relacionadas que ofrece un suministrador con el fin de que el cliente obtenga el producto en el momento y lugar adecuado y se asegure de su correcto uso. (Conceptos Básicos de Servicio al Cliente). Es una parte de la oferta total de servicio de las empresas y debe cumplir con el pedido de un determinado cliente. (Ballou, 2004)

Como lo describe Humberto Serna en su libro “El servicio al cliente es el conjunto de estrategias que una compañía diseña para satisfacer, mejor que sus competidores, las necesidades y expectativas de sus clientes externos”

Algunas características de servicio al cliente según Serna están definidos:

1. El servicio al cliente es un intangible. Es eminentemente perceptivo, así tenga elementos objetivos.
2. Es perecedero. Se produce y se consume instantáneamente.
3. Es continuo. Quien lo produce es a su vez el proveedor del servicio
4. Es integral. En la producción del servicio es responsable toda la organización. Por ello, todos los colaboradores de la empresa son parte fundamental en la calidad del ciclo del servicio, que genera la satisfacción o insatisfacción de los clientes.
5. La oferta del servicio promesa básica es el estándar para medir la satisfacción de los clientes. “el cliente siempre tiene la razón cuando exige que cumplamos lo que prometemos.”
6. Por ende, el foco del servicio es la satisfacción plena de las necesidades y expectativas de los clientes.
7. La prestación integral del servicio genera valor agregado, el cual asegura la permanencia y lealtad del cliente. (Valencia, 2012)

6.1.7. Modelo

Es una representación de un objeto, sistema o idea, el objetivo es ayudar a explicar, entender o

mejorar un sistema; puede ser la réplica exacta de un objeto o una abstracción de las propiedades dominantes de dicho objeto. (Bermón, 2015)

Un modelo es básicamente una representación simplificada de la realidad, la cual se usa para tener mayor claridad conceptual acerca de la realidad. Los modelos matemáticos intentan figurar los sistemas de interés por medio de ecuaciones matemáticas basadas en algunas hipótesis teóricas, estos pueden llegar a ser demasiado complejos y usualmente requieren del uso de muchos datos.

Antes de elegir un modelo hay que identificar y definir el contexto al que pertenece como: el país, el gobierno o la entidad determinada. Existen varios estilos para la toma de decisiones: 1) Decisiones basadas en planes directores, pueden ser razonables cuando el contexto socioeconómico es estable y así los problemas son recurrentes; 2) Teoría de la decisión normativa o racionalidad sustantiva, se le conoce como enfoque sistémico donde la cuantificación es esencial, se considera bajo la perspectiva de elegir opciones dentro de un conjunto de alternativas con estimaciones acerca de su probabilidad de ocurrencia y la utilidad de cada una de ellas se mide en términos de beneficios y costos; 3) Teoría conductual de la decisión: es parecido a un análisis marginal del problema empezando desde una solución no óptima y luego se buscan mejoras menores que alimenten la esperanza de mejorar el proceso; 4) toma de decisiones en grupo: los individuos contribuyen con su experiencia y conocimientos y el grupo intenta aplicarlos, esto ayuda a aceptar ciertas decisiones lo que es importante para un contexto de planificación; 5) Toma adaptativa de decisiones: es una versión más flexible que la inmediatamente anterior, donde se reconoce la interacción entre grupos de presión que no tienen poder de decisión, cada grupo ve una solución diferente lo que genera una negociación y compromiso para llegar a una solución esencial.

El modelo clásico de un modelo de transporte se presenta en una secuencia de cuatro etapas o submodelos: generación de viajes, distribución, reparto modal y asignación. La tendencia actual requiere analizar un conjunto amplio de respuestas, por ejemplo: el recorrido, el modo, la hora, el destino y la frecuencia, además a largo plazo se pueden generar más soluciones. Primero se debe formular el problema, seguido se realiza la recolección de datos, después la construcción de un método analítico, luego la generación de soluciones, seguido de predecir los valores futuros de las variables de planificación, la verificación del modelo y de las soluciones, la evolución de las soluciones y por último la implementación de las soluciones. (Duarte & Leidy, 2016)

6.1.7.1. Modelo de Transporte

Es una herramienta para tomar decisiones en cuanto a transporte, a pesar de que en determinadas ocasiones puede adquirir un papel predominante, aunque no definitivo. (Ortúzar & Willumsen, 2008)

Es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes hasta sus destinos, teniendo como objetivo determinar el programa de transporte que minimice el costo total del transporte y que al mismo tiempo satisfaga la necesidad de los clientes. (Taha, 2004)

Recibe su nombre porque básicamente se aplica para resolver problemas de distribución de mercancía desde distintos centros de producción a diferentes centros de consumo. (López, 1993)

6.1.8. KPI

Es una métrica que está ligada a un objetivo, usualmente muestra que lejos que se encuentra por encima o por debajo de una meta predeterminada. (Kerzner, 2015)

Key Performance Indicators, son indicadores clave de rendimiento utilizados para cuantificar el grado de cumplimiento de los objetivos y como su nombre lo indica reflejan el rendimiento de una organización. (Parmenter, 2010)

Son medidas de rendimiento que son cuantificables aplicadas a la gestión logística que permiten evaluar el desempeño y el resultado en los diferentes procesos de la empresa. (Salazar, Indicadores de Desempeño Logístico - KPIs, 2012)

6.1.9. Cross Docking

La idea principal es que se mueva la mercancía a través de un centro de distribución sin que haya un almacenamiento intermedio. (Mora, 2010). Es el movimiento de los materiales de los puertos o muelles donde se reciben directamente a los puertos de envío hacia los clientes. (Altekar, 2005)

Es un manejo de materiales, en el que las mercancías circulan directamente desde la recepción hasta el envío. Aumenta la capacidad de respuesta al cliente y mejora el control de la operación de distribución. (Rohrer, 1995)

6.1.9.1. Cross Docking Directo

Los pallets, cajas, etc., preseleccionados por el proveedor, son recibidos y transportados al dock de salida para que sean consolidados con paquetes similares de los proveedores en los vehículos de entrega a locales evitando la mayor manipulación. (Mora, 2010)

En esta forma los paquetes se mueven directamente de los vehículos que llegan a los que salen. No es necesario un almacén, es suficiente con un punto de transferencia. (Altekar, 2005). Las unidades de carga que llegan al almacén se transportan al muelle de salida sin manipulación. Las entregas son preparadas por el proveedor en función de cada uno de los clientes finales. (Escudero, 2014)

6.1.9.2. Cross Docking Indirecto

Los paquetes son recibidos y re-etiquetados pro el centro de distribución dentro de nuevos paquetes, se transportan a los docks de salida para ser entregados a los locales. (Mora, 2010)

Se da cuando los materiales llegan y son paquetes grandes, estos se abren y se distribuyen en pequeñas cantidades ordenadas las cuales se consolidan para ser entregadas a los diferentes clientes. (Altekar, 2005)

Las unidades de carga se desfragmentan y se re etiquetan para su entrega. Las unidades se reciben y son enviadas a un área de acondicionamiento para organizar las nuevas unidades logísticas. (Escudero, 2014)

6.2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

A continuación en la tabla19, se encuentra las leyes, normas y decretos aplicables en el tema desarrollado en el documento

Tabla 19. Leyes vigentes

Nombre	Objetivo	Descripción
LEYES		
Ley 336 de 1996	La presente ley tiene por objeto unificar los principios y los criterios	Diciembre 20 – 1996

	que servirán de fundamento para la regulación y reglamentación del transporte público aéreo, marítimo, fluvial, férreo, masivo y terrestre y su operación en el territorio nacional, de conformidad con la Ley 105 de 1993, y con las normas que la modifiquen o sustituyan.	Estatuto General Nacional de Transporte: Disposiciones generales y especiales para los modos de transporte
Ley 769 de 2002	Las normas del presente Código rigen en todo el territorio nacional y regulan la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito.	Agosto 06 – 2002 Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones
NTC		
NTC 5500-2	Esta norma establece los requisitos mínimos, necesarios para la gestión en la selección, formación y evaluación de desempeño del personal involucrado y relacionado con la prestación del servicio del transporte de carga por carretera.	Diciembre 12 – 2007 Norma Técnica Colombiana Gestión en el transporte de carga terrestre Parte 1: Sistema de información Parte 2: Personal Parte 3: Operación y prestación del servicio
RESOLUCIONES		
Resolución 2501 de 2002	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 13791 de diciembre 21 de 1988.	Febrero 22 de 2002 Resolución 13791 de 1988 Por la cual se determinan los límites de pesos y dimensiones de los vehículos de carga para la operación normal en las carreteras del país.
Resolución 2888 de 2005	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004. Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004 donde se adoptó los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional;	Octubre 14 de 2005 Ministerio de Transporte
Resolución 1552 de 2009	Por la cual se adoptan las condiciones técnicas, tecnológicas, y de operación del registro único nacional de tránsito y se dictan otras disposiciones.	Abril 23 DE 2009 – Ministerio de transporte Normas de carácter general y técnico, que regulen los temas de tránsito, transporte y su infraestructura.
Resolución 915 de 2010	Por la cual se establecen unas medidas de tránsito vehicular tendientes a garantizar la movilidad en las vías del país, en las temporadas vacacionales de semana santa, mitad de año, puentes festivos, navidad y año nuevo.	Marzo 23 de 2010 Ministerio de Transporte
DECRETOS		
Decreto 988 de 1997	Por el cual se suprime la tarjeta de	Abril 07 de 1997

	operación para prestar el servicio público de transporte terrestre automotor de carga.	Ministerio de Transporte
Decreto 173 de 2001	El presente decreto tiene como objeto reglamentar la habilitación de las empresas de Transporte Público Terrestre Automotor de Carga y la prestación por parte de estas, de un servicio eficiente, seguro, oportuno y económico, bajo los criterios básicos de cumplimiento de los principios rectores del transporte, como el de la libre competencia y el de la iniciativa privada, a las cuales solamente se aplicarán las restricciones establecidas por la ley y los Convenios Internacionales.	Febrero 05 – 2001 Por el cual se reglamenta parcialmente el servicio público de transporte terrestre automotor de carga.
Decreto 1499 de 2009	Definiciones. Para la interpretación y aplicación del presente decreto, se tendrán en cuenta las siguientes definiciones: Manifiesto de carga, Usuario del servicio de transporte terrestre automotor de carga, Vehículo de carga. Artículo 2. Artículo 3. Artículo 4. Modificar el artículo 27	Abril 30 – 2009 Nivel Nacional, por el cual se modifica y se derogan algunas disposiciones de los Decretos 173 del 5 de febrero de 2001 y 1842 del 25 de mayo de 2007.
Decreto 1079 de 2015	Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector transporte.	Mayo 26 de 2015 Compila el Decreto 1910 de 1996 Por el cual se reglamentaba parcialmente el contrato de transporte de carga y se dictan otras disposiciones.

