

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN  
DE RUTAS ESCOLARES EN LA COOPERATIVA MULTIACTIVA  
CLAVERIANA LTDA “COMULCLAVER”.**

**DIANA ALEXANDRA GRANADOS FORERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2011**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN  
DE RUTAS ESCOLARES EN LA COOPERATIVA MULTIACTIVA  
CLAVERIANA LTDA “COMULCLAVER”.**

**Trabajo de Grado presentado para optar al título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor**

**DIANA ALEXANDRA GRANADOS FORERO**

**Director**

**JAVIER EDUARDO ARIAS OSORIO**

**Ingeniero de Sistemas**

**Tutor**

**JOSÉ DAVID ARENAS ROJAS**

**Administrador de Empresas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Pedro Antonio (q.e.p.d) e Islena por el amor, apoyo y comprensión brindados a lo largo de toda la carrera.

A mis hermanos Gregorio y Pedro que directa o indirectamente me impulsaron a llegar a alcanzar esta meta.

A mis tíos Gerónimo (q.e.p.d) y José que me abrieron las puertas de su casa.

A todos mis amigos por tantos momentos compartidos.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma ayudaron para el logro de esta meta.

Diana Alexandra  
Granados Forero

Agradezco al profesor Javier Eduardo Arias Osorio, Director del proyecto por su orientación y paciencia durante el desarrollo del proyecto.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero Édgar Jesús Rojas por toda su colaboración y apoyo brindado.

A todos los miembros de la familia COMULCLAVER por acogerme y permitirme desarrollar este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3 ALCANCE	18
2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA	20
2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	20
2.2 RESEÑA HISTÓRICA	20
2.3 INSTALACIONES Y VEHÍCULOS	21
2.4 ENFOQUE ESTRATÉGICO DE COMULCLAVER	25
2.4.1 Misión	25
2.4.2 Visión	25
2.4.3 Valores de la Empresa	25
2.5 PRODUCTOS Y SERVICIOS	25
2.6 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	27
2.7 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE COMULCLAVER	31
3. MARCO TEÓRICO	33
3.1 MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE RUTAS	34
3.2 PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS (VRP)	34
3.2.1 Traveling Salesman Problem (TSP)	36
3.2.2 El Problema de los m Agentes Viajeros (m-TSP)	38
3.2.3 Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad (CVRP)	38
3.3 HEURÍSTICAS PARA LA SOLUCIÓN DEL VRP	38
3.3.1 Heurísticas Constructivas	38
3.3.1.1 Método de “Ahorros”	39
3.3.1.2 Método de “Barrido”	40

3.3.1.3	El vecino más cercano	41
3.3.2.	Heurísticas de Inserción	41
3.3.2.1	Inserción Secuencial de Mole & Jameson	42
3.3.2.2.	Inserción en Paralelo de Christofides, Mingozi y Toth	42
3.3.2.3	Método de Inserción K-opt	43
3.4	SCHOOL BUS ROUTING PROBLEM (SBRP)	43
3.5	MARCO LEGAL COLOMBIANO	44
3.6	HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS ÚTILES PARA EL DISEÑO DE RUTAS	47
3.6.1	ArcView GIS	48
3.6.2	Arcgis 10-Arcview	48
4.	DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE TRANSPORTE EN COMULCLAVER LTDA	51
4.1	PROCESOS DE COMULCLAVER LTDA	52
4.1.1	Procesos de Dirección	52
4.1.2	Procesos Operacionales	53
4.1.3	Procesos de Apoyo	53
4.2	PROCESOS OPERACIONALES EN COMULCLAVER LTDA	53
4.2.1	Planificación del Servicio de Transporte	54
4.2.1.1	Contacto con el Cliente	54
4.2.2	Elaboración de Rutas	58
4.2.2.1	Almacenamiento de la Información	58
4.2.2.2	Sectorización	59
4.2.2.3	Tipos de Servicio	63
4.2.2.4	Toma de Decisiones	64
4.2.2.5	Elaboración del Documento de la Ruta	64
4.2.3.	Asignación de Rutas	64
4.2.3.1	Seguridad de los Vehículos	67
4.2.3.2	Realización de Pre-Ruta	68
4.2.3.3	Asignación de Novedades	68

4.2.3.4	Monitoreo y Control Semanal de Novedades	68
4.2.4	Facturación y Cobro	69
4.2.4.1	Facturación Colegio San Pedro e Instituto Caldas	69
4.2.4.2	Facturación Colegio Comfenalco, Carl Rogers y San Sebastián	70
4.2.4.3	Facturación realizada por el transportador	70
4.2.4.4	Pago al Transportador	70
4.3	ANÁLISIS DE PROCESOS	71
4.3.1	Ineficiencias en la Planificación del Servicio	71
4.3.1.1	Pérdida de los Formularios	72
4.3.1.2	Inscripciones Extemporáneas	72
4.3.2	Ineficiencias en la Elaboración de Rutas	73
4.3.2.1	Ineficiencias en el Almacenamiento de la Información	73
4.3.2.2	Ineficiencias en la Sectorización	74
4.3.2.3	Ineficiencias en el Tipo de Servicio	75
4.3.2.4	Ineficiencias en la Elaboración del Documento de la Ruta	75
4.3.3	Ineficiencias con la Asignación de Rutas	75
4.3.3.1	Ineficiencias con la Realización de Pre-Ruta	77
4.3.4	Ineficiencias en la Facturación y Cobro	77
4.3.4.1	Recaudo por los Colegio San Pedro e Instituto Caldas	77
4.3.4.2	Recaudo por los Colegio Comfenalco, Carl Rogers y San Sebastián	78
4.3.4.3	Ineficiencias en la Facturación del Transportador	79
5.	DISEÑO DEL MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS EN COMULCLAVER LTDA	82
5.1	JUSTIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RUTAS ESCOLARES	82
5.2	DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PARA EL MODELO DE ASIGNACIÓN DE RUTAS	83
5.2.1	Clasificación de Niños por Jornada	83
5.2.2	Ubicación de Cada Niño	86

5.2.2.1	Obtención de Mapas	86
5.2.2.2	Sentido de las Vías	88
5.2.2.1	Ubicación de los estudiantes en los mapas	89
5.2.2.1	Elaboración de Script	90
5.2.3	Ubicación del Colegio	93
5.2.4	Capacidad del Parque Automotor	93
5.3	MODELO ALGORÍTMICO DE ASIGNACIÓN DE RUTAS	95
5.4	PROCEDIMIENTO CONTIGUO Y COMPLEMENTARIO AL MODELO	97
6.	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO ALGORÍTMICO PARA LA ASIGNACIÓN DE RUTAS ESCOLARES	101
6.1	DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	101
6.1.1	Prototipo Año 2.010	101
6.1.2	Prototipo Año 2.011	104
6.2	RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN	106
6.2.1	Análisis de las rutas arrojadas por el modelo	111
6.2.1.1	Rutas Compactas	111
6.2.1.2	Rutas que permiten ser divididas	111
6.2.1.3	Rutas Dispersas	111
7.	CONCLUSIONES	117
8.	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFIA	121

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sede Administrativa de Comulclaver Ltda.	23
Figura 2. Valores de Comulclaver Ltda.	28
Figura 3. Organigrama COMULCLAVER LTDA	32
Figura 4. Representación del Sistema de Información en Comulclaver Ltda.	34
Figura 5: Representación Gráfica del VRP	37
Figura 6: Tour Hamiltoniano para red de 9 nodos con origen en nodo	39
Figura 7: Algoritmo de Ahorros 2 rutas antes y después de ser unidas	41
Figura 8. Mapa de Procesos de COMULCLAVER LTDA	54
Figura 9. Comunas de la ciudad de Bucaramanga	64
Figura 10. Diagrama causa-efecto del proceso de Planificación del Servicio	83
Figura 11. Diagrama causa-efecto de los procesos de Elaboración de Rutas, Asignación de Rutas y Facturación y Cobro	84
Figura 12. Representación de los factores para el modelo de asignación de rutas	86
Figura 13. Barrio San Francisco Bucaramanga	88
Figura 14. Barrio San Francisco Bucaramanga con clientes AMB	89
Figura 15. Bucaramanga con sentido de vías	91
Figura 16. Estudiantes del Colegio San Pedro Bachillerato ubicados en Bucaramanga	92
Figura 17. Script para elaboración de ruta	93
Figura 18. Matriz de Distancias Bucaramanga	94
Figura 19. Resultado del Algoritmo para el Colegio San Pedro Bachillerato Área Bucaramanga	100
Figura 20. Tabla en Excel con información completa de cada cliente	101
Figura 21. Ruta tres del Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga	102
Figura 22. Resultado del Prototipo realizado en el año 2.010	104
Figura 23. Ruta 5 con el prototipo 2.010	105

Figura 24. Visualización de Prototipo (Proceso Manual)	105
Figura 25. Resultado del modelo implementado para el 2.011	106
Figura 26. Resultados para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga	107
Figura 27. Ruta compacta para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga	114
Figura 28. Ruta que puede dividirse en dos para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga	115
Figura 29. Ruta con nodos dispersos para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga	119

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfica 1. Número de estudiantes promedio por barrio en Bucaramanga	61
Gráfica 2. Número de estudiantes promedio por barrio en Floridablanca	62
Gráfica 3. Disponibilidad Total entre el modelo y Cooperativa	113
Gráfica 4. Porcentaje de rutas compactas, dividas y dispersas generadas por el modelo	117

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Localización de Comulclaver Ltda.	24
Tabla 2. Características de la Flota Vehicular	24
Tabla 3. Talento Humano de Comulclaver	31
Tabla 4. Características del Software	52
Tabla 5. Clientes y recaudo en el año 2.010 y 2.011	57
Tabla 6: Transportadores con Rutas Asignadas	68
Tabla 7. Clasificación y Horario de cada Jornada	86
Tabla 8. Comparación entre la información de las Figuras 13 y 14	90
Tabla 9. Ubicación de Colegios	96
Tabla 10. Capacidad Vehicular	97
Tabla 11. Resultados comparativos entre el modelo propuesto y la planeación realizada por la Cooperativa	110
TABLA DE LOGROS	116

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RUTAS ESCOLARES EN LA COOPERATIVA MULTIACTIVA CLAVERIANA LTDA “COMULCLAVER”\*.