Fuente: La autora.

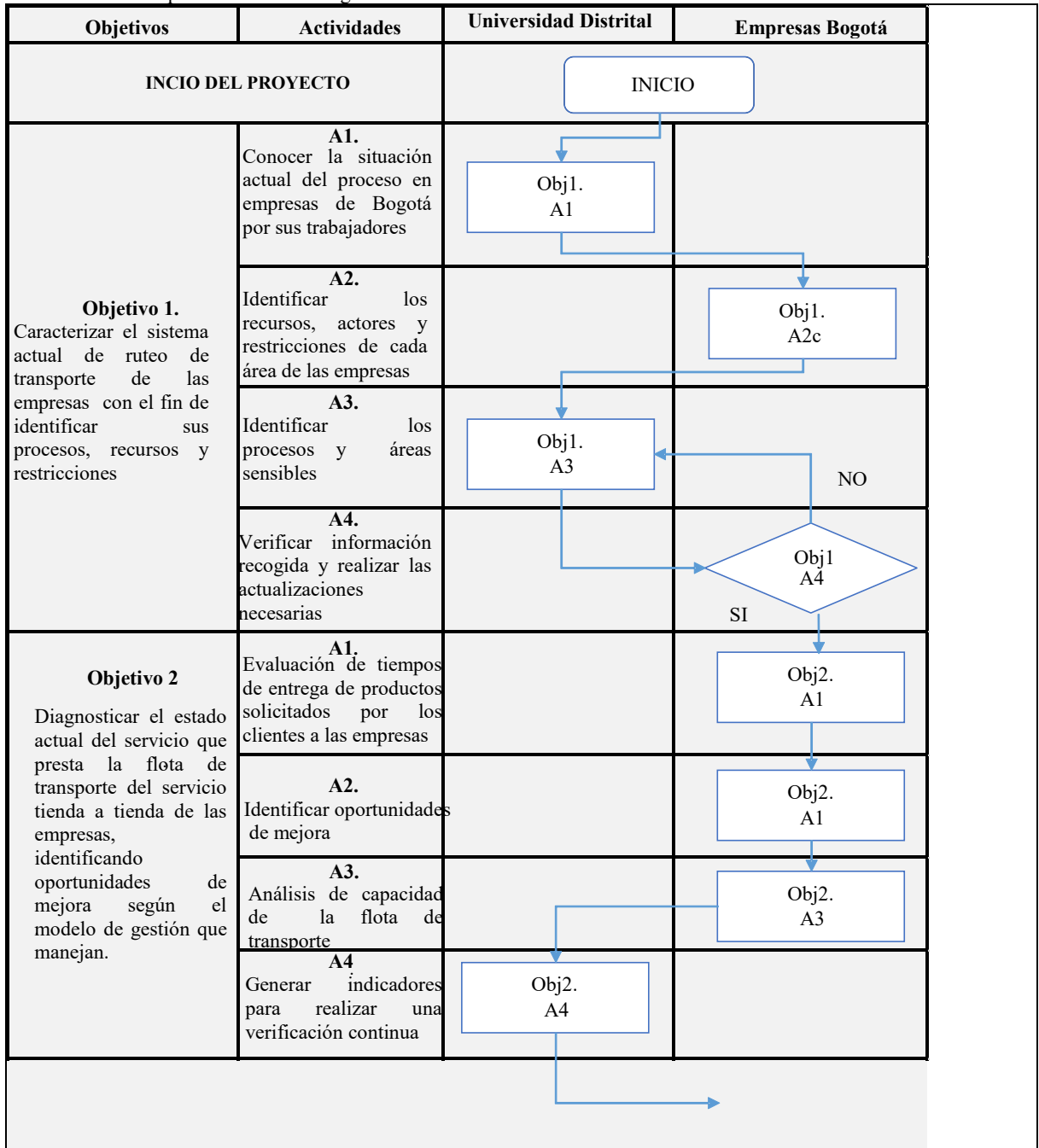
7. METODOLOGÍA

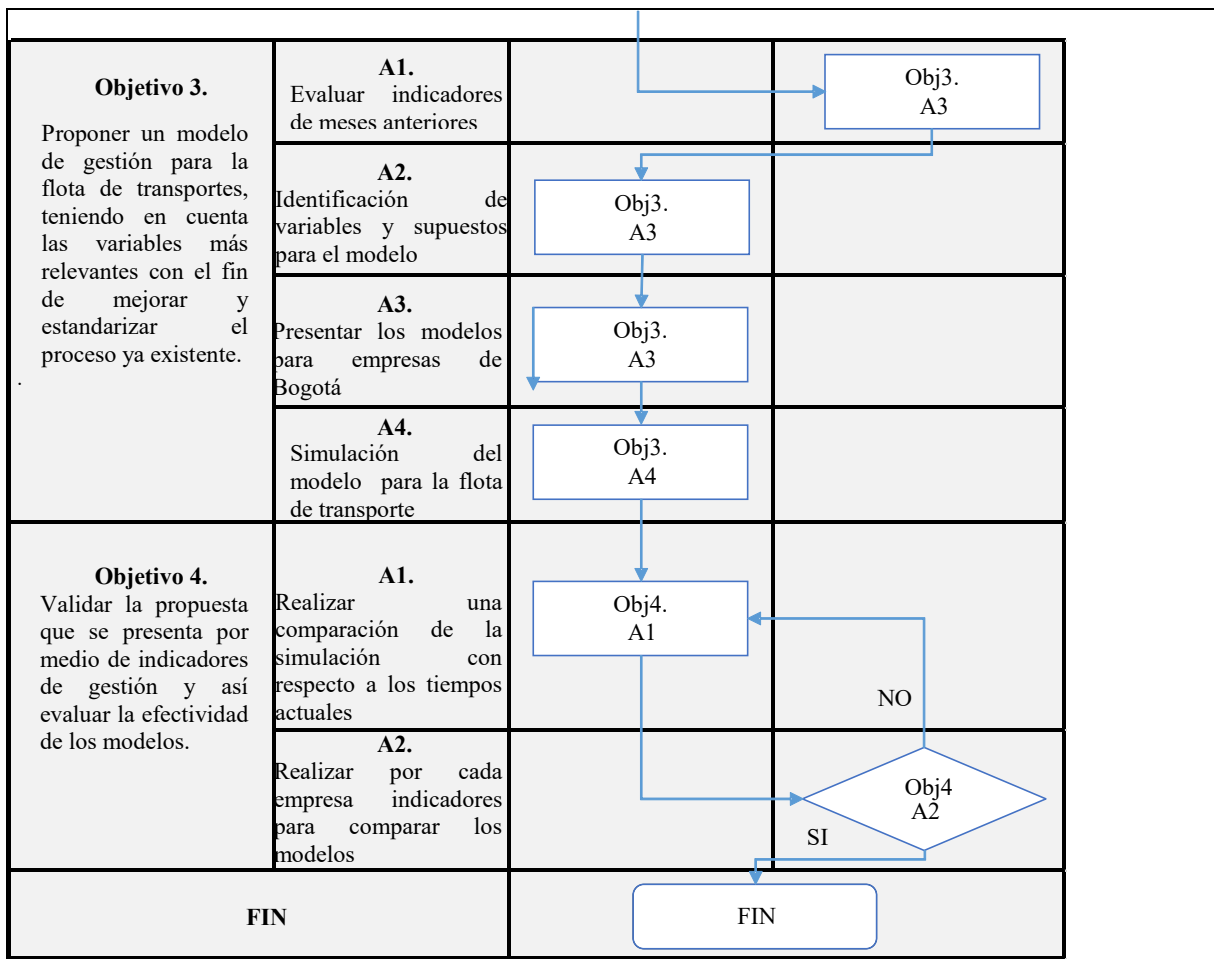
Teniendo en cuenta que las empresas en Bogotá, pueden manejar el servicio de la flota de transporte para el modelo tienda a tienda con flota propia o bajo outsourcing a personas naturales, no se tiene una caracterización del proceso que realizan, lo que representa un reto para la recolección de información, para ello, los pasos a seguir en la búsqueda del cumplimiento de los objetivos y así llegar a realizar la formulación del modelo de gestión se fundamentan en:

- Conocer la situación actual de procesos: para lo que se necesita información de primera mano de los transportadores, los ingenieros y/o auxiliares de ruta de las empresas y así conocer lo que piensa el personal involucrado, para identificar los recursos, actores, restricciones y modo de trabajo actual de diferentes empresas.
- Realizar la caracterización de procesos: basado en lo dicho por los trabajadores involucrados en el área, para comprender con mayor facilidad el modelo que manejan actualmente de ruteo según la empresa.
- Observar que ruta se presenta como la más crítica: que tenga un mayor nivel de devoluciones, que tenga un recorrido más largo, que presente mayores inconvenientes con los clientes, para la empresa y tomarla como referencia para análisis para el proyecto.
- Identificar las oportunidades de mejora: que se evidencian del diagnóstico de la situación actual de los procesos llevados en las empresas, mediante la evaluación de tiempos de entrega de los pedidos, horarios de trabajo, ruta que recoge el transportador entre otros factores.
- Analizar la capacidad de la flota de transporte actual: el tipo de vehículos en los que se trabaja, el estado actual de dichos vehículos, analizar el modelo según sea flota propia o outsourcing, las condiciones de trabajo de los transportadores, las variables más relevantes con el fin de mejorar y buscar una estandarización de proceso.
- Presentar los diferentes modelos: según la empresa y sus condiciones, se elige el modelo indicado para solucionar sus problemas actuales de ruteo, para luego desarrollar dicho modelo, para comparar con el modelo de ruteo actual que tenga la empresa, según las características de cada una de ellas.
- Generar indicadores de gestión: para realizar una verificación continua al proceso, facilitando la evaluación a las actividades realizadas, para evaluar la efectividad y posteriormente poder realizar ajustes a la propuesta cada empresa debe generar indicadores.

En el cuadro 20, se encuentra la descripción de la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto

Cuadro 20. Descripción de la metodología





Fuente. La Autora

8. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La mayoría de empresas manejan un Cross Docking indirecto, esto quiere decir que la mercancía es recibida de la empresa en el centro de distribución, donde se hace un manejo de materiales, se distribuyen, se consolidan y luego las mercancías circulan directamente desde la recepción hasta el punto de envío, donde se transportan a los docks de salida para ser entregados a los transportadores y ellos a los locales, lo que aumenta la capacidad de respuesta al cliente y mejora el control de la operación de distribución.

Una de las herramientas más importantes en una empresa de logística es la flota de transporte, que puede ser subcontrata, una flota fija para suplir todos los servicios y una flota variable que se encuentra disponible a las necesidades de cada empresa. Cuando hay problemas de falta de una programación adecuada que permita aprovechar la capacidad disponible de la flota se presentan servicios tardíos. La empresa debe cumplir con el tiempo pactado con los clientes para no recibir multas y así presentar un alto nivel de cumplimiento.

Los métodos de programación y diseño de rutas dependen de consideraciones prácticas como: El momento oportuno, múltiples camiones con diferentes capacidades de peso y volumen, tiempo máximo de conducción por ruta, distintas velocidades en diferentes zonas, barreras para viajar y tiempos del descanso para el conductor. El problema de ruteo de vehículos puede ser resuelto a través de varios métodos, aplicaciones, programas, software, pero el más accesible a todo el público y de fácil manejo es Excel.

8.1. CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)

El ejemplo de redes de optimización que se va a desarrollar se hace en Excel, se anexa el archivo de Excel (Anexo 1) para guía y puede ser modificado según las necesidades de cada empresa.

1. Lo primero que debe ser expresado es la cantidad de clientes a visitar, la demanda de cada uno y la ubicación en coordenadas expresadas en X y Y.

Para el ejemplo se ubican 12 clientes, saliendo desde un único depósito CEDI, y se indica su respectiva demanda y ubicación, descritos en la siguiente tabla 21,

Tabla 21. Descripción de los clientes

Vértice	Depósito CEDI	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6	Cliente 7	Cliente 8	Cliente 9	Cliente 10	Cliente 11	Cliente 12
Coordenada X	40	53	64	30	30	30	30	58	43	61	35	61	70
Coordenada Y	30	38	50	45	55	52	60	56	48	59	65	43	30
Demanda (di)	0	9	17	12	31	3	33	5	6	7	16	28	11

Fuente. La autora, 2019

Como es un ejemplo de VRP Capacitado, se indica que para el ejemplo la empresa tiene vehículos con una única capacidad

Capacidad de los vehículos = 40

El número de vehículos necesarios K se da de la suma de las demandas dividido en la capacidad de

los vehículos

$$K = 178 / 40 = 4.45$$

Como debe ser un número exacto se aproxima a 5 vehículos necesarios para cumplir con la ruta.

2. Matriz de costos (distancia euclidiana de los nodos)

Esta matriz es el cruce de la distancia desde el CEDI a cada cliente, y entre los clientes, se saca la raíz cuadrada de la suma de los valores, elevados al cuadrado tomado de ida y vuelta al punto de salida. En la tabla 22 se reflejan los resultados del ejercicio

Tabla 22. Matriz de costos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	15,26	31,24	18,03	26,93	24,17	31,62	31,62	18,25	35,81	35,36	24,70	30
1	15,26	0	16,28	24,04	28,60	26,93	31,83	18,68	14,14	22,47	32,45	9,43	18,79
2	31,24	16,28	0	34,37	34,37	34,06	35,44	8,49	21,10	9,49	32,65	7,62	20,88
3	18,03	24,04	34,37	0	10,00	7,00	15,00	30,08	13,34	34,01	20,62	31,06	42,72
4	26,93	28,60	34,37	10,00	0	3,00	5,00	28,02	14,76	31,26	11,18	33,24	47,17
5	24,17	26,93	34,06	7,00	3,00	0	8,00	28,28	13,60	31,78	13,93	32,28	45,65
6	31,62	31,83	35,44	15,00	5,00	8,00	0	28,28	17,69	31,02	7,07	35,36	50,00
7	31,62	18,68	8,49	30,08	28,02	28,28	28,28	0	17,00	4,24	24,70	13,34	28,64
8	18,25	14,14	21,10	13,34	14,76	13,60	17,69	17,00	0	21,10	18,79	18,68	32,45
9	35,81	22,47	9,49	34,01	31,26	31,78	31,02	4,24	21,10	0	26,68	16,00	30,36
10	35,36	32,45	32,65	20,62	11,18	13,93	7,07	24,70	18,79	26,68	0	34,06	49,50
11	24,70	9,43	7,62	31,06	33,24	32,28	35,36	13,34	18,68	16,00	34,06	0	15,81
12	30	18,79	20,88	42,72	47,17	45,65	50,00	28,64	32,45	30,36	49,50	15,81	0

Fuente La Autora, 2019

3. Rutas (solución básica inicial)

Todas las rutas inicialmente se señalan que deben salir desde el CEDI o punto 0 a cada cliente, como se refleja a continuación,

010	020	030	040	050	060	070	080	090	0100	0110	0120
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------

El costo se calcula en la suma del resultado de la matriz de costos desde el CEDI a cada uno de los clientes y multiplicarlo por dos en un ida y vuelta

$$\text{Costo} = 322,98 * 2 = 645,955$$

4. Calculo de los ahorros

Este cálculo se realiza desde cada cliente iniciando con el cliente 1 y así sucesivamente hasta el cliente, que tenga un último destino diferente al CEDI sin devolverse.

El valor se saca con la suma desde el punto 0 o CEDI al nodo inicial, al siguiente nodo devolviéndose al CEDI, restando el valor de entre los nodos. Los datos se ven reflejados en la

siguiente tabla 23, Calculo de ahorros

Tabla 23. Calculo de ahorros

calculo de los ahorros:		Sij = C0I + CJ0 - CIJ						
PARA i=1	S12= C01 + C20 - C12 =	15,26	+	31,24	-	16,28	=	30,23
	S13= C01 + C30 - C13 =	15,26	+	18,03	-	24,04	=	9,25
	S14= C01 + C40 - C14 =	15,26	+	26,93	-	28,60	=	13,59
	S15 = C01 + C50 - C15 =	15,26	+	24,17	-	26,93	=	12,50
	S16 = C01 + C60 - C16 =	15,26	+	31,62	-	31,83	=	15,06
	S17 = C01 + C70 - C17 =	15,26	+	31,62	-	18,68	=	28,21
	S18 = C01 + C80 - C18 =	15,26	+	18,25	-	14,14	=	19,37
	S19 = C01 + C90 - C19 =	15,26	+	35,81	-	22,47	=	28,60
	S110 = C01 + C100 - C110 =	15,26	+	35,36	-	32,45	=	18,17
	S111 = C01 + C110 - C111 =	15,26	+	24,70	-	9,43	=	30,53
	S112 = C01 + C120 - C112 =	15,26	+	30,00	-	18,79	=	26,48
PARA I=2	S23= C02 + C30 - C23 =	31,24	+	18,03	-	34,37	=	14,90
	S24= C02 + C40 - C24 =	31,24	+	26,93	-	34,37	=	23,80
	S25 = C02 + C50 - C25 =	31,24	+	24,17	-	34,06	=	21,35
	S26 = C02 + C60 - C26 =	31,24	+	31,62	-	35,44	=	27,42
	S27 = C02 + C70 - C27 =	31,24	+	31,62	-	8,49	=	54,38
	S28 = C02 + C80 - C28 =	31,24	+	18,25	-	21,10	=	28,39
	S29 = C02 + C90 - C29 =	31,24	+	35,81	-	9,49	=	57,56
	S210 = C02 + C100 - C210 =	31,24	+	35,36	-	32,65	=	33,95
	S211 = C02 + C110 - C211 =	31,24	+	24,70	-	7,62	=	48,32
	S212 = C02 + C120 - C212 =	31,24	+	30,00	-	20,88	=	40,36
PARAI=3	S34= C03 + C40 - C34 =	18,03	+	26,93	-	10,00	=	34,95
	S35 = C03 + C50 - C35 =	18,03	+	24,17	-	7,00	=	35,19
	S36 = C03 + C60 - C36 =	18,03	+	31,62	-	15,00	=	34,65
	S37 = C03 + C70 - C37 =	18,03	+	31,62	-	30,08	=	19,57
	S38 = C03 + C80 - C38 =	18,03	+	18,25	-	13,34	=	22,93
	S39 = C03 + C90 - C39 =	18,03	+	35,81	-	34,01	=	19,82
	S310 = C03 + C100 - C310 =	18,03	+	35,36	-	20,62	=	32,77
	S311 = C03 + C110 - C311 =	18,03	+	24,70	-	31,06	=	11,66
	S312 = C03 + C120 - C312 =	18,03	+	30,00	-	42,72	=	5,31
PARA I=4	S45 = C04 + C50 - C45 =	26,93	+	24,17	-	3,00	=	48,09
	S46 = C04 + C60 - C46 =	26,93	+	31,62	-	5,00	=	53,55
	S47 = C04 + C70 - C47 =	26,93	+	31,62	-	28,02	=	30,53
	S48 = C04 + C80 - C48 =	26,93	+	18,25	-	14,76	=	30,41
	S49 = C04 + C90 - C49 =	26,93	+	35,81	-	31,26	=	31,47
	S410 = C04 + C100 - C410 =	26,93	+	35,36	-	11,18	=	51,10
	S411 = C04 + C110 - C411 =	26,93	+	24,70	-	33,24	=	18,38
	S412 = C04 + C120 - C412 =	26,93	+	30,00	-	47,17	=	9,76