**AUTOR:** GRANADOS FORERO, Diana Alexandra.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Modelo de asignación, transporte escolar, diseño de rutas, VRP.

### DESCRIPCIÓN

El diseño de rutas y asignación de vehículos son actividades muy importantes dentro de todo proceso de distribución y/o transporte, ya sea de mercancías o de pasajeros y más aún si la empresa tiene como objeto social este último, pues la búsqueda de la mejor forma de obtener un diseño de sus rutas que garantice la minimización de costos y la satisfacción de sus clientes, son la teoría del negocio de la empresa.

Este documento presenta el diseño de un modelo de asignación de rutas escolares en la Cooperativa Multiactiva Claveriana “COMULCLAVER”, empresa dedicada al transporte escolar y especial de pasajeros en el área metropolitana de Bucaramanga y en el ámbito nacional. Inicialmente, se analiza el servicio de transporte en general, y posteriormente se profundiza en la elaboración y asignación de rutas escolares para los colegios a los que se les presta el servicio actualmente.

El contenido de este proyecto se compone de seis capítulos, en los tres primeros se presentan las características propias del proyecto, una caracterización de la Cooperativa, teniendo en cuenta la naturaleza del sector a donde pertenece, y los fundamentos teóricos en los cuales se basa el proyecto. El cuarto capítulo, expone el diagnóstico realizado en el proceso de transporte de la empresa y el respectivo análisis de cada uno de ellos. El quinto capítulo, presenta la justificación y el diseño del modelo de asignación. Y finalmente, en el capítulo sexto, se analiza y define la implementación del modelo en una herramienta informática, y se evalúan sus resultados con datos reales de la compañía.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Ing. Javier Eduardo Arias Osorio, Tutor: José Isaac González Parra.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MODEL FOR THE ASSIGNMENT OF SCHOOL TRANSPORT ROUTES AT THE COOPERATIVA MULTIACTIVA CLAVERIANA LTDA “COMULCLAVER”\*.

**AUTHOR:** GRANADOS FORERO, Diana Alexandra.\*\*

**KEY WORDS:** Model of assignment, school transportation, design of routes, VRP.

### DESCRIPTION

Designing routes and assigning vehicles are very important activities in every process of distribution and/or transportation, whether it is of goods or passengers and even if the company has as its social objective to transport people, since searching for the best way to obtain a well design of school transport routes which guarantee to minimize costs y customers' satisfaction are the theory of the company business.

This document shows the design of a model of assigning school transport routes at the Cooperativa Multiactiva Claveriana “COMULCLAVER”, a company dedicated to school transport and special services in the metropolitan area of Bucaramanga and nationwide. Initially, the general transportation service is analyzed. Then, the making and assignment of school transport routes for the schools which benefit from the service is analyzed in depth.

The content of this project is made up of six chapters. In the first three chapters the characteristics of the project and a description of the cooperative are introduced, taking into account the field in which it works and the theoretical foundation which the project is supported. The fourth chapter presents the diagnosis done during the transportation process of the company and the respective analysis of each one of them. The fifth chapter lets us know the justification and design of the model of assignment. Finally, in the sixth chapter, the implementation of the model is analyzed and defined in a computing tool and its results are assessed with real data from the company.

---

\* Thesis project

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineerings, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Ing. Javier Eduardo Arias Osorio, Tutor: José Isaac González Parra.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el transporte escolar se ha convertido en una necesidad para aquellas familias donde sus trabajos u otras ocupaciones no les permiten transportar sus hijos al colegio. Es por esto que surge la oportunidad de desarrollar esta actividad de transporte donde la ventaja para agregar valor depende de la forma en que la empresa desarrolle dicha actividad.

Debido a que se transportan niños, los clientes (sus padres de familia) demandan algo más que precio y para la mayoría de ellos la puntualidad, confianza y seguridad, son elementos claves a la hora de escoger la empresa a utilizar.

El transporte escolar en Colombia, según la norma que actualmente lo rige, solamente podrá realizarse a través de empresas legalmente habilitadas y con equipos matriculados o registrados para dicho servicio de acuerdo a lo estipulado en el Decreto Número 1556 de 1998 expedido por el Ministerio de Transporte de la República de Colombia; es decir los vehículos particulares tienen prohibido realizar esta actividad. La reglamentación ha permitido un incremento de la demanda para las empresas de este sector, razón por la cual se han creado nuevas empresas que se esmeran día a día por capturar una porción del mercado.

Comulclaver es una Cooperativa dedicada a desarrollar actividades de crédito cooperativo para sus asociados, venta de uniformes colegiales de diario y educación física en convenio con la fábrica textil Swing Tex, servicios de transporte especial – empresarial y transporte escolar, siendo este último el servicio más importante de su objeto social, debido a esto, la rapidez y la asignación de las rutas son parte fundamental en el éxito de las operaciones de la Cooperativa.

Este proyecto se enfoca en el diseño de un modelo para la asignación de rutas que estará sujeto a las políticas internas de la Cooperativa y a las características del proceso en ella. De acuerdo a esto, se pretende lograr que la asignación de rutas se realice en base a una estructura lógica y cuantitativa soportada en elementos ingenieriles con el fin de lograr rutas eficientes y efectivas, asimismo que la información tenga un manejo conveniente para la cooperativa.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un modelo para la asignación de rutas escolares en la Cooperativa Multiactiva Claveriana Ltda. "COMULCLAVER".

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el diagnóstico actual del proceso de transporte escolar COMULCLAVER.
- Revisión de la literatura sobre el modelamiento del proceso.
- Analizar y determinar las variables, parámetros y restricciones que deben ser tenidas en cuenta para la asignación de las rutas escolares en COMULCLAVER.
- Formular un modelo para la creación de las rutas escolares.
- Diseñar e implementar una herramienta informática basado en el modelo propuesto para el diseño de las rutas escolares.
- Evaluar los resultados obtenidos en el modelo.

### **1.3 ALCANCE**

Este proyecto se enfatiza en el servicio de transporte terrestre de pasajeros, escolar y especial, de acuerdo a las normas establecidas por el Ministerio de Transporte, la oficina de tránsito al respecto y la reglamentación que para el efecto elabore el consejo de administración de los diferentes colegios de la ciudad a los que presta la cooperativa sus servicios.

El alcance geográfico en cuanto al servicio de transporte escolar de la empresa cubre el área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga aproximadamente con un total de 115 rutas para el año 2010.

Con este proyecto se pretende realizar un reconocimiento general de las variables internas y externas de la asignación de vehículos (buses y busetas) a las rutas, con el fin de crear un modelo que permita desarrollar y mejorar dicha asignación de la empresa y que esta repercuta en disminución de tiempos de recorrido y costos asociados.

Con el modelo propuesto a la empresa, se le entregará el rediseño de las rutas y el mismo en una herramienta computacional.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

La Cooperativa Multiactiva Claveriana Ltda. “COMULCLAVER” identificada con NIT 890.207.005-6, tiene como objeto social el desarrollo integral de los asociados, estableciendo políticas que satisfagan las necesidades sociales, económicas, culturales y ecológicas de los mismos, para lo cual desarrollará preferencialmente las actividades de crédito, vivienda, consumo, educación, servicios especiales y transporte escolar, sus oficinas están ubicadas en la Carrera 27A No. 45A – 16 y el representante legal es el mismo Gerente, el señor José Isaac González Parra.

### 2.2 RESEÑA HISTÓRICA

En el año 1973 nace como Cooperativa **La Claveriana**; en reunión cerrada de 8 integrantes entre profesores y empleados se da por abierta lo que es hoy COMULCLAVER LTDA. El 18 de noviembre de 1977 se elabora el acta de constitución con 71 asociados, quedando constituida la Sociedad Cooperativa de Servicios Múltiples de Profesores y Empleados del Colegio San Pedro Claver de Bucaramanga Ltda. El 20 de mayo de 1979 según resolución 0429 queda aprobada la personería jurídica de la cooperativa y en 1988 según acta No. 12 de la Asamblea de Marzo 2 de 1987 se reforman estatutos para dar un nuevo nombre a la Cooperativa quedando aprobada la razón social actual.

Actualmente la empresa cuenta con siete empleados directos y aproximadamente 60 indirectos. Además, desarrolla actividades de crédito cooperativo para sus asociados, servicios de transporte especial – empresarial, transporte escolar y venta de uniformes colegiales de diario y educación física en convenio con la fábrica textil Swing Tex.

Con relación al servicio de transporte escolar, en este momento, la empresa cuenta con un comité de transporte que es el encargado de elaborar las rutas de acuerdo a los convenios realizados con los colegios y es la unidad encargada de que el servicio se realice puerta a puerta, bajo las condiciones que la ley lo requiere y en el tiempo que ésta lo exige.

### **2.3 INSTALACIONES Y VEHÍCULOS**

COMULCLAVER cuenta con una oficina ubicada en la ciudad de Bucaramanga donde se encuentra el área administrativa que hace parte de la división contable, coordinador de transporte y servicios, quienes se encargan de llevar a cabo las funciones inherentes al proceso administrativo para garantizar a sus asociados el correcto funcionamiento de la organización. COMULCLAVER no cuenta con el parque automotor propio así que éste es el punto de encuentro de sus transportadores.

**Figura 1. Sede Administrativa de Comulclaver Ltda.**



**Fuente: Autor del Proyecto**





**Tabla 1. Localización de Comulclaver Ltda.**

<b>Dirección</b>	Carrera 27A No. 45A-16
<b>Ciudad</b>	Bucaramanga, Santander
<b>Teléfono</b>	643 2421 - 647 4776


**Fuente: Autor del Proyecto**

La empresa cuenta con 81 vehículos internos en el área metropolitana de Bucaramanga. La flota vehicular está compuesta por tres tipos de vehículos clasificados en buseta, microbús y bus.

**Tabla 2. Características de la Flota Vehicular**

<b>HIUNDAY H100</b>	<b>Mitsubishi I300</b>	<b>KIA BESTA</b>	<b>NISSAN VANETTE</b>
			
<b>Cantidad Micro Bus:</b> <b>18</b>	<b>Cantidad Micro Bus:</b> <b>9</b>	<b>Cantidad Micro Bus:</b> <b>2</b>	<b>Cantidad Micro Bus:</b> <b>2</b>
<b>12 PASAJEROS</b>			

**Tabla 2. Características de la Flota Vehicular (Continuación)**



<b>NISSAN URVAN</b>	<b>ASIA TOPIC</b>	<b>GOLDEN DRAGON</b>
		
<b>Cantidad Micro Bus: 22</b>	<b>Cantidad Micro Bus: 4</b>	<b>Cantidad Micro Bus: 1</b>
<b>14 PASAJEROS</b>		<b>15 PASAJEROS</b>

<b>IVECO DAILY</b>	<b>KIA PREGIO</b>	<b>CHEVROLET NKR</b>
		
<b>Cantidad Micro Bus: 1</b>	<b>Cantidad Micro Bus: 1</b>	<b>Cantidad Micro Bus: 2</b>
<b>16 PASAJEROS</b>		

<b>KIA PREGIO GRAND</b>	<b>CHEVROLET NPR</b>	<b>NISSAN 3000</b>
		
<b>Cantidad Micro Bus: 5</b>	<b>Cantidad Micro Bus: 7</b>	<b>Cantidad Micro Bus: 1</b>
<b>19 PASAJEROS</b>		

**Tabla 2. Características de la Flota Vehicular (Continuación)**

CHEVROLET NPR	CHEVROLET 2008
	
<p><b>Cantidad Busetas: 4</b></p>	<p><b>Cantidad Busetas: 1</b></p>
<p><b>24 PASAJEROS</b></p>	<p><b>28 PASAJEROS</b></p>

BUS DINA	CHEVROLET LV 150
	
<p><b>Cantidad Bus: 1</b></p>	<p><b>Cantidad Bus: 1</b></p>
<p><b>40 PASAJEROS</b></p>	

**Fuente: Autor del Proyecto**

La Cooperativa subcontrata con un comisionista para la adquisición de vehículos externos en el momento que sea necesario con el fin de satisfacer la demanda.

## **2.4 ENFOQUE ESTRATÉGICO DE COMULCLAVER**

### **2.4.1 Misión**

“Nuestra empresa pertenece al sector de la economía solidaria, por esta razón, nos ocupamos del bienestar económico, social y del mejoramiento de la calidad de vida de nuestros asociados, familiares, empleados, clientes y de la comunidad en general, a través de la oferta de productos y servicios de óptima calidad; aplicando siempre los principios y filosofía del cooperativismo.”<sup>1</sup>

### **2.4.2 Visión**

“Comulclaver Ltda será una empresa cooperativa competitiva e innovadora en la prestación de servicios de transporte en la modalidad especial y venta de productos conexos, a nuestros clientes internos y externos, convirtiéndose en el principal soporte financiero de nuestros asociados.”<sup>2</sup>

### **2.4.3 Valores de la Empresa**

Comulclaver se cimenta en cinco valores los cuales ha considerado parte importante para construir un crecimiento social y cultural entre sus asociados y empleados lo cual se reflejará en su imagen corporativa con el fin de proyectarla a sus clientes. (Ver Figura 2)

## **2.5 PRODUCTOS Y SERVICIOS**

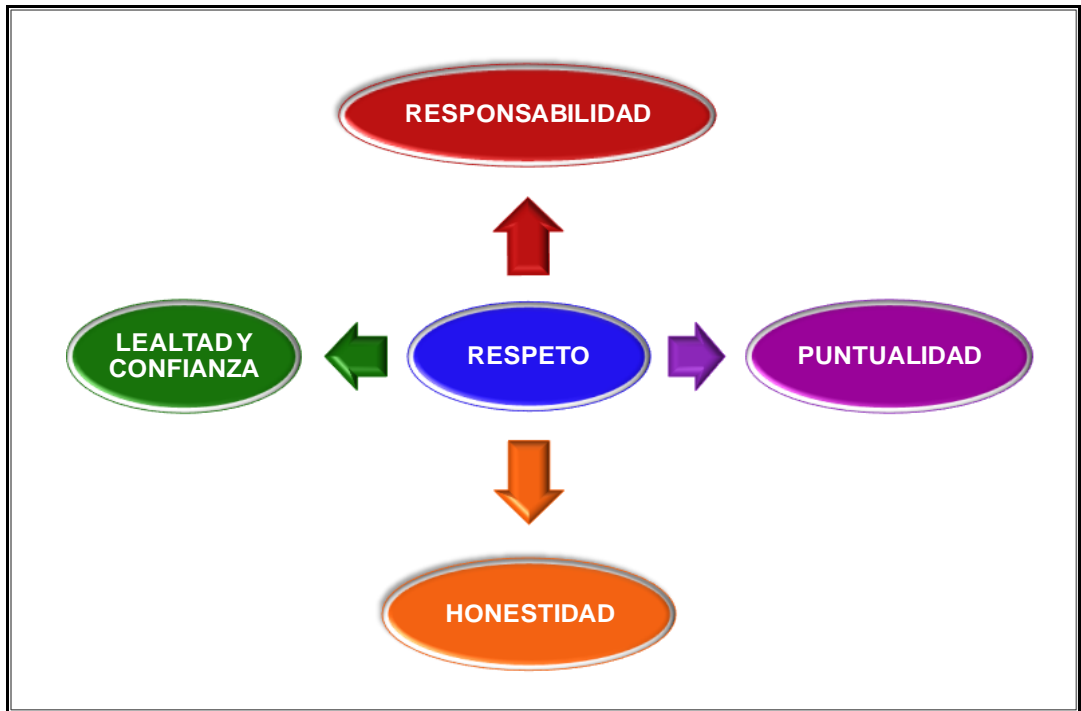
COMULCLAVER se dedica al desarrollo de actividades de crédito cooperativo para sus asociados, servicios de transporte escolar, especial – empresarial, transporte escolar, turismo y venta de uniformes colegiales de diario y educación física en convenio con la fábrica textil Swing Tex.

---

<sup>1</sup> Fuente: Cooperativa Multiactiva Claveriana Ltda.

<sup>2</sup> Fuente: Cooperativa Multiactiva Claveriana Ltda.

**Figura 2. Valores de Comulclaver Ltda.**



**Fuente: Cooperativa Multiactiva Claveriana Ltda**

El transporte escolar de pasajeros se limita al transporte de los estudiantes de los Colegios del área metropolitana de Bucaramanga con los que tiene convenio. Año tras año la Cooperativa vela por conservar sus clientes mediante una propuesta que genere valor y mejoramiento del servicio respecto al año anterior; de la misma forma, gestiona la adquisición de nuevos clientes a los cuales pueda ofrecer su servicio sin interferir con los horarios de sus clientes actuales. Previendo lo anterior y con el conocimiento de la capacidad de su parque automotor, la Cooperativa puede ofrecer sus servicios a un máximo de cinco colegios anualmente. En un capítulo posterior se hará un comparativo con lo ocurrido en los años 2.010 y 2.011 con respecto a los convenios realizados respectivamente.

En cuanto al transporte especial, corresponde al transporte de casos eventuales que surgen en el interior del área metropolitana también denominado transporte Especial-Empresarial; y el transporte de Turismo es el servicio que se presta a personas particulares y en asociación con empresas que se dedican a esta actividad para el transporte de pasajeros en el interior del país.

## **2.6 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA**

Comulclaver Ltda como cooperativa posee los siguientes órganos de administración:

- 1. ASAMBLEA GENERAL:** Es la máxima autoridad de Comulclaver Ltda, integrada por sus asociados. De acuerdo a los estatutos es la encargada de nombrar al consejo de administración para que legisle al interior de la cooperativa. Sus decisiones son obligatorias para todos los asociados, siempre que se hayan adoptado de conformidad con las normas legales, reglamentarias y estatutarias.
- 2. CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN:** Es el órgano permanente de administración y dirección de la Cooperativa, sujeto a la Asamblea General. Estará integrado por siete (7) miembros principales y cinco (5) suplentes, elegidos por la Asamblea General para períodos de dos (2) años pudiendo ser reelegidos por dos periodos consecutivos o removidos libremente por la misma. Es legislativo y es el encargado de nombrar el Gerente.
- 3. COMITÉ DE APELACIONES:** Está integrado por tres asociados principales y tres suplentes elegidos por la Asamblea General para periodos de un año. Este se encarga de resolver los recursos de apelación interpuestos por los asociados que se encuentren en proceso de sanción, conforme a lo previsto en

los estatutos y decidir sobre este recurso en un término de 30 días hábiles contados a partir de la fecha de su presentación.

4. **JUNTA DE VIGILANCIA:** Es el órgano de control social interno y técnico de la Cooperativa, encargado de velar porque las decisiones administrativas se enfoquen de acuerdo al objeto social de la Cooperativa, que se establezcan con el único propósito de satisfacer las necesidades sociales, económicas, culturales y ecológicas de los asociados y se respeten los derechos de los asociados y que éstos cumplan a cabalidad con sus obligaciones. Está integrada por tres (3) asociados hábiles y sus respectivos suplentes elegidos por la Asamblea General para periodos de dos años.
5. **REVISOR FISCAL:** La cooperativa tendrá su Revisor Fiscal con su respectivo suplente, quien deberá ser Contador Público con matrícula vigente. Es elegido por la Asamblea General por periodo de dos años.
6. **GERENTE GENERAL:** Será el representante Legal de la Cooperativa y el ejecutor de las decisiones de la Asamblea General y del Consejo de Administración. Será nombrado por éste y sus funciones serán precisadas en los Estatutos.
7. **COMITÉ DE CRÉDITO:** Estará constituido por tres personas designadas por el Consejo de Administración con sus respectivos suplentes numéricos, escogidos dentro de los asociados hábiles y con conocimientos, integridad y destreza en el área financiera y tendrán vigencia por dos años. Pueden ser removidos libremente por el mismo Consejo de Administración.
8. **COMITÉ DE EDUCACIÓN:** Estará constituido por tres personas designadas por el Consejo de Administración con sus respectivos suplentes numéricos, escogidos dentro de los asociados hábiles y tendrán vigencia por dos años,

pudiendo ser removidos por el Consejo de Administración antes de dicho término.