PARA I=5	$S56 = C05 + C60 - C56 =$	24,17	+	31,62	-	8,00	=	47,79
	$S57 = C05 + C70 - C57 =$	24,17	+	31,62	-	28,28	=	27,50
	$S58 = C05 + C80 - C58 =$	24,17	+	18,25	-	13,60	=	28,81
	$S59 = C05 + C90 - C59 =$	24,17	+	35,81	-	31,78	=	28,19
	$S510 = C05 + C100 - C510 =$	24,17	+	35,36	-	13,93	=	45,59
	$S511 = C05 + C110 - C511 =$	24,17	+	24,70	-	32,28	=	16,58
	$S512 = C05 + C120 - C512 =$	24,17	+	30,00	-	45,65	=	8,52
PARA I=6	$S67 = C06 + C70 - C67 =$	31,62	+	31,62	-	28,28	=	34,96
	$S68 = C06 + C80 - C68 =$	31,62	+	18,25	-	17,69	=	32,18
	$S69 = C06 + C90 - C69 =$	31,62	+	35,81	-	31,02	=	36,41
	$S610 = C06 + C100 - C610 =$	31,62	+	35,36	-	7,07	=	59,91
	$S611 = C06 + C110 - C611 =$	31,62	+	24,70	-	35,36	=	20,97
	$S612 = C06 + C120 - C612 =$	31,62	+	30,00	-	50,00	=	11,62
PARA I=7	$S78 = C07 + C80 - C78 =$	31,62	+	18,25	-	17,00	=	32,87
	$S79 = C07 + C90 - C79 =$	31,62	+	35,81	-	4,24	=	63,19
	$S710 = C07 + C100 - C710 =$	31,62	+	35,36	-	24,70	=	42,28
	$S711 = C07 + C110 - C711 =$	31,62	+	24,70	-	13,34	=	42,98
	$S712 = C07 + C120 - C712 =$	31,62	+	30,00	-	28,64	=	32,99
PARA I=8	$S89 = C08 + C90 - C89 =$	18,25	+	35,81	-	21,10	=	32,96
	$S810 = C08 + C100 - C810 =$	18,25	+	35,36	-	18,79	=	34,82
	$S811 = C08 + C110 - C811 =$	18,25	+	24,70	-	18,68	=	24,26
	$S812 = C08 + C120 - C812 =$	18,25	+	30,00	-	32,45	=	15,80
PARA I=9	$S910 = C09 + C100 - C910 =$	35,81	+	35,36	-	26,68	=	44,48
	$S911 = C09 + C110 - C911 =$	35,81	+	24,70	-	16,00	=	44,50
	$S912 = C09 + C120 - C912 =$	35,81	+	30,00	-	30,36	=	35,44
PARA I=10	$S1011 = C010 + C110 - C1011 =$	35,36	+	24,70	-	34,06	=	25,99
	$S1012 = C010 + C120 - C1012 =$	35,36	+	30,00	-	49,50	=	15,86
PARA I=11	$S1112 = C011 + C120 - C1112 =$	24,70	+	30	-	15,81	=	38,89

Fuente La autora, 2019

5. Tabla de valores obtenidos

En esta tabla 24, se resume los valores obtenidos en la tabla anterior, organizados

Tabla 24. Valores Obtenidos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0													
1			30,23	9,25	13,59	12,50	15,06	28,21	19,37	28,60	18,17	30,53	26,48
2				14,90	23,80	21,35	27,42	54,38	28,39	57,56	33,95	48,32	40,36
3					34,95	35,19	34,65	19,57	22,93	19,82	32,77	11,66	5,31
4						48,09	53,55	30,53	30,41	31,47	51,10	18,38	9,76
5							47,79	27,50	28,81	28,19	45,59	16,58	8,52
6								34,96	32,18	36,41	59,91	20,97	11,62

7								32,87	63,19	42,28	42,98	32,99
8									32,96	34,82	24,26	15,80
9										44,48	44,50	35,44
10											25,99	15,86
11												38,89
12												

Fuente La autora, 2019

6. Ahorros obtenidos

En la tabla 25, a continuación se ubica los ahorros obtenidos en orden creciente y se hace el análisis de las rutas buscando una posible solución, se suma la demanda de cada una de las rutas y al ser menor de 40 que es la capacidad de los vehículos que se tienen en la empresa, se va sumando según la ruta.

Tabla 25. Ahorros obtenidos

											una nueva ruta será
1	63,19	S79	R(0 7 0) d7 =	5	R(0 9 0) d9 =	7	como d5 + d9 =	12	<40	R(0 7 9 0)	
2	59,91	S610	R(0 6 0) d6 =	33	R(0 10 0) d10 =	16	como d6 + d10 =	49	>40		
3	57,56	S29	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 9 0) d9 =	7	como d2 + d9 =	24	<40	R(0 7 9 2 0)	
4	54,38	S27	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 7 0) d7 =	5	como d2 + d7 =	22	<40		
5	53,55	S46	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 6 0) d6 =	33	como d4 + d6 =	64	>40		
6	51,10	S410	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 10 0) d10 =	16	como d4 + d10 =	47	>40		
7	48,32	S211	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 11 0) d11 =	28	como d2 + d11 =	45	>40		
	#iNUM!	S45	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 5 0) d5 =	3	como d4 + d5 =	34	<40	R(0 4 5 0) = 34	
9	47,79	S56	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 6 0) d6 =	33	como d5 + d6 =	36	<40		
10	45,59	S510	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 10 0) d10 =	16	como d5 + d10 =	19	<40		
11	44,50	S911	R(0 9 0) d9 =	7	R(0 11 0) d11 =	28	como d9 + d11 =	35	<40		
12	44,48	S910	R(0 9 0) d9 =	7	R(0 10 0) d10 =	16	como d9 + d10 =	23	<40		
13	42,98	S711	R(0 7 0) d7 =	5	R(0 11 0) d11 =	28	como d7 + d11 =	33	<40		
14	42,28	S710	R(0 7 0) d7 =	5	R(0 10 0) d10 =	16	como d7 + d10 =	21	<40		
15	40,36	S212	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 12 0) d12 =	11	como d2 + d12 =	28	>40	R(0 7 9 2 12 0) =40	
16	38,89	S1112	R(0 11 0) d11 =	28	R(0 12 0) d12 =	11	como d11 + d12 =	39	>40		
17	36,41	S69	R(0 6 0) d6 =	33	R(0 9 0) d9 =	7	como d6 + d9 =	40	=40		
18	35,44	S912	R(0 9 0) d9 =	7	R(0 12 0) d12 =	11	como d9 + d12 =	18	<40		
19	35,19	S35	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 5 0) d5 =	3	como d3 + d5 =	15	<40		

20	34,96	S67	R(0 6 0) d6 =	33	R(0 7 0) d7 =	5	como d6 + d7 =	38	<40	
21	34,95	S34	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 4 0) d4 =	31	como d3 + d4 =	43	>40	
22	34,82	S810	R(0 8 0) d8 =	6	R(0 10 0) d10 =	16	como d8 + d10 =	22	<40	R(0 8 10 0)
23	34,65	S36	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 6 0) d6 =	33	como d3 + d6 =	45	>40	
24	33,95	S210	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 10 0) d10 =	16	como d2 + d10 =	33	<40	
25	32,99	S712	R(0 7 0) d7 =	5	R(0 12 0) d12 =	11	como d7 + d12 =	16	<40	
26	32,96	S89	R(0 8 0) d8 =	6	R(0 9 0) d9 =	7	como d8 + d9 =	13	<40	
27	32,87	S78	R(0 7 0) d7 =	5	R(0 8 0) d8 =	6	como d7 + d8 =	11	<40	
28	32,77	S310	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 10 0) d10 =	16	como d3 + d10 =	28	<40	R(0 3 8 10 0) = 34
29	32,18	S68	R(0 6 0) d6 =	33	R(0 8 0) d8 =	6	como d6 + d8 =	39	<40	
30	31,47	S49	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 9 0) d9 =	7	como d4 + d9 =	38	<40	
31	30,53	S111	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 11 0) d11 =	28	como d1 + d11 =	37	<40	R(0 1 11 0) = 37
32	30,53	S47	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 7 0) d7 =	5	como d4 + d7 =	36	<40	
33	30,41	S48	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 8 0) d8 =	6	como d4 + d8 =	37	<40	
34	30,23	S12	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 2 0) d2 =	17	como d1 + d2 =	26	<40	
35	28,81	S58	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 8 0) d8 =	6	como d5 + d8 =	9	<40	
36	28,60	S19	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 9 0) d9 =	7	como d1 + d9 =	16	<40	
37	28,39	S28	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 8 0) d8 =	6	como d2 + d8 =	23	<40	
38	28,21	S17	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 7 0) d7 =	5	como d1 + d7 =	14	<40	
39	28,19	S59	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 9 0) d9 =	7	como d5 + d9 =	10	<40	
40	27,50	S57	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 7 0) d7 =	5	como d5 + d7 =	8	<40	
41	27,42	S26	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 6 0) d6 =	33	como d2 + d6 =	50	>40	
42	26,48	S112	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 12 0) d12 =	11	como d1 + d12 =	20	<40	
43	25,99	S1011	R(0 10 0) d10 =	16	R(0 11 0) d11 =	28	como d10 + d11 =	44	>40	
44	24,26	S811	R(0 8 0) d8 =	6	R(0 11 0) d11 =	28	como d8 + d11 =	34	<40	
45	23,80	S24	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 4 0) d4 =	31	como d2 + d4 =	48	>40	
46	22,93	S38	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 8 0) d8 =	6	como d3 + d8 =	18	<40	
47	21,35	S25	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 5 0) d5 =	3	como d2 + d5 =	20	<40	
48	20,97	S611	R(0 6 0) d6 =	33	R(0 11 0) d11 =	28	como d6 + d11 =	61	>40	
49	19,82	S39	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 9 0) d9 =	7	como d3 + d9 =	19	<40	
50	19,57	S37	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 7 0) d7 =	5	como d3 + d7 =	17	<40	
51	19,37	S18	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 8 0) d8 =	6	como d1 + d8 =	15	<40	

52	18,38	S411	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 11 0) d11 =	28	como d4 + d11 =	59	>40	
53	18,17	S110	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 10 0) d10 =	16	como d1 + d10 =	25	<40	
54	16,58	S511	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 11 0) d11 =	28	como d5 + d11 =	31	<40	
55	15,86	S1012	R(0 10 0) d10 =	16	R(0 12 0) d12 =	11	como d10 + d12 =	27	= 40	
56	15,80	S812	R(0 8 0) d8 =	6	R(0 12 0) d12 =	11	como d8 + d12 =	17	<40	
57	15,06	S16	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 6 0) d6 =	33	como d1 + d6 =	42	>40	
58	14,90	S23	R(0 2 0) d2 =	17	R(0 3 0) d3 =	12	como d2 + d3 =	29	<40	
59	13,59	S14	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 4 0) d4 =	31	como d1 + d4 =	40	= 40	
60	12,50	S15	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 5 0) d5 =	3	como d1 + d5 =	12	<40	
61	11,66	S311	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 11 0) d11 =	28	como d3 + d11 =	40	= 40	
62	11,62	S612	R(0 6 0) d6 =	33	R(0 12 0) d12 =	11	como d6 + d12 =	44	>40	
63	9,76	S412	R(0 4 0) d4 =	31	R(0 12 0) d12 =	11	como d4 + d12 =	42	>40	
64	9,25	S13	R(0 1 0) d1 =	9	R(0 3 0) d3 =	12	como d1 + d3 =	21	<40	
65	8,52	S512	R(0 5 0) d5 =	3	R(0 12 0) d12 =	11	como d5 + d12 =	14	<40	
66	5,31	S312	R(0 3 0) d3 =	12	R(0 12 0) d12 =	11	como d3 + d12 =	23	<40	