**9. COMITÉ DE TRANSPORTE:** Es el ente receptor de las inquietudes de los transportadores. Este comité sirve de apoyo para tratar todo lo relacionado con el tema de transporte el cual aporta sugerencias con el fin de dar solución a las inquietudes tratadas en el mismo. Está conformado por 8 personas: Presidente, Vicepresidente, 5 Vocales y un Secretario.

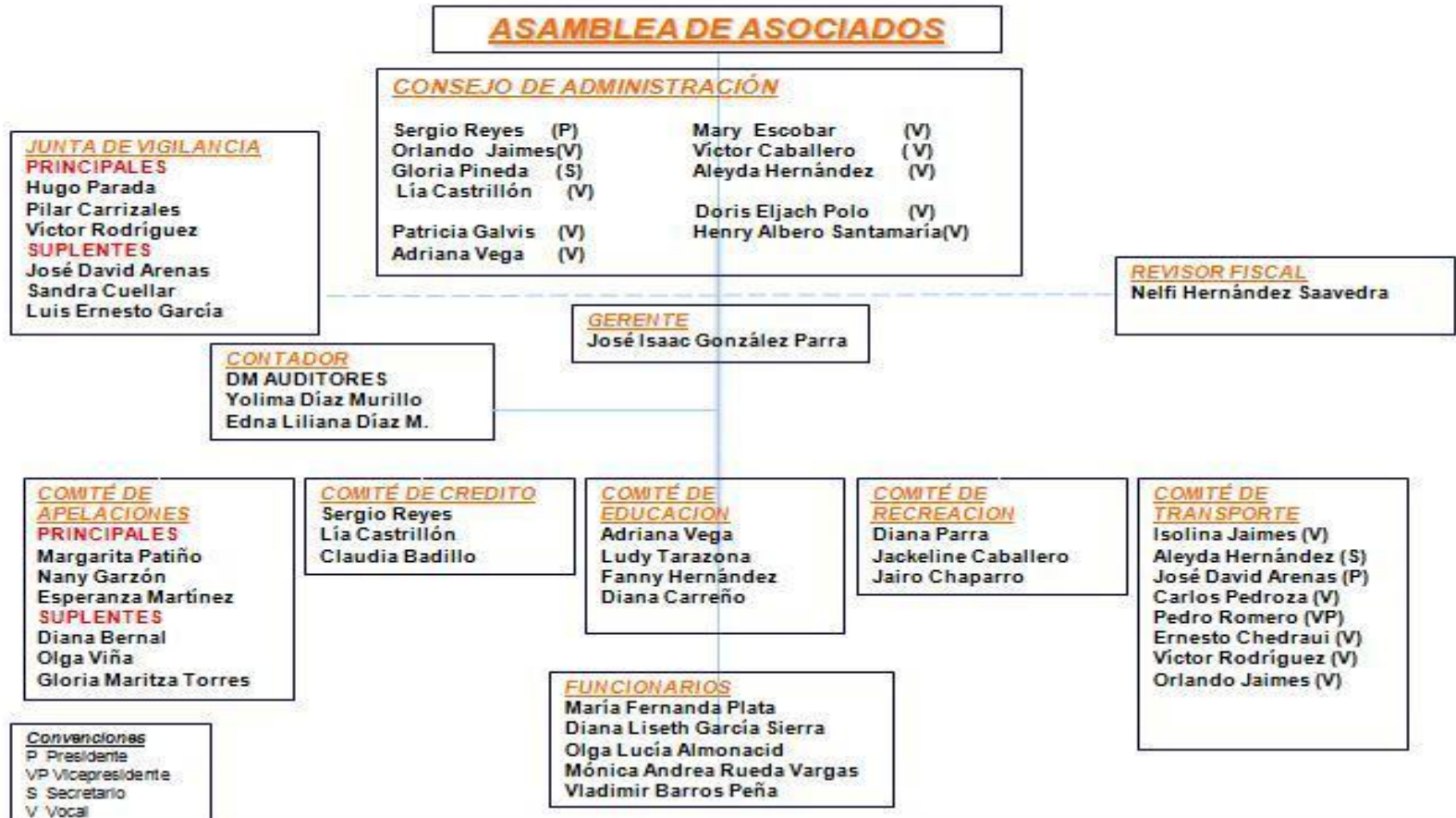
**10. FUNCIONARIOS:** Son los trabajadores del área administrativa de la Cooperativa.

**Tabla 3. Talento Humano de Comulclaver**

<b>FUNCIONARIO</b>	<b>CARGO</b>
Olga Lucía Almonacid	Coordinador de Transporte
María Fernanda Plata	Auxiliar de Transporte
Vladimir Barrios Peña	Jefe de Contabilidad
Mónica Andrea Rueda Vargas	Auxiliar de Contabilidad
Diana Liseth García Sierra	Secretaria

**Fuente: Autor del Proyecto.**

Figura 3. Organigrama COMULCLAVER LTDA



Fuente: Comulclaver Ltda.

## **2.7 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE COMULCLAVER**

Actualmente, COMULCLAVER recolecta la información mediante la inscripción del servicio por parte del padre de familia en el colegio o en las instalaciones de la cooperativa durante el periodo de matrículas que generalmente ocurre entre los primeros días del mes de diciembre y los primeros 15 días del mes de enero. De esta manera el cliente está sujeto a las condiciones del contrato que allí firma. La información se almacena en la base de datos manejada por el coordinador de transporte. La base de datos consiste en un archivo en Excel con los siguientes campos: código del estudiante, nombre completo, dirección, teléfono, tipo de servicio y teléfono fijo y celular del acudiente. Una vez digitada la información y almacenados los formularios en a-z, se procede a sectorizar con el fin de elaborar las rutas para cada uno de los colegios.

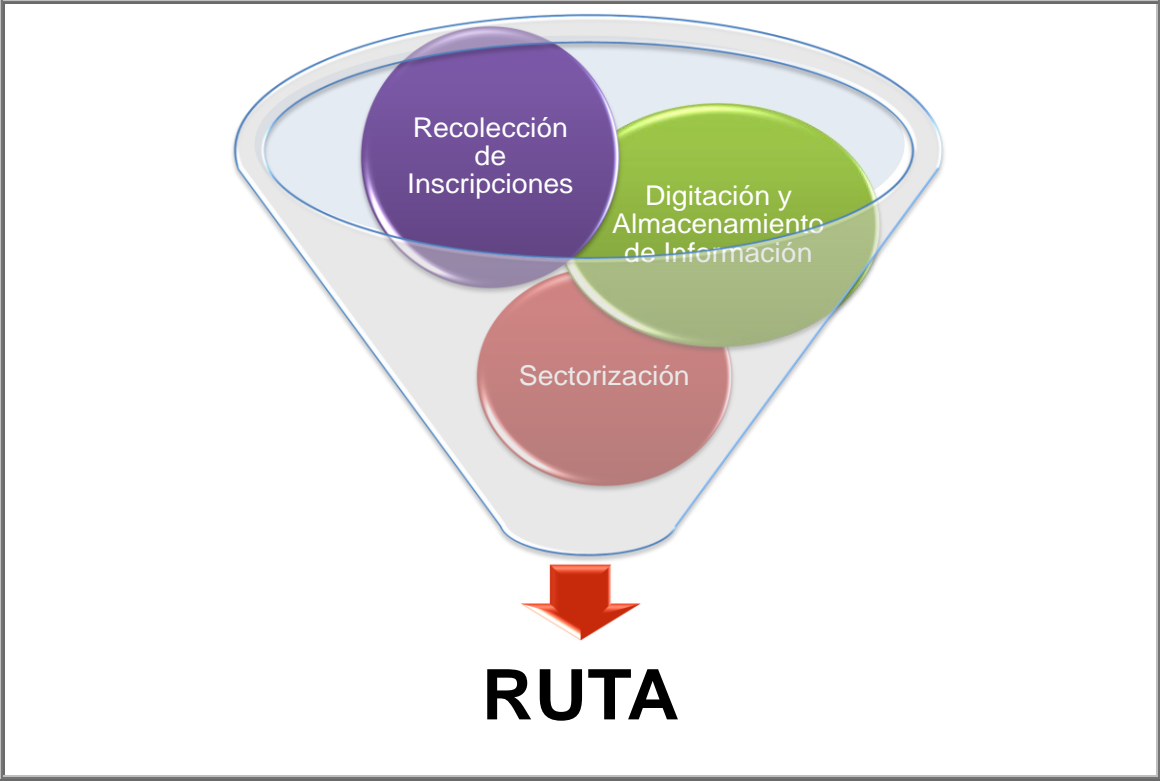
El proceso de sectorizar dura varios días debido a que el coordinador debe dividir continuamente cada grupo de inscripciones de la siguiente manera:

1. Por Escolaridad (Preescolar, Primaria, Bachillerato)
2. Por Jornadas (Si dentro de la escolaridad manejan diferente horario)
3. Por Área (Bucaramanga y Floridablanca)
4. Por Barrios
5. Por Conjuntos
6. Conformar Comunas (Unir sectores aledaños)

El proceso se realiza para cada colegio de manera dinámica. Este hecho hace que el proceso se vuelva complejo.

El objetivo es asignar una ruta a todos los clientes que solicitan el servicio y es por esto que el coordinador se vale de su conocimiento y experiencia para conformar las comunas de tal forma que el número de estudiantes sin ruta sea mínimo.

**Figura 4. Representación del Sistema de Información en Comulclaver Ltda.**



**Fuente: Autor del Proyecto**

### 3. MARCO TEÓRICO

El actual entorno empresarial, debido a su permanente evolución y competitividad ha creado en las empresas la necesidad de desarrollar estrategias innovadoras que agreguen valor a sus clientes.

La optimización de operaciones logísticas de transporte es una de las áreas de planeación que más auge ha tenido durante la última década debido al incremento de necesidades de crear soluciones óptimas o cada vez mejoras a los problemas de distribución, así mismo se ha visto soportada por la implementación de nuevas tecnologías que contribuyen a la realización de soluciones más eficientes, confiables, eficaces y dinámicas.

El diseño de rutas de vehículos es una de las funciones operativas más críticas del transporte enmarcado en la gestión de cadenas de abastecimiento, dado que los costos de transportación normalmente se hallan entre un tercio y dos tercios de los costos logísticos totales, mejorar la eficiencia mediante la máxima utilización del equipo de transportación y de su personal es una preocupación importante. El tiempo durante el cual los artículos están en tránsito se refleja en el número de envíos que pueden hacerse con un vehículo en un periodo dado, así como en los costos totales de transportación para todos los envíos. Un problema evidente en la toma de decisiones es reducir los costos de transportación y mejorar el servicio al cliente encontrando los mejores caminos que debería seguir un vehículo en una red de carreteras que minimicen el tiempo o la distancia.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> BALLOU, Ronald H., Logística Administración de la Cadena de Suministro. 5ª Edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 225

### **3.1 MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE RUTAS**

El diseño de rutas y asignación de vehículos es una de las funciones más críticas del transporte y más si la empresa tiene como objeto social el transporte de pasajeros ya que el óptimo diseño de sus rutas garantizará la minimización en costos y satisfacción al cliente.

El problema de diseño y asignación de rutas radica en las variables involucradas, principalmente en determinar las distancias entre cada nodo ya que para esto se requiere de una buena información cartográfica de la región sobre la que se planean las operaciones de transporte. Sin embargo, el problema de hallar buenas soluciones para el problema de la programación y del diseño de rutas para los vehículos llega a ser más difícil cuando se colocan limitaciones adicionales al problema. Se deben tener en cuenta las consideraciones más relevantes como la capacidad del vehículo, el tiempo máximo de ruta, las diferentes velocidades dentro de distintas zonas de tránsito y el tiempo de descanso para el conductor<sup>4</sup>. Es importante mencionar que la construcción de un modelo es progresiva y evolutiva ya que primeramente se puede partir de un modelo inicial y básico a modo de prototipo y gradualmente ir agregando elementos que permitan obtener una representación lo más cercana a la realidad.

### **3.2. PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS (VRP)**

El problema de diseño de rutas de reparto, comúnmente denominado VRP (Vehicle Routing Problem), ha sido un problema al que los investigadores han dedicado un gran esfuerzo: El problema consiste en hallar un conjunto de rutas que comienzan y terminan en un depósito, de manera que cada cliente es visitado

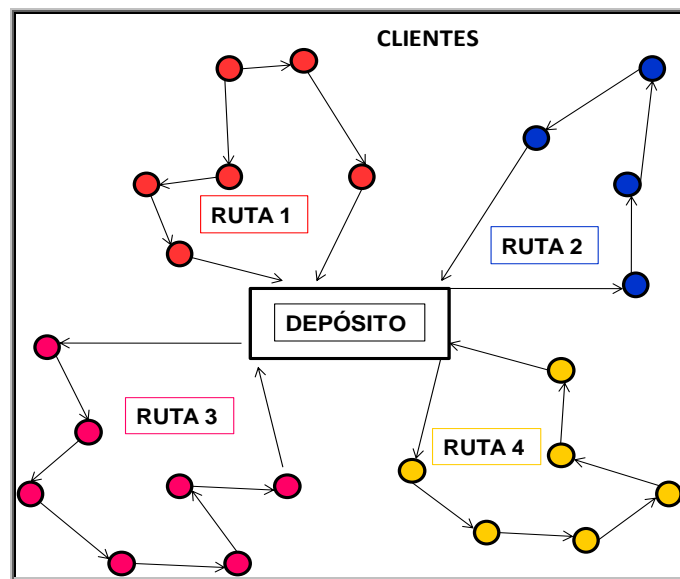
---

<sup>4</sup> Ibid., p. 240

una vez sin violar ciertas restricciones de capacidad y/o tiempo. Se pretende que el conjunto de rutas creadas proporcione una longitud total recorrida mínima.<sup>5</sup>

A grandes rasgos un problema de ruteo de vehículos consiste en, dado un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema<sup>6</sup>. En la siguiente figura se puede observar una representación gráfica del VRP.

**Figura 5: Representación Gráfica del VRP**



**Fuente: Autor del Proyecto**

<sup>5</sup> ROBUSTE ANTON, Francesc and GALVAN, Dante TTT e-logistics. (online) Ediciones UPC. 2005 [Barcelona: España] [cited: Marzo, 2011] Available from internet <http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=YdYXyJ6lLcMC&oi=fnd&pg=PP7&dq=competitividad%2Bconfecciones%2Bruteo&ots=0Ni3E4cP6B&sig=MjfrGK6akFJtXpVwWCU7uqazTv0#v=onepage&q&f=false>

<sup>6</sup> OLIVERA, Alfredo. Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos. Montevideo: Universidad de la República, Instituto de Computación. Agosto 2004. Pág. 2

El problema de enrutamiento de bus escolar pertenece a un problema de ruteo de vehículos (Vehicle Routing Problem - VPR), el cual consiste en el uso eficiente de una flota de vehículos ya sean camiones, autobuses y automóviles; se realizan una serie de paradas para recoger entregar pasajeros o productos. El problema requiere de especificaciones tales como el orden de entrega, el cual debe ser el adecuado para reducir al mínimo el costo total, obviamente sujeto a una serie de limitaciones como la capacidad del vehículo y las restricciones del tiempo de entrega<sup>7</sup>.

Algunas variantes del VRP son:

- CVRP, Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad
- MDVRP, Problema de Ruteo de Vehículos con Múltiples Depósitos
- VRP periódico (PVRP)
- SDVRP, Problema de Ruteo de Vehículos de Entrega Dividida
- SVRP, Problema de Ruteo de Vehículos Estocástico
- VRPPD, Problema de Ruteo de Vehículos con Recogidas y Entregas
- VRPB, Problema de Ruteo de Vehículos con Backhauls
- VRPTW, Problema de Ruteo de Vehículos con ventanas de tiempo

En la práctica es muy común utilizar algoritmos de aproximación (heurísticas) para obtener soluciones posibles de alta calidad (cercanas a lo óptima) y en tiempos relativamente pequeños.

### **3.2.1 Traveling Salesman Problem (TSP)**

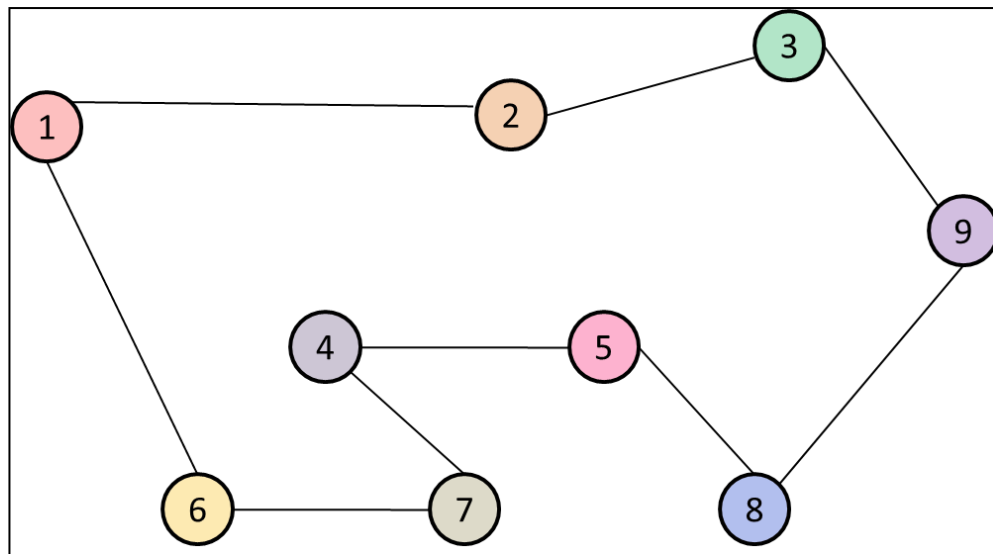
Un problema muy amplio y clásico que es pilar conceptual del presente tema es el problema del Agente Viajero (mejor conocido como TSP; Traveling Salesman Problem).

---

<sup>7</sup> BALLOU. Op. cit., p. 258

El problema se formula de la siguiente manera: Un Agente Viajero sale de su ciudad de origen y debe visitar exactamente una vez cada ciudad de un conjunto de ellas y retornar al punto de partida. El problema consiste en realizar el tour para el cual la distancia total recorrida sea mínima. Se asume que se conoce para cada par de ciudades, la distancia entre ellas. Gráficamente se observa de la siguiente manera (Figura 6). El problema en sí es fácil de formular desde lo que se conoce como programación matemática pero para resolverlo, dado su naturaleza combinatoria, es necesario emplear heurísticas en instancias que presentan una considerable cantidad de puntos dentro de la red, las cuales son procedimientos que aunque no garantizan la solución óptima al problema, obtienen soluciones factibles de alta calidad (relativamente cercanas al óptimo) en una ejecución razonable<sup>8</sup>.

**Figura 6: Tour Hamiltoniano para red de 9 nodos con origen en nodo 1.**



**Fuente: Autor del Proyecto**

<sup>8</sup> RIOS MERCADO, Roger Z. y GONZÁLEZ VELARDE, José Luis. Investigación de Operaciones en Acción: Heurísticas para la solución de TSP . En: Ingenierías, Octubre-Diciembre 2000, Vol III, No. 9. Pág. 15-16

### **3.2.2 El Problema de los $m$ Agentes Viajeros (m-TSP)**

El Problema de los  $m$  Agentes Viajeros o m-TSP es una generalización del TSP en la cual se tiene un depósito y  $m$  vehículos. El objetivo es construir exactamente  $m$  rutas, una para cada vehículo, de modo que cada cliente sea visitado una vez por uno de los vehículos. Cada ruta debe comenzar y finalizar en el depósito y puede contener a lo sumo  $p$  clientes<sup>9</sup>.