Fuente La Autora, 2019

7. Solución final – validación

Según los cálculos anteriores, se resuelve que la ruta ideal, se reparte como se ve en la siguiente tabla 26,

Tabla 26. Solución final

	RUTA	DEMANDA
1	R(0 4 5 0)	34
2	R(0 7 9 2 12 0)	40
3	R(0 3 8 10 0)	34
4	R(0 1 11 0)	37
5	R(0 6 0)	33

Fuente La autora, 2019

Para verificar el ahorro, obtenido se calcula el costo inicial de las rutas iniciales, se le resta el costo ideal que es la suma de las rutas utilizadas que se demuestran en la tabla 26, y así se obtiene el ahorro, que fue de 307,02

Costo inicial (cada cliente saliendo desde el punto 0) = 645,95
 Costo final (cada uno de los cruces realizados como se muestra en la tabla 26) = 338.93
 Ahorro (resta del costo inicial al costo final obtenido) = 307,02

8.2. MOP

Cada empresa tiene establecido un modelo de ruteo, para que sus transportadores cumplan con la entrega de mercancía a sus clientes, entre los posibles modelos, se puede encontrar:

- MOP - Multicriteria Optimization Problem: problema de optimización multicriterio, donde la solución es un conjunto de soluciones no dominadas.

Este modelo es común en pequeñas empresas donde según la ruta diaria, se establece la ruta que se va a realizar. Entre los criterios que pueden determinar la ruta se encuentra, la capacidad productiva, producción, empleo, tiempo, costos, distancias entre otros factores relevantes.

Formulación general:

F: espacio de decisiones o soluciones (continuo: región factible, $F \subseteq \mathbb{R}^n$)

Z (F): espacio de objetivos o resultados (criterios numéricos: $z (F) \subseteq \mathbb{R}^p$)

opt $z = (z_1(x), \dots, Z_p(x))$

$x \in F$

- ✓ Ejemplo de modelo para repartidores que trabajan con cargue de mercancía sin cliente establecido, son rutas que el transportador va realizando buscando los clientes para salir de la mercancía entregada ese día. Un transportador de productos de una compañía de papas con medio de transporte un triciclo, tiene 3 rutas diferentes para realizar en su primer día. Para escoger la ruta sus criterios son: ubicación y promedio de pedidos. Dice que los pedidos entregados es 5 veces más importante que la ubicación ($w_1 = 0,17$ y $w_2 = 0,83$), esta ponderación la da puesto que le pagan por pedido entregado. La ubicación se asigna por distancia a recorrer y los pedidos un promedio de pedidos entregados anteriormente en esas rutas, Su tabla de decisión es la 27,

Tabla 27. Ruta día 1.

Criterio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
Ubicación	18,9	22,7	31,4
Pedidos	54,5	47,3	45,2

Fuente. La Autora

Ruta 1: $0,17 * 0,189 + 0,83 * 0,545 = 0,4844$

Ruta 2: $0,17 * 0,227 + 0,83 * 0,473 = 0,4311$

Ruta 3: $0,17 * 0,314 + 0,83 * 0,452 = 0,4285$

La Ruta ideal para ser realizada por el transportador es la Ruta 1, pues es la más corta aunque debe entregar más pedidos, lo que se puede deducir es que tal vez los clientes son más continuos que en las otras rutas, es una zona netamente comercial.

- ✓ Otro ejemplo que se puede entablar es la diferencia de vehículos para compra por la compañía. Se elige dos modelos de vehículos pero no de una referencia específica, solo por capacidad del vehículo, se le asigna un total de pedidos máximo a cargar por cada vehículo, se le da un precio a pagar al transportador por pedido entregado, al vehículo más grande se le da un extra, el coste de pedido para la empresa, el consumo de gasolina y el valor de los vehículos. Se establece una tabla con las especificaciones en cada caso según varios criterios claves, especificados en la tabla 28,

Tabla 28. Resumen de especificaciones

Modelo	Vehículo turbo(a)		Camión sencillo(b)	
Numero de pedidos totales	70		95	
Pedidos entregados/devueltos día	60	10	70	25
Precio promedio por pedido	\$3000	\$1000	\$3200	\$1200
Coste pedido	700	800	800	1000
Cubicaje (TCC, 2019)	23m3		45m3	
Consumo galón (MT, 2019)	9,5 litros/100kms		9,7 litros/100kms	
Coste Adquisición (TuCarro, 2019)	120.000.000		150.000.000	

Fuente. La Autora

Restricciones

- La compra de vehículo es mayor o igual a 0.
 $a, b \geq 0$
- Se desea comprar mínimo 2 turbos
 $a \geq 2$
- El presupuesto disponible para la compra de los aparatos se encuentra por debajo de D_1 :

$$[[A_1 a]] + [[A_2 b]] \leq D_1$$

Siendo:

- ✓ D_1 el capital máximo disponible para la compra.
- ✓ A_1 y A_2 el precio de adquisición del modelo Turbo y camión sencillo respectivamente.
- ✓ a y b el número de camiones Turbo y sencillo respectivamente adquiridos por la empresa.

Para este problema:

$$D_1 = \$500.000.000$$

$$A_1 = \$120.000.000$$

$$A_2 = \$150.000.000$$

a, b son las variables.

Sustituyendo se tiene

$$120.000.000a + 150.000.000b \leq 500.000.000$$

- El número de viajes que la empresa calcula que debe realizar para satisfacer la demanda debe ser superior a U viajes diarios:

$$V_1 a + V_2 b \geq U$$

Donde:

- V_1 y V_2 es el número de viajes diarios que puede realizar el modelo a y el modelo b , respectivamente.
- U es el número de viajes diarios que debe hacer la empresa.

Para el ejemplo

$$V_1 = 3$$

$$V_2 = 2$$

$$U = 10$$

$$3a + 2b \geq 10$$

Planteamiento de los Objetivos

La empresa obtiene el grueso de sus ingresos procedente de la venta sus productos. Estos ingresos se miden en Pesos, y constituirá el total de mercancía vendida diariamente:

$$a(t_1p_1 + bs_1p_2) + b(t_2p_1 + bs_2p_2)$$

de los cuales para obtener el beneficio hay que minorar los costes operativos:

$$a[C_{TA}t_1 + C_{BA}bs_1] + b [C_{TB}t_2 + C_{BB}bs_2]$$

Siendo:

t_1, t_2 , el número de pedidos totales diarios en cada modelo, respectivamente.

bs_1, bs_2 , el número de pedidos entregados en el día, respectivamente.

P_1 y P_2 el precio promedio por pedido entregado.

a y b el número de Vehículos respectivamente adquiridos por la empresa.

C_{TA}, C_{TB} , coste de pedidos asignados.

C_{BA}, C_{BB} , el coste por pedidos entregados.

Por tanto, sabiendo que

Beneficio = Ingresos – costes

$$B^{\circ} = a(t_1P_1 + bs_1P_2) + b(t_2P_1 + bs_2P_2) - a[C_{TA}t_1 + C_{BA}bs_1] + b[C_{TB}t_2 + C_{BB}bs_2]$$

El segundo objetivo de la empresa consiste en minimizar el consumo de combustible, y que vendrá representado por:

$$[(t_1 + bs_1)c_1]a + [(t_2 + bs_2)c_2] b$$

s.a $a \geq 2$

$$120.000.000a + 150.000.000b \leq 500.000.000$$

$$3a + 2b \geq 10$$

Siendo:

t_1, t_2 e bs_1, bs_2 el número de pedidos entregados

c_1 y c_2 el consumo en litros por cada 100 kilómetros.

a y b el número de vehículos respectivamente adquiridos por la empresa.

$$\text{Max } B^{\circ} = a(60 \times 3000 + 10 \times 1000) + b(70 \times 3200 + 25 \times 1200) - [700 \times 60 + 800 \times 10]a - [800 \times 70 + 1000 \times 25]b$$

$$\text{Max } B^{\circ} = a(190000) + b(254000) - 50000a - 81000b$$

$$\text{Max } B^{\circ} = 140000a + 173000b$$

$$\text{Max } B^{\circ} = 766000$$

Beneficio de \$766000 obtenido al adquirir 3 turbo y 2 camiones sencillos.

$$\text{Min Consumo} = [70 * \frac{9,5}{100}] a + [95 * \frac{9,7}{100}] b$$

$$\text{Consumo} = 19,95 + 18,43$$

Mientras que el consumo pasaría a ser de 38,38 litros / km

- Otro problema de ruteo que se puede encontrar es el problema SVRP (VRP estocástico): es un VRP en donde una o varias variables son aleatorias y cambian en el tiempo, resuelto a partir de metaheurísticas como búsqueda Tabú, recocido simulado, colonias de hormigas y algoritmos evolutivos.
- Está el problema PVRP (VRP periódico): tiene en cuenta un periodo de tiempo durante el cual los clientes deben ser atendidos, modelo resuelto mediante relajación lagrangiana.