### **3.2.3 Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad (CVRP)**

El problema de ruteo de vehículos con capacidad (CVRP) es un problema de optimización combinatoria, de tipo NP- Hard. El problema consiste en hallar una serie de rutas de tal manera que se satisfaga la demanda de una cantidad determinada de  $n$  clientes distribuidos en una zona geográfica. La suma de las distancias recorridas por los vehículos debe ser la mínima. Cada vehículo parte de un depósito para visitar a los  $n$  clientes y debe regresar nuevamente a él.

## **3.3. HEURÍSTICAS PARA LA SOLUCIÓN DEL VRP**

Existe una gran cantidad de heurísticas clásicas para abordar el problema del VRP y cada una de sus variaciones. Las heurísticas más conocidas son las aplicadas al CVRP, dentro de las que se cuentan tanto heurísticas constructivas como de inserción. Algunas de ellas se mencionan a continuación.

### **3.3.1. Heurísticas Constructivas**

Consiste en añadir componentes individuales a la solución inicial hasta que se obtiene una solución final factible. A continuación se definirán algunas heurísticas de este tipo.

---

<sup>9</sup> OLIVERA. Op. cit., p. 5

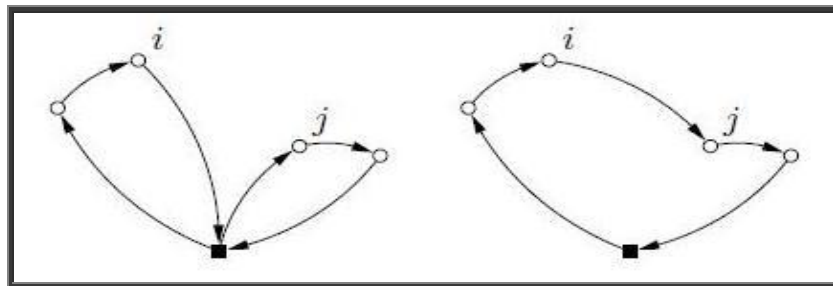
**3.3.1.1 Método de “Ahorros”:** Uno de los algoritmos más difundidos para el VRP es el Algoritmo de Ahorros de Clarke y Wright. Si en una solución dos rutas diferentes  $(0, \dots, i, 0)$  y  $(0, j, \dots, 0)$  pueden ser combinadas formando una nueva ruta  $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$  como se muestra en la Figura 7, el ahorro (en distancia) obtenido por dicha unión es:

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij}$$

pues en la nueva solución los arcos  $(i, 0)$  y  $(0, j)$  no serán utilizados y se agregará el arco  $(i, j)$ . En este algoritmo se parte de una solución inicial y se realizan las uniones que den mayores ahorros siempre que no violen las restricciones del problema<sup>10</sup>.

El método de ahorro es lo suficientemente flexible como para manejar un amplio rango de restricciones prácticas, siendo rápido de calcular en computadora. Este método puede manejar muchas restricciones prácticas, principalmente porque es capaz de formar rutas y ordenar paradas en las rutas simultáneamente.

**Figura 7: Algoritmo de Ahorros 2 rutas antes y después de ser unidas**



**Fuente:** Alfredo Olivera, Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos, Montevideo – Uruguay, Agosto 2004

<sup>10</sup> OLIVERA. Op. cit., p. 10

El objetivo del método de ahorros es minimizar la distancia total viajada por todos los vehículos y minimizar indirectamente el número de vehículos necesarios para atender todas las paradas.<sup>11</sup>

**3.3.1.2 Método de “Barrido”:** Este método es lo suficientemente sencillo como para realizar cálculos manuales e incluso en problemas de gran tamaño y otra de sus ventajas es que se programa en software de computadora y no requiere enormes cantidades de memoria. Dependiendo el problema, el margen de error es aproximadamente de un 10% lo cual es un margen aceptable cuando los resultados tienen que obtenerse en periodos cortos y se necesitan buenas soluciones, en contraposición con las óptimas.

Su desventaja tiene que ver con la manera en la que se forman las rutas. El método se describe de la siguiente manera:

- a) Localizar todas las paradas, incluyendo el depósito, sobre un mapa o cuadrícula.
- b) Trazar una línea recta desde el depósito en cualquier dirección. Girar la línea en el sentido de las manecillas del reloj, o en sentido contrario, hasta que intercepte una parada. Si la parada insertada está incluida en la ruta, hacer la pregunta ¿se excederá la capacidad del vehículo? Si la respuesta es no, se procede con la rotación de la línea hasta interceptar la siguiente parada. ¿Excederá la capacidad del vehículo el volumen acumulado? Se usan los camiones más grandes primero. Si la respuesta es sí, se excluye el último punto y se define la ruta. Continuando el barrido de la línea, se empieza una nueva ruta con el último punto que fue excluido de la ruta previa. Se continúa con el barrido hasta que todos los puntos se hayan asignado a las rutas.

---

<sup>11</sup> BALLOU, Op. cit., p. 243

- c) Dentro de cada ruta se efectúa una secuencia de las paradas para minimizar la distancia. La secuencia puede lograrse aplicando el método de la gota de lagrima o usando cualquier algoritmo que resuelva el problema del “agente viajero”.<sup>12</sup>

**3.3.1.3 El vecino más cercano:** El algoritmo del vecino más cercano fue introducido por primera vez por J. G. Skellam, en el cual se usan la mitad de las distancias observadas para determinar si los datos están agrupados. El mayor trabajo hecho para este algoritmo, fue hecho por P. J. Clark y F. C. Evans. Este algoritmo determina una solución basada en la cercanía de ubicación, para unir un conjunto de clientes distribuidos en el espacio.

El algoritmo consiste en un procedimiento constructivo en el cual se parte de un vértice inicial, partiendo de allí se mide la distancia de éste a los restantes y se elige aquel cuya distancia sea la mínima (razón por la cual el algoritmo recibe el nombre del vecino más cercano). De la misma forma, se construye una trayectoria con los demás vértices. Al terminar, se debe de agregar el arco que va del vértice final hasta el vértice inicial. Con esto se completa el objetivo. La desventaja de esta heurística está en los últimos pasos ya que cabe la posibilidad de que la longitud de las últimas aristas sean muy grandes, especialmente final.<sup>13</sup>

### **3.3.2 Heurísticas de Inserción**

Las heurísticas de inserción son métodos en los cuales se crea una solución mediante sucesivas inserciones de clientes en las rutas. En cada iteración se tiene una solución parcial cuyas rutas sólo visitan un subconjunto de los clientes y se selecciona un cliente no visitado para insertar en dicha solución.

---

<sup>12</sup> BALLOU. Op. cit., p. 241-242

<sup>13</sup> RIOS MERCADO. Op. cit., p. 16

En las heurísticas de inserción secuencial sólo se considera insertar clientes en la última ruta creada. La principal desventaja de este enfoque es que los últimos clientes no visitados tienden a estar dispersos y por lo tanto las últimas rutas construidas son de costo muy elevado. Las heurísticas de inserción en paralelo surgen para remediar esta deficiencia, permitiendo insertar un cliente en cualquiera de las rutas de la solución. Cualquier heurística de inserción para el TSP puede ser utilizada para el VRP siempre que se verifique la factibilidad antes de realizar las inserciones.

**3.3.2.1 Inserción Secuencial de Mole & Jameson:** En esta heurística se utilizan dos medidas para decidir el próximo cliente a insertar en la solución parcial. Por un lado, para cada cliente no visitado se calcula la mejor posición para ubicarlo en la ruta actual teniendo en cuenta solamente las distancias y sin reordenar los nodos que ya están en la ruta. Cuando ninguna inserción es factible y si aún quedan clientes sin visitar, se selecciona un cliente para comenzar una nueva ruta.

En general, los últimos clientes no visitados son lejanos entre sí y por ende, las últimas rutas construidas son de mala calidad. Para corregir esta deficiencia, se propone utilizar un procedimiento de intercambio de clientes entre las rutas una vez que el algoritmo finaliza su ejecución. Primero se busca reasignar clientes de modo de disminuir el costo de la solución. Luego, cuando todos los cambios aumentan el costo, se prosigue realizando intercambios buscando una solución que utilice menos vehículos.

**3.3.2.2 Inserción en Paralelo de Christofides, Mingozi y Toth:** El algoritmo propuesto por Christofides, Mingozi y Toth opera en dos fases. En la primera fase se determina la cantidad de rutas a utilizar, junto con un cliente para inicializar cada una de las rutas. En la segunda fase se crean dichas rutas y se inserta el resto de los clientes en ellas.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> OLIVERA, Op. cit., p. 13-15.

**3.3.2.3 Método de Inserción K-opt:** Éste método utiliza una heurística de búsqueda local, para hallar  $m$  óptimos locales y así crear una población  $P$ , empleando un intercambio de aristas. Una modificación de esta heurística se denomina Inserción Or-opt la cual permite la inserción de nodos entre dos adyacentes por medio de la regla de adición. Esta regla permite insertar el nodo junto a su vecino más cercano en el recorrido en el lado (antes o después) produciendo el aumento mínimo en la duración del tour.

### **3.4 SCHOOL BUS ROUTING PROBLEM (SBRP)**

El SBRP se conoce como una aplicación importante del mundo real de VRP. SBRP consiste en pequeños sub-problemas que se consideran por separado y de forma secuencial. A pesar que estos sub-problemas no son independientes pero están muy relacionados entre sí, en algunos casos se tratan por separado debido a la complejidad y el tamaño del problema.

La literatura existente sobre la ruta de los autobuses escolares se ha centrado principalmente en la construcción de modelos complejos que tratan de capturar muchas limitaciones en la vida real y objetivos como sea posible. Ejemplos didácticos que hacen referencia a SBRP se limitan a condiciones como:

- Usar un único bus
- El punto de origen y destino es el mismo
- Hay que hacer todas las paradas estipuladas
- Los niños pueden abordar o bajar del autobús en cualquier lado de la calle
- Se puede hacer abordar o bajar en una esquina, desde cualquier calle adyacente.
- El autobús tiene la capacidad adecuada para transportar a todos los niños de la ruta<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> BALLOU. Op. cit., p. 258

Estos sub-problemas no son independientes, pero están muy relacionados entre sí, y preferiblemente deben tratarse por separado debido a la complejidad y el tamaño del problema. Por otra parte, en la mayoría de la literatura disponible sobre el tema, sólo algunas partes de SBRP se consideran; sobre todo, ya que la ubicación de las paradas de autobús y el ingreso y salida de los estudiantes de los colegios están muy relacionados con las políticas de cada uno de ellos. Muchos estudios asumen que estas piezas de información se dan y se concentran en la ruta y la programación de los vehículos<sup>16</sup>.