- El SDVRP (VRP de entrega fraccionada): en este problema se permite que el mismo cliente pueda ser atendido por diferentes vehículos si el costo total de entrega se reduce. Se aplica cuando la demanda de algunos clientes es mayor que la capacidad de los vehículos de entrega, modelo fue mediante programación dinámica.
- También el VRPB (VRP con retornos), es aquel en el que los clientes pueden retornar algunas mercancías, por lo tanto, se hace necesario determinar que los bienes devueltos al vehículo puedan caber en él. El VRPB fue resuelto mediante la utilización de algoritmos genéticos. Este último modelo es muy común, pues se encuentran en algunas empresas altos volúmenes de devolución.
- El Método de Barrido tiene dos etapas, las paradas se asignan a los vehículos y luego se determina la secuencia de las paradas dentro de las rutas.
- El Método de ahorro tiene como objetivo minimizar indirectamente el número de vehículos necesarios para atender todas las paradas y es capaz de generar soluciones más cerca a la óptima, partiendo de que maneja muchas restricciones, principalmente porque es capaz de formar rutas y ordenar paradas de rutas simultáneamente. El Algoritmo de Clarke y Wright, es también conocido como método del ahorro, consiste en conectar los clientes de a pares con la estación y calcular los ahorros que se obtienen en cuanto a costos de transporte se refiere, jerarquizar las opciones de unión por ahorros decrecientes y adoptar la alternativa de unión donde se obtenga el máximo ahorro, el cual debe ser congruente con el número de vehículos y capacidades de los mismos.
- ✓ Como ejemplo de una empresa del sector alimentos, ubicada en Bogotá, se toma un modelo que presenta las siguientes características:
 - Único deposito a varios destinos salida y regreso a punto origen (Mono origen - multidesino)
 - Diferentes tipos de vehículo con un solo recorrido diario (Flota Heterogénea)
 - Todos los clientes deben ser atendidos antes de las 17:00 horas(Con ventana de tiempo)
 - Sin limitación de carga (Capacidad disponible)

Para poder resolver el problema descrito anteriormente, se plantea un modelo de programación lineal entera. El objetivo es minimizar el tiempo del recorrido total, determinar el número de vehículos necesarios para cumplir con la totalidad de la demanda dentro del tiempo acordado con el cliente, poder mejorar la capacidad de la flota y aumentar el nivel de cumplimiento.

Los datos utilizados para el desarrollo del modelo son determinísticos, pues los destinos que los transportadores deben visitar se conocen el día anterior cuando el vendedor generó el pedido y los datos del tiempo se hallaron con la formula $t=d/v$. se toma de referencia una zona en particular y se plantea lo siguiente:

Subíndices

i, j : Depósito y Clientes, donde $i=1, \dots, D+C$ y $j=2, \dots, D+C$

Conjuntos

$N=C \cup D$; conjunto que contiene al depósito y a los clientes

$C= \{D+1, \dots, D+C\}$; conjunto de clientes

$D= \{1, \dots, D\}$; conjunto de depósitos

$k= \{1, \dots, K\}$; conjunto de vehículos

VARIABLES DE DECISIÓN

X_{ij} : 1 si el arco del Cliente "i" al cliente "j" es atendido, 0 en caso contrario Y_{ij} : matriz de valores de 0 hasta ∞ que representa las unidades de carga de cada vehículo. La carga restante que queda en el vehículo después de visitar el cliente.

m: número de vehículos a usar $\{0 < m \leq 10\}$

PARÁMETROS

T_{ij} : tiempo de ir desde un Cliente "i", al Cliente "j"

D_j : Demanda del cliente "j"

Q: Capacidad del vehículo "k"

Función objetivo

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

La ecuación (1) representa la función objetivo del problema, la cual consiste en la planeación de las rutas minimizando el tiempo del recorrido.

Restricciones

$$\sum_{j \in N} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in C \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} X_{ji} = 1 \quad \forall i \in C \quad (3)$$

$$\sum_{j \in C} X_{1j} = m \quad (4)$$

$$\sum_{j \in C} X_{j1} = m \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N} Y_{ij} - \sum_{j \in N} Y_{ji} = D_i \quad \forall i \in C \quad (6)$$

$$D_j X_{ij} \leq Y_{ij} \quad \forall i \neq j \in N \quad (7)$$

$$Y_{ij} \leq (Q)X_{ij} \quad \forall i \neq j \in N \quad (8)$$

$$X_{ij} = \{0,1\} \quad \forall i, j \in N \quad (9)$$

Las restricciones (2) y (3) cumplen que cada nodo es atendido una sola vez por un único vehículo; el conjunto de restricciones (4) y (5) garantizan que los vehículos necesarios empiecen y terminen su ruta en el nodo de origen (deposito). Las restricciones (6) y (7) cumple que dentro de la ruta de cada vehículo se realice un único recorrido y calcula la carga restante que queda en cada vehículo luego de visitar un cliente. La restricción (8) garantiza que la demanda no supere la capacidad del vehículo. Finalmente, la restricción (9) garantiza que la variable sea entera binaria.

Se realizó la programación apropiada en el modelo propuesto para cada uno de los días, es decir, los pedidos entregados después del tiempo pactado con el cliente se incluyeron al día en el que debieron ser despachados, comprobando que todos los servicios fueran entregados en el tiempo acordado. Se tiene un Gap (déficit) del 12%, un promedio de 7 minutos en entrega de cada pedido.

El primer día se registró 340 pedidos con la capacidad de 2 vehículos al 100%. El tiempo total del recorrido fue aproximadamente 8 horas y 5 pedidos devueltos a la compañía. El segundo día se registro 336 pedidos donde la capacidad de dos vehículos fue del 100%. El tiempo total de recorrido fue aproximadamente 7 horas. Adicionalmente 4 servicios se entregaron fuera del tiempo pactado. El tercer día se registraron 160 pedidos entregados por 3 vehículos. El tiempo total de recorrido fue de 8 horas aproximadamente. El cuarto día se registraron 420 servicios donde la capacidad de dos vehículos es del 100%. El tiempo total de recorrido fue aproximadamente de siete horas. Se usaron 4 vehículos y 8 servicios llegaron fuera del tiempo pactado. El quinto día se registraron 240 servicios donde la capacidad de dos vehículos es del 100%. El tiempo total de recorrido fue de ocho horas y se utilizaron cinco vehículos.

En resumen, para esta semana se utilizó un promedio de 4.2 vehículos, presentando 17 servicios tardíos. El número de servicios realizados por vehículo oscila entre 48 y 105 pedidos diarios. Aunque el registro de entrega no fue después de las 18:00 horas los servicios se clasifican como tardíos ya que estaban programados para días anteriores. Es importante resaltar que cada vehículo tiene una ruta diferente la cual fue programada con anterioridad.

Tabla 29. Comportamiento inicial semana

Día	Variable	Cantidad de vehículos	Capacidad Utilizada	Tiempo Total (min)	Pedidos entregados
1		5	64%	2680	335
2		4	80%	2352	336
3		3	50%	1280	160
4		4	75%	1680	420
5		5	45%	1200	240

Fuente: La Autora, 2019

Como resultado para la semana del día 1 al 5, se toma de referencia un estándar de tiempo máximo de entrega de pedidos por cliente de 5 minutos, se dice que se necesitan 4.2 equivalente a 5 vehículos para completar la ruta de la zona elegida, pero se pierde capacidad en un vehículo del 80% aproximadamente, entonces se hace ajustes en la ruta para eliminar un vehículo y acomodar los pedidos y las rutas para beneficio de transportadores y de la compañía. Se decide un horario de 8 horas diarias debiendo entregar todos los pedidos antes de las 17:00 horas (5:00p.m), se tiene un máximo de 385 pedidos diarios.

El primer día se registró 340 pedidos. El tiempo total del recorrido fue aproximadamente 7.08 horas. El segundo día se registro 336 pedidos, donde el tiempo total de recorrido fue 7 horas. El tercer día se registraron 200 pedidos, se adelantan unos del día 4, el tiempo total de recorrido fue de 4.1 horas aproximadamente. El cuarto día se registraron 380 servicios, el tiempo total de recorrido fue aproximadamente de 7.9 horas. El quinto día se registraron 240 servicios, el tiempo total de

recorrido fue de 5 horas. Se usaron 4 vehículos todos los días.

Tabla 30. Resultados del modelo semana seleccionada

Variable Día	Cantidad de vehículos	de	Capacidad Utilizada	Tiempo Total(horas)	Pedidos entregados
1	4		88%	7.08	340
2	4		87%	7	336
3	4		53%	4.1	200
4	4		98%	7.9	380
5	4		62%	5	240

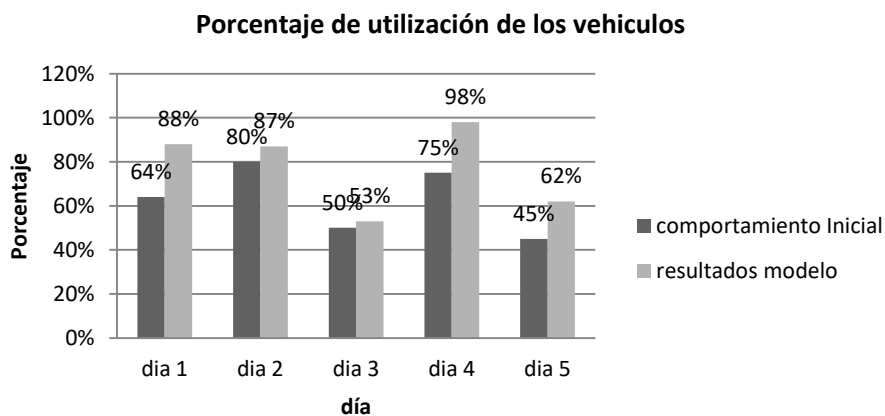
Fuente: La Autora, 2019

En resumen, para esta semana se utilizó 4 vehículos, cumpliendo con todas las entregas. El número de servicios realizados por vehículo oscila entre 50 y 95 pedidos, promedio de 75 pedidos diarios por vehículo. Se calcula trabajar menos de 8 horas, días con gran ventana de descanso como el día 3 que solo se trabajan casi 4 horas o el día 5 con 5 horas. Cabe resaltar que se realizó la programación apropiada en el modelo para cada uno de los días, los servicios que se registraron como tardíos se incluyeron en el día en el que debieron ser entregados. Comprobando que todos los servicios fueran entregados en el tiempo acordado con los clientes para no incurrir en costos como multas y motos adicionales. Es importante resaltar que cada vehículo tiene una ruta diferente la cual fue programada con anterioridad.

Respecto a los resultados obtenidos se evidencia que se elimina 1 vehículo utilizado de mas en el día 1 y 5, el porcentaje de utilización aumento en un 15%, se descansan casi 8 horas distribuidas en toda la semana, lo que sugiere que se revisé lograr organizar las rutas y trabajar solo 4 días completos en la semana y así se logre disminuir mas los costos de la empresa y no se necesite tercerizar el servicio. Adicionalmente por medio del modelo se verifica que se cumple con la totalidad de la demanda. Con los resultados obtenidos por el modelo y el comportamiento real que tuvo la flota de transporte los días seleccionados.