Para empresas que tienen como objeto social prestar el servicio de transporte de pasajeros puerta a puerta y donde los clientes son adolescentes menores de edad, cada país tiene leyes por las cuales estas empresas se deben regir, que se revisan para el caso de Colombia más adelante.

### **3.5 MARCO LEGAL COLOMBIANO**

El Ministerio de Transporte de la Republica de Colombia mediante el Decreto Número 1556 de 1998 determina: **Artículo 47:** DISPOSICIÓN GENERAL. De conformidad con lo preceptuado en la Ley 336 de 1996, a partir de la vigencia de esta disposición, el servicio público de transporte escolar sólo se podrá prestar mediante empresas legalmente habilitadas con equipos matriculados o registrados para dicho servicio, previamente homologados ante el Ministerio de Transporte. **ARTÍCULO 48.** Sin perjuicio del mandato contenido en el artículo anterior, las personas naturales o las asociaciones de padres de familia que conforme a lo dispuesto por el Decreto 1449 de 1990, destinaron sus vehículos de servicio particular al transporte escolar, podrán continuar prestando dicho servicio hasta el 31 de diciembre del año 2007, siempre que hayan sido autorizados por la autoridad competente con anterioridad a la promulgación de este decreto.

---

16 J. Park, B.-I. Kim / European Journal of Operational Research 202 (2010) 311–319. Pág. 311

Dicho servicio se prestará a través de un contrato individual celebrado directamente con el padre de familia.

**PARÁGRAFO.** Las personas naturales que con anterioridad a la vigencia de esta disposición celebraron contratos con establecimientos educativos deberán solicitar al padre de familia el aval correspondiente.

**ARTÍCULO 53.** El servicio particular escolar deberá prestarse en vehículos clase automóvil, microbús, camioneta, bus y buseta y en ningún caso el modelo del vehículo podrá superar los veinte (20) años de edad. **ARTÍCULO 54.** En la operación del servicio particular escolar, además de lo determinado en el presente decreto, no se admitirán menores de pie, ni más de dos (2) niños menores de siete (7) años por cada puesto, ni más de tres niños entre (7) y doce (12) años por cada dos puestos. Los niños mayores de 12 años ocuparán cada uno un puesto. **ARTÍCULO 55.** Con el objeto de garantizar la protección a los estudiantes, los vehículos de transporte particular escolar deberán llevar un adulto que acompañe al conductor durante toda la operación del servicio y un sistema de comunicaciones. **ARTÍCULO 58.** El vehículo particular escolar debe llevar pintada la parte posterior de la carrocería con franjas alternas de 10 centímetros de ancho en colores amarillo y negro. Adicionalmente en la parte delantera y posterior deberá llevar pintado en caracteres destacados la leyenda ESCOLAR, en letras mayúsculas de un mínimo de 10 cm de altura, del tipo D especificado en el manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras de Colombia<sup>17</sup>.

El anterior Decreto fue derogado por el Decreto Número 174 de 2001 en el cual determina: **ARTÍCULO 54.** - PERMISOS CONCEDIDOS EN VIGENCIA DE LOS DECRETOS 1449 DE 1990 Y 1556 DE 1998.-Las personas naturales o las asociaciones de padres de familia que conforme a lo dispuesto por los Decretos 1449 de 1990 y 1556 de agosto 4 de 1998, destinaron sus vehículos de servicio

---

<sup>17</sup> COLOMBIA. Ministerio de Transporte. Decreto Número 1556 de 1998 (Agosto 4)

particular al transporte escolar, podrán continuar prestando dicho servicio hasta el 31 de diciembre del año 2007, siempre que hayan sido autorizados por la autoridad competente, previo cumplimiento de lo establecido en los mencionados decretos.

**ARTICULO 65.** - PROHIBICION DE NUEVOS PERMISOS.- Las autoridades competentes no podrán autorizar nuevos permisos para la prestación del Servicio de Transporte Público Escolar en Vehículos Particulares, so pena de incurrir en causal de mala conducta. **ARTÍCULO 66.-** RENOVACION DEL PERMISO. - El permiso tendrá una vigencia de un (1) año, que podrá ser renovado por periodos iguales, máximo hasta el 31 de Diciembre del año 2007.

**PARAGRAFO PRIMERO.-** Los propietarios de los vehículos interesados en efectuar el cambio de servicio de particular a público deberán vincular su vehículo a empresas de transporte público terrestre automotor especial actualmente autorizadas o vincularlos a las que ellos conformen y habiliten en esta modalidad de servicio, previo el cumplimiento de las condiciones específicas establecidas en el presente Decreto.

**PARAGRAFO SEGUNDO.-** Si un transportador escolar particular no quiere acceder al cambio de servicio de particular a público, podrá continuar prestando este servicio hasta el 31 de diciembre del año 2007, bajo las condiciones establecidas en este Decreto fecha a partir de la cual no podrá continuar prestando el servicio<sup>18</sup>.

Por lo anterior, queda claro que a partir del 2008 los automóviles particulares no podrán circular como medio de transporte escolar. Esta norma garantiza la seguridad para los padres de familia y estudiantes y someten a las empresas de transporte a cumplir con algunos requisitos mínimos de ley pero que para su planeación son muy importantes.

---

<sup>18</sup> COLOMBIA. Ministerio de Transporte. Decreto Número 174 de 2001 (Febrero 5).

Mediante la ley 1239 de 2008, se modificaron los artículos 106 y 107 de la ley 769 del 2 de agosto de 2002, así: “**Artículo 106.** Límites de velocidad en vías urbanas y carreteras municipales. En las vías urbanas las velocidades máximas y mínimas para vehículos de servicio público o particular será determinada y debidamente señalizada por la autoridad de Tránsito competente en el distrito o municipio respectivo. En ningún caso podrá sobrepasar los 80 kilómetros por hora. El límite de velocidad para los vehículos de servicio público, de carga y de transporte escolar, será de sesenta (60) kilómetros por hora. La velocidad en zonas escolares y en zonas residenciales será hasta de treinta (30) kilómetros por hora.

**Artículo 107.** Límites de velocidad en carreteras nacionales y departamentales. En las carreteras nacionales y departamentales las velocidades autorizadas para vehículos públicos o privados, serán determinadas por el Ministerio de Transporte o la Gobernación, según sea el caso teniendo en cuenta las especificaciones de la vía. En ningún caso podrán sobrepasar los 120 kilómetros por hora. Para el servicio público, de carga y de transporte escolar el límite de velocidad en ningún caso podrá exceder los ochenta (80) kilómetros por hora<sup>19</sup>.

Estas disposiciones y requerimientos son variables importantes para tener en cuenta en toda empresa que ejerza la actividad de transportes escolares y necesarios para aplicación de software que empleen variables tales como velocidad máxima.

### **3.6 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS ÚTILES PARA EL DISEÑO DE RUTAS**

Se ha observado que existen diversos métodos para la programación y diseño de rutas de transporte, pero en todos ellos se requiere la distancia de nodo a nodo. Para el caso en particular y real del transporte escolar se requiere saber la distancia que existe entre el punto de origen que para este caso es el colegio y el

---

<sup>19</sup> Colombia. Congreso de la República. Ley 1239 de 2008 (Julio 25)

punto de recogida de cada niño que sería la casa. Es por esta razón que es indispensable recurrir a Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS en su acrónimo inglés [Geographic Information System]), con el fin de adquirir las matrices de distancias.

Una vez obtenidas las matrices, éstas pueden ser utilizadas por software compuestos por lenguaje de programación (tales como hojas de cálculo hasta software orientado a objetos) o por software de optimización o herramientas que involucran las combinación de las anteriores.

### **3.6.1 ArcView GIS**

ArcView es un software de sistemas de información geográfica (SIG O GIS) que permite la visualización, exploración, consulta y análisis de datos geográficos implementando el manejo de información espacial con datos alfanuméricos en una forma fácil y amigable<sup>20</sup>.

Un factor clave e indispensable para la implementación de un software o programa de diseño de rutas, es disponer de una excelente cartografía de la región donde se planea realizar la operación de transporte, lo que significa que se debe contar con los mapas digitales y la zonificación actualizada de la ciudad de estudio. Lamentablemente, Colombia carece de mapas digitales confiables de la red vial urbana y nacional. Actualmente, existe software que podría operar en el ambiente del transporte urbano en Colombia pero por falta de mapas digitales y sistemas de georeferenciación no es posible aplicarlos.

### **3.6.2. Arcgis 10-Arcview**

ArcGIS-ArcView es la versión avanzada de ArcView GIS ya que entrega de una forma fácil el trabajo en datos geográficos. Tiene una interfaz gráfica amigable, en

---

<sup>20</sup> GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando.; ROJAS RAMIREZ, Edgar Jesús; HERRERA ORTIZ, Edilma. ArcView GIS Curso Básico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, 2005. Pág. 4

la cual se puede desplegar de manera rápida la información geográfica. Sirve para visualizar, crear, manipular y gestionar información geográfica, estos corresponden a lugares, direcciones, posiciones en terreno, áreas urbanas y rurales; regiones y cualquier tipo de ubicaciones en terrenos determinados. Todos los shapes de Arcview son compatibles con Arcgis.

Existen alrededor de siete empresas proveedoras de software que ofrecen sistemas informáticos para el diseño de rutas, con oficina de representación y asesoría en Colombia. En la tabla 4 se muestran los 9 software disponibles en Colombia y algunas de sus características. Es importante mencionar que empresas como Nestlé, Carrefour, Coca-Cola, Proctor&Gamble, Fritolay, Kimberly, Adams, y Unilever entre otras, han implementado sistemas para el ruteo de sus vehículos de recolección y despacho tanto a nivel nacional como a nivel internacional<sup>21</sup>.