Se realizó un cálculo obteniendo el promedio del porcentaje de utilización por día de los vehículos. Como se puede observar el modelo propuesto hace más eficiente la flota de transporte en un 15% en promedio. En el comportamiento real la utilización de los vehículos no es mayor al 80% lo que significa que se está perdiendo una quinta parte de la capacidad disponible, se muestra esa información en la figura 31,

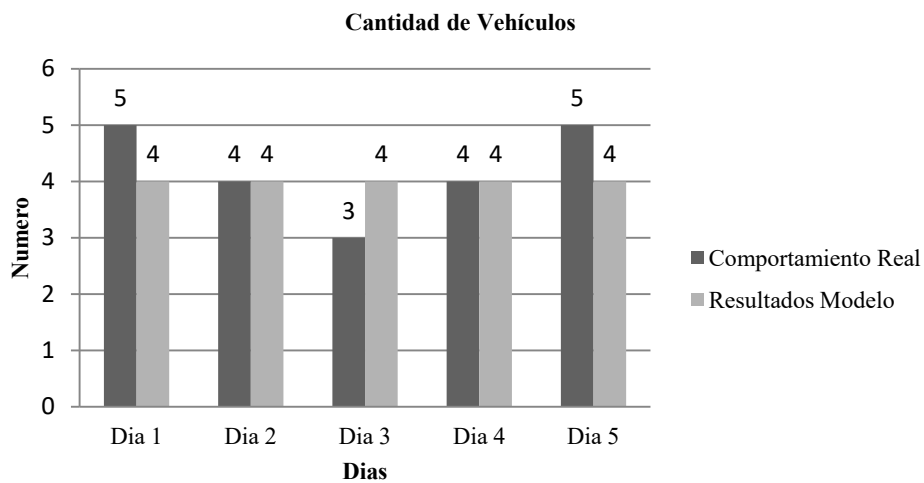
Figura 31. Comparación porcentaje de utilización de vehículos



Fuente: La Autora, 2019

Se presenta también la grafica 32, donde se muestra la disminución en la cantidad de vehículos por día, dejando 4 vehículos diarios. El día 1, 2 y 4 se entregaron más pedidos, utilizando una capacidad de los vehículos mayor a 80%. El número de vehículos utilizados en el modelo son 4, los cuales no superan la cantidad máxima de vehículos utilizados en el comportamiento real al utilizar menos vehículos es posible aumentar el porcentaje de utilización de la flota de transporte.

Figura 32. Comparación cantidad de vehículos



Fuente. La Autora, 2019

CONCLUSIONES

- Los procesos de distribución se ven afectados por el proceso de entrega en los clientes y se necesita del apoyo del personal de ventas para generar acercamientos con los clientes y así agilizar este proceso buscando un mayor flujo dentro de la distribución.
- El uso de herramientas tecnológicas facilitan el proceso de simulación, con el fin de obtener resultados de manera más rápida y así agilizar la toma de decisiones dentro de las organizaciones.
- Las decisiones que se tomen en los procesos de ruteo no solo son basadas en los resultados arrojados por las herramientas tecnológicas o académicas, sino que necesita se haga un análisis profundo de los resultados y se deje espacio para los aportes de conocimiento adquirido dentro de los procesos por las personas que lo ejecutan.
- En los procesos de implementación se hace indispensable que todos los actores del mismo, den sus opiniones y se socialice de manera muy objetiva, hagan aportes que puedan enriquecer el proceso y sobre todo que exista compromiso y acompañamiento constante.
- Cuando se realiza un diagnóstico general de cada una de las rutas del canal tradicional atendidas desde el CEDI por cada empresa se encuentran oportunidades de mejora que permiten reducción de los costos logísticos de distribución.
- Para una empresa realizar un modelo de gestión de ruteo ideal, primero se debe establecer las variables del modelo, los problemas que actualmente tiene y así poder generar la solución que mejor le convenga bajo el método que mayor optimización le ofrezca.
- El VRP o problema de ruteo de vehículos es un problema de optimización que tiene como objetivo principal disminuir los costos de transporte asociados a rutas de reparto, se establece al contar con una flota de vehículos que debe atender a un conjunto de clientes, en una zona geográfica establecida cumpliendo la entrega de bienes a este conjunto de clientes. El método de barrido y método de ahorro son los más comunes para resolver problemas de ruteo.
- Hay diferentes problemas de VRP, que depende de la capacidad de la flota en finita e infinita, homogénea o heterogénea depende de la capacidad de la flota, y si el camión viene específicamente con una única capacidad de carga es un modelo capacitado, con ventana de tiempo si la ruta tiene tiempos específicos de entregas, o abierta si no hay restricción para terminar la ruta, mono origen multidespacho significa que sale de un único CEDI para diferentes clientes.
- Se establecen 9 tipos de VRP, el CVRP es cuando se tiene una capacidad limitada en la capacidad de la flota, el VRPTW con ventanas de tiempo cuando se tiene un horario establecido para atender a todos los clientes, MDVRP con múltiples depósitos, que también puede presentar con flota propia y contratada, el PVRP o periódico cuando se atiende a los mismos clientes cíclicamente cada determinado tiempo, SDVRP de entrega fraccionada donde es posible que se necesiten varios vehículos para entregar el pedido a un solo cliente por el alto volumen de mercancía, o la variedad de referencias, SVRP es estocástico, tiene variables no definidas que cambian según cliente, VRPPD picking and delivery, con entrega y recogida donde se le entrega al cliente su mercancía pero posiblemente se deba devolver productos al CEDI y se debe contar con ese espacio dentro del vehículo, VRPB con retornos, donde el cliente devuelve mercancía al CEDI y el MFVRP MIXED FLEET o distintas capacidades donde la flota que tiene la empresa puede ser diferentes vehículos con diferentes cargas.
- El primer ejemplo es **CVRP** un caso donde una empresa tiene 12 clientes, un único CEDI como punto de distribución, con vehículos de capacidad 40, y según los cálculos se dice que se necesitan 5 vehículos, el resultado es que cada vehículo lleva en su ruta 2 4 3 2 1 para que se cumpla con la demanda diaria, obteniendo un ahorro valorado en 307.
- El siguiente ejemplo, es la ruta a seleccionar por un transportador, de una empresa de venta de productos de panadería o entrega de paquetes de papas fritas, donde el transportador hace de

vendedor – entregador al momento de la visita al cliente, y generalmente se transporta en triciclo, donde la ruta seleccionada es la más larga, pero que tiene más clientes a visitar lo que le genera más ingresos pues le pagan por pedido entregado a cliente visitado.

- El siguiente ejemplo es la compra de un vehículo entre una turbo y un camión sencillo para la flota de una empresa, donde se tiene en cuenta indicadores como el cubicaje del vehículo, la gasolina que consume, la cantidad de pedidos que le caben y el ejercicio de la elección de 3 turbos y 2 camiones sencillo teniendo un costo beneficio mayor a \$800.000=
- El ultimo ejemplo, es el modelo que se formuló de manera que se usara un máximo de 5 vehículos (diciendo que es la flota fija del servicio Next Day para una empresa de productos de consumo masivo, en una zona delimitada de una localidad seleccionada), se estableció el uso de 4 vehículos diarios; la demanda se conoce debido a que los clientes solicitan el servicio, en la noche se realiza el alistamiento del pedido y al siguiente día ya se sabe lo que cada transportador debe entregar; no se presenta limitación de carga puesto que los vehículos nunca van con su capacidad máxima; se programaron todos los servicios que debían ser entregados en cada uno de los días para que no se presentaran fuera por la hora ni por el día.
- En los resultados arrojados por el modelo se evidencio que se visitan todos y cada uno de los clientes, con el vehículo asignado. El día 1 se visitaron 340 clientes usando 4 vehículos, cada vehículo atendiendo un promedio de 85 clientes con un promedio de 88% en la capacidad utilizada y gastando un total de 7.08 horas aproximadamente. El día 2 se atendieron 336 clientes que son 84 pedidos en 7 horas por un total de 4 vehículos. El día 3 se visitaron 200 clientes en 4.1 horas aproximadamente, utilizando 4 vehículos de la flota que se encargaron de 50 clientes en promedio cada uno y con un mínimo de 53% en la capacidad utilizada. El día 4 es el día más alto en demanda, se atendieron 380 servicios correspondientes a 95 clientes con 4 vehículos en un total de 5 horas, usando el 98% de su capacidad disponible. El día 5 se ocuparon de 240 clientes, en 5 horas por 4 vehículos con un promedio de 60 clientes por cada transportador, todo lo anterior cumpliendo al 100% con las demandas de los clientes en el tiempo pactado. En este caso los clientes hacen referencia a cada destino diferente que haya estado en la programación de los vehículos.
- De acuerdo al modelo planteado se identifica que este podría ser mejorado por medio de incorporación de ventanas de tiempo, el cambio a flota heterogénea y la integración de un porcentaje mínimo de utilización de la flota de transporte.

RECOMENDACIONES

- Debe realizarse un diagnóstico general de cada una de las rutas del canal tradicional atendidas desde el CEDI, con el fin de encontrar oportunidades de mejora que permitan la reducción de los costos logísticos de distribución.
- Se debe hacer uso de métodos y teorías académicas que puedan dar apoyo a la reestructuración de las rutas.
- Aprovechando la herramienta Excel, se calcula un modelo CVRP dividiendo en 8 pasos, el proceso para conseguir la solución ideal del ruteo basado en la capacidad de los vehículos.
- Hay que realizar el enrutamiento de los clientes apoyándose en técnicas de ruteo, incluyendo este proceso dentro de las actividades del personal encargado de la planeación y el control del transporte.
- Cada empresa tiene la autonomía para elegir el modelo indicado para su ruteo, basado en las variables y problemas que las rutas presenta, puede probar diferentes opciones y la que mejor le de optimización puede implementarla.
- El tercer ejemplo, es un modelo propuesto que puede ser implementado para mejorar la operación del servicio Next Day o también llamado tienda a tienda, en cualquier empresa. Es posible que la flota fija disminuya, que no se presente capacidad ociosa y se aumente el porcentaje de utilización de los vehículos disminuyendo así costos operativos.
- Se recomienda a los transportadores utilizar una aplicación de tránsito y navegación que muestre en tiempo real el estado de las calles a transitar, para proyectar el tiempo aproximado de la ruta y no se den demoras.
- Es importante tener presente sucesos significativos como: los horarios en los que los clientes pueden recibir los respectivos pedidos, y los clientes aledaños para adelantar, sin que se altere el recorrido inicial planteado lineal, donde la idea es no pasar por un mismo cliente varias veces, además realizar una buena y eficiente programación de los puntos que deben visitar los transportadores para que no se pierda mucho tiempo en recorrer ciertos puntos de la ciudad.
- De acuerdo al modelo planteado se identifica que este podría ser mejorado de dos formas, la primera es por medio de un balanceo de carga en las horas puesto que en los resultados se evidencio que los vehículos trabajan menos del tiempo establecido por la empresa y la segunda convirtiendo la flota de transporte en heterogénea para evaluar los diferentes tiempos de operación de la misma.

Bibliografía

- Altekar, R. (2005). *Supply Chain Management: Concepts and Cases*. Prentice Hall.
- Anaya T, J. J. (2000). "Tipos de Vehículos". In *El transporte de mercancías: Enfoque logístico de distribución* (pp. 78 - 81). Esic Editorial.
- Anaya Tejero, J. J. (2007). *Gestión del Transporte*. In *Logística Integral: La Gestión Operativa de la Empresa 2 Ed* (pp. 241, 242, 252). España: Esic Editorial.
- Ballou, R. H. (2004). Principios para una buena programación y diseño de rutas. In *Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición* (pp. 92,240, 590). México: Pearson Prentice Hall.
- Barán, B. &. (2001). *Comparación de un Sistema de Colonia de Hormigas y una Estrategia Evolutiva para el Problema del Ruteo de Vehículos con Ventanas de Tiempo en un Contexto Multiobjetivo*. San Lorenzo, Paraguay: Centro Nacional de Computación, Universidad Nacional de Asunción.
- Bermeo, E. (2009, Enero - Junio). *El hombre y la máquina*. Retrieved from Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte: <http://www.redalyc.org/pdf/478/47811604005.pdf>
- Bermón, L. (2015, Diciembre 08). *Definición de un Modelo*. Retrieved from <http://www.virtual.unal.edu.co>
- Bibling. (n.d.). *Gestion Eficiente de Fotas de Vehiculos por carretera*. Retrieved from http://bibling.us.es/proyectos/abreproy/5096/fichero/2_GESTION+EFICIENTE+DE+FLOTAS+DE+VEH%C3%8DCULOS+POR+CARRETERA.pdf
- Castellanos Ramirez, A. (2009). *Manual de gestión logística del transporte y distribución de mercancías*, Logística. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Chávez, J., & Torres-Rabello, R. (2012). In *Supply Chain Management: Logrando Ventajas Competitivas a través de la Gestión de la Cadena de Suministro* (p. 94). RIL Editores.
- CLM. (n.d.). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Retrieved from Normas del Consejo de la Dirección Logística: <http://www.clm1.org>
- Cruz R, M. (2018, Octubre 30). *El Tiempo*. Retrieved from Mejora la competitividad, pero preocupa el empleo en la Sabana Centro: <https://www.eltiempo.com/bogota/preocupa-desempleo-en-sabana-centro-segun-informe-como-vamos-287758>
- DANE. (2018, Abril 06). *DANE*. Retrieved from Mercado laboral por departamentos Año 2017: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ml_depto/Boletin_dep_17.pdf
- Duarte, P., & Leidy, G. (2016). *Universidad La Salle*. Retrieved from MODELO DE CAPACIDAD PARA LA FLOTA DE TRANSPORTE DEL SERVICIO NEXT DAY EN DHL SUPPLY CHAIN BOGOTÁ: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18393/47112078_2016.pdf?sequence=1
- Enric, B. (2011). *La gestión por procesos en las organizaciones*.
- Escudero, M. (2014). *Logística de Almacenamiento*. Ediciones Paraninfo.
- Florez, D. (2009). *Propuesta de Rediseño de las Rutas de Entrega AM para DHL Express Quito*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Gomez R., A. (2005, Diciembre). *Biblioteca Digital Universidad Nacional*. Retrieved from EL ESTADO DEL ARTE EN LA MODELACIÓN DE PROBLEMAS DE TRANSITO: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1973/1/alejandrogomezrestrepo.2005.pdf>
- Gonzalez, L., & Gonzalez, M. (2013). *PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN DE RUTAS Y GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LA COMERCIALIZADORA JG ARTIPAN EU*. Retrieved from <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7774/GonzalezAlzateLilianJohana2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- grafos _soft. (2017, 07 12). Retrieved from https://arodrigu.webs.upv.es/grafos/doku.php?id=problema_cvrp
- Hart, N. (2011). *The CIM Marketing Dictionary*. 79: Routledge Taylor & Francis Group.

- Hernandez O, Y. A. (2016). *Universidad Distrital*. Retrieved from DISEÑO DE UN SISTEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS CON MÚLTIPLES DEPÓSITOS EN EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3600/1/Hern%C3%A1ndezOrtizYimyAlexander2016.pdf>
- ICONTEC. (2005). Norma ISO9000:2005. *NORMA ISO 9000:2005 Fundamentos y vocabulario*.
- Iglesias L, A. L. (2013). Manual de Gestión de Flotas de Transporte.
- Infante Rivera, L. A., & Litvinchev, I. S. (2013). Routing vehicles in a special transportation network. *IFAC*, 386 - 388.
- Juran, Gryna, & Bingham. (2005). Manual de Control de la Calidad. Editorial Reverté.
- Kerzner, H. (2015). *International Institute for Learning, INC*. Retrieved from Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards : [https://www.iil.com/emailfiles/downloads/PM\(2.0\)_RDU_Part_2_Participant_File.pdf](https://www.iil.com/emailfiles/downloads/PM(2.0)_RDU_Part_2_Participant_File.pdf)
- Kloter, P., & Armstrong, G. (2003). Fundamentos de Marketing. Pearson Educación.
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). Administración de Operaciones: Estrategia y Análisis. Pearson Educación.
- Logistics, L. (2015, Diciembre 08). *Sistema de Gestión de Transporte*. Retrieved from www.leanlogistics.com
- López, R. (1993). Programación Lineal y Decisiones Económicas. Exlibris.
- Martínez, S., & Fong, K. (2015, Diciembre 07). *Gestión Integrada de Transporte*. Retrieved from www.logisticamx.enfasis.com
- Mayorga Torres, O. (2010). *Modelos de la Gestión Logística*. Bogotá: Ediciones Universidad Manuela Beltrán.
- Merco. (2019, 01). *Monitor empresarial de reputación corporativa*. Retrieved from <http://www.merco.info/co/ranking-merco-empresas>
- Mora, L. (2010). Gestión Logística Integral. Ecoe Ediciones.
- MT. (2019, Febrero 05). *Ministerio de Transporte*. Retrieved from file:///C:/Users/ADRI/Downloads/Modelo_para_la_determinacin_de_referencia.pdf
- Olivera, A. (2004). Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos. Montevideo, Uruguay: Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.
- Orrego, J. P. (2013, Diciembre). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. Retrieved from SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS CON CAPACIDAD LIMITADA “CVRP” ATRAVÉS DE LA HEURÍSTICA DE BARRIDO Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO GENÉTICO DE CHU-BEASLEY: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4000/5196075.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2008). Modelos de Transporte. Cantabria: Ediciones de la Universidad de Cantabria.
- Parmenter, D. (2010). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPI's*. John Wiley & Sons Inc.
- Paz, R. (2005). Servicio al Cliente: La Comunicación y la Calidad del Servicio en la Atención al Cliente. Ideaspropias Editorial.
- Perez Rodriguez, R., & Hernandez Aguirre, A. (2017). Un Algoritmo de Estimación de Distribuciones copulado con la Distribución Generalizada de Mallows para el Problema de Ruteo de Autobuses Escolares con selección de paradas. *Revista Iberoamericana de Automática e informática Industrial*, 288 - 298.
- Perez, José Antonio. (2010). In *Gestión por procesos* (pp. 54 - 56). Madrid: ESIC.
- Pérez, V. (2006). Calidad Total en la Atención del Cliente: Pautas para Garantizar la Excelencia en el Servicio. Ideas Propias Editorial.
- Portafolio. (2018, Agosto). *Guía de Empresas Colombianas*. Retrieved from <http://empresas.portafolio.co/departamento/BOGOTA/?qPagina=1>

- Press, O. U. (2015, Diciembre 07). *Oxford Dictionaries*. Retrieved from <http://www.oxforddictionaries.com>
- Rohrer, M. (1995). *Simulation and Cross Docking*. Retrieved from IEEE Explore: www.ieeexplore.ieee.org
- Sanchez G, G. (2008). Cuantificación y Generación de Valor en la Cadena de Suministro Extendida. Del Blanco Editores.
- Sánchez, T., & Torres M, A. J. (2001). Pregunta No.153. In *Introducción al transporte, colección de test de objetivos resueltos y comentados (1999-2001)* (p. 120). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Sandrine, S. (2012, Agosto 03). *Caletec*. Retrieved from Definición de capacidad de proceso: <https://www.caletec.com/6sigma/definicion-de-capacidad-de-proceso/>
- Sastre, M. (2009). Diccionario de Dirección de Empresas y Marketing. Ecobook.
- Taha, H. (2004). Investigación de Operaciones. Pearson Educación.
- TCC. (2019, Febrero 05). *Tipos de vehiculos* . Retrieved from <https://www.tcc.com.co/logistica/servicios-y-productos/carga-masiva/tipos-de-vehiculos/>
- Toro, E., Franco, J., & Gallego, R. (2016). Mathematical Model for Capacitated Location Routing Problem with Private Fleet and common carrier. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 357 - 369.
- Toth, P. &. (2002). *Vehicle Routing Problem*. Philadelphia, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- TuCarro. (2019, Febrero 05). *Tucarro*. Retrieved from <https://vehiculos.tucarro.com.co/camiones>
- Valencia, j. (2012, Junio). *Universidad La Salle*. Retrieved from PROPUESTA PARA FORTALECER LA CALIDAD DEL SERVICIO AL USUARIO EN LA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO SÍQUIMA EXPRESS S.A CON BASE EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MARKETING A PARTIR DE JUNIO DEL AÑO 2012: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17153/T11.12%20V234p.pdf>
- Vavra, T. (2003). Como Medir la Satisfacción del Cliente según la ISO 9001:2000. FC Editorial.