Es de destacar que solo dos empresas incluyen dentro de su propuesta los mapas y las siete restantes no lo hacen, aunque el costo supera los \$100.000.000. Actualmente en Colombia, se está trabajando en la actualización de los mapas existentes, ya se cuentan con las fotos satelitales y se espera que para el 2.011 o inicios del 2.012 se pueda contar con esta información actualizada al igual que con los sentidos de la vías.

---

<sup>21</sup> GUTIERREZ, Valentina. PALACIO, Juan David y VILLEGAS, Juan Guillermo. Reseña del software disponible en Colombia para el diseño de rutas de distribución y servicios. En: Revista Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. Enero-Marzo, 2007, vol. 43, no. 145 Pág. 64

**Tabla 4. Características del Software**

Producto	Algoritmos Empleados	Incluye mapas	Valor de la licencia	Empresas en Colombia	Instalaciones más significativas
ARC Logistics	Contactar al Proveedor	NO	US\$10.000	Nacional de Chocolates, Imbocar, EAFIT	-
AXIODIS Estándar	14 diferentes en su mayoría heurísticos	SI	US\$20.000	0	Nestle, Carrefour, Syngenta, Air Liquide
AXIODIS Profesional	14 diferentes en su mayoría heurísticos	SI	US\$60.000	0	Nestle, Carrefour, Syngenta, Air Liquide
DataRutas	-	NO	Contactar el proveedor	Coltabaco, Fritolay, Adams, Macpollo, Colombina, entre otras	Kimberly, Unilever
Network Analyst	Contactar al Proveedor	NO	Contactar el proveedor	-	-
Roadnet Transportation Suite	Heurísticos	NO	Contactar el proveedor	El Tiempo, Pernod Ricard	Coca-Cola, Proctor&Gamble, FritoLay, Alpina, Postobón
Sinmaf Vehicle Router	MOANT: Multiobjetive ANT Colonies; SPEA-II	-	Contactar el proveedor	1	-
SpicaR	Contactar al Proveedor	Contactar al Proveedor	Contactar el proveedor	-	-
TransCad	-	Contactar al Proveedor	Contactar el proveedor	-	-

**Fuente: GUTIERREZ, V.; PALACIO, J.D.; VILLEGAS J.G | Reseña del software disponible en Colombia para el diseño de rutas de distribución y servicios**

#### **4. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE TRANSPORTE EN COMULCLAVER LTDA**

La realización de este diagnóstico pretende reconocer y explorar la situación actual del proceso de transporte desarrollado por COMULCLAVER LTDA, identificando los problemas, posibles causas y el impacto que tienen en la eficiente operación de la actividad de transporte.

Para el diagnóstico de la situación del proceso se utilizó una metodología en la cual se pretendió identificar las fases de actuación, los datos e información necesarios y los instrumentos de apoyo para obtener las conclusiones que conlleven a una solución adecuada del problema abarcado.

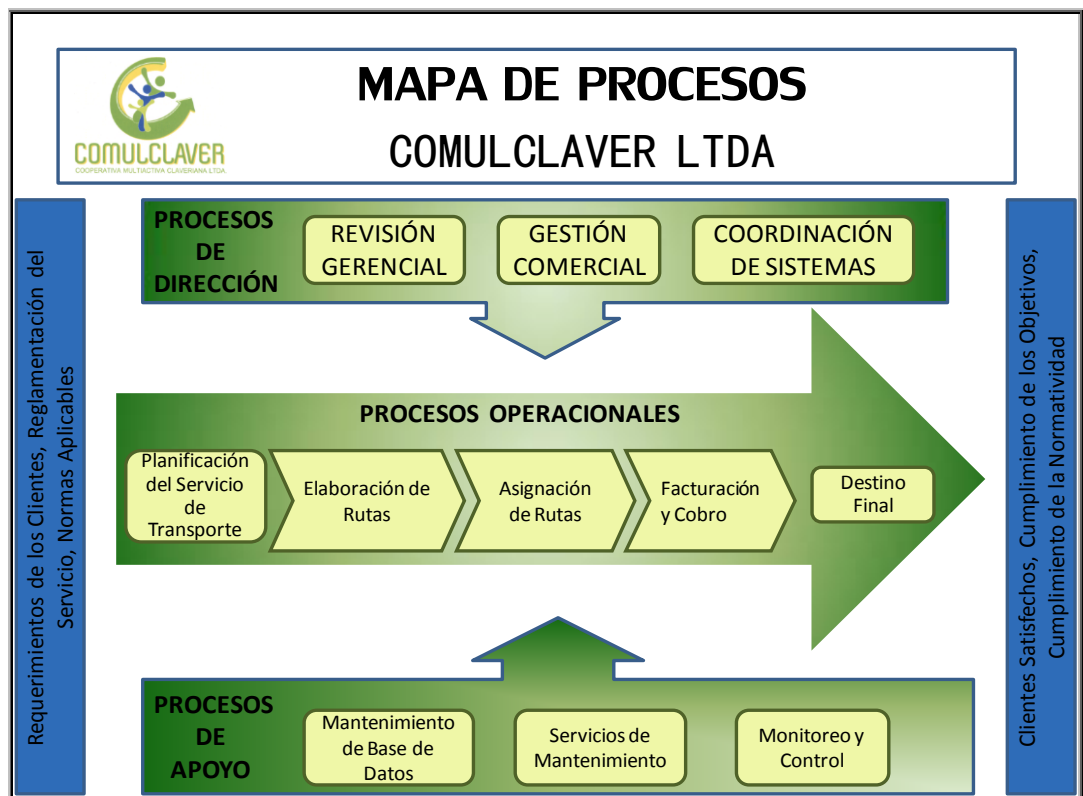
Para esto se realizaron las siguientes etapas:

- Entrevistas preliminares y reuniones periódicas desarrolladas directamente con el Gerente y el Coordinador de Transporte de la empresa, con el fin de identificar claramente los objetivos del proyecto y fijarlos en el mismo.
- Se realizó una labor de apoyo junto con el coordinador de transporte durante tres meses comprendidos entre diciembre de 2009 hasta febrero de 2010 realizando el proceso como actualmente se ha hecho.
- Se realizó la recolección de los datos pertenecientes a las rutas de los colegios a los que se les brinda el servicio de transporte escolar.
- Y por último la verificación de los datos con los transportadores.

## 4.1. PROCESOS DE COMULCLAVER LTDA

Con el fin de ofrecer una visión general de todas las actividades que se realizan dentro de COMULCLAVER LTDA, en la figura 8 se representan los procesos que componen el sistema.

**Figura 8. Mapa de Procesos de COMULCLAVER LTDA**



**Fuente: Autor del Proyecto**

### 4.1.1. Procesos de Dirección

Son el conjunto de procesos relacionados directamente con las actividades de Gerencia y Gestión Comercial, así como con las actividades de la Coordinación de Sistemas con el fin de contribuir al logro de la Misión Cooperativa.

#### **4.1.2. Procesos Operacionales**

Son el conjunto de procesos que contribuyen directamente con el cumplimiento de la razón de ser de la Cooperativa. Dentro de estos procesos se encuentran:

- Planificación del Servicio de Transporte
- Elaboración de Rutas
- Asignación de Rutas
- Facturación y Cobro

#### **4.1.3. Procesos de Apoyo**

Son el conjunto de procesos relacionados con la ejecución de las disposiciones gerenciales, que tienen la finalidad de contribuir al logro de las actividades operacionales de la Cooperativa. Entre estos procesos se encuentran:

- Mantenimiento de Bases de Datos
- Servicios de Mantenimiento
- Monitoreo y Control

A continuación se realizará un énfasis en los procesos operacionales de Comulclaver con el fin de identificar paso a paso cada uno de sus procesos y finalmente se realizará un análisis de los mismos.

### **4.2 PROCESOS OPERACIONALES EN COMULCLAVER LTDA**

Los procesos operacionales, son aquellos procesos que poseen un contacto directo con el cliente y son necesarios para la realización de un producto o la prestación de un servicio, y son a partir de ellos que el cliente percibirá y valorará la calidad en la gestión comercial, planificación del servicio, elaboración y asignación de rutas y facturación y cobro.

#### **4.2.1. Planificación del Servicio de Transporte**

Comulclaver anualmente planea la propuesta que será presentada para cada colegio, si el colegio tiene contrato actual con la Cooperativa, la empresa presenta únicamente el incremento para el año siguiente, de lo contrario se anexa un portafolio de servicios.

Para futuros clientes, la empresa tiene como prioridad el horario del colegio, esto con el fin de evitar cruces con sus demás clientes. Si el horario es viable para prestar el servicio, se tiene en cuenta la capacidad del parque automotor. Para este potencial cliente la empresa muestra carta de presentación, portafolio de servicios y propuesta económica; en esta última, se estipula la forma en que será recaudado el dinero.

En la tabla 5 se hará mención de los clientes con los que la Cooperativa laboró en el año 2.010 y los clientes con los que actualmente presta el servicio. Se puede observar que para el año 2.011 se tiene el mismo número de Colegios respecto al 2.010, con la diferencia que actualmente no se presta el servicio al área de preescolar del Colegio San Pedro.

**4.2.1.1 Contacto con el Cliente:** COMULCLAVER ofrece sus servicios a los colegios del Área Metropolitana de Bucaramanga con el fin de adquirir un convenio anual con ellos. Actualmente tiene convenio con el Colegio San Pedro Claver (primaria y bachillerato); Instituto Caldas, Colegio Pedagógico Comfenalco (Tres Sedes), Colegio Gimnasio Campestre San Sebastián y Academia Militar.

Al momento de realizar el convenio con el colegio, se estipulan las condiciones del contrato, lo que implica que para cada colegio se realizará una liquidación de acuerdo a lo pactado entre las dos partes. Año tras año la modalidad de recaudo puede variar y en la tabla 5 se observa la forma de recaudo realizada por la Cooperativa en los años 2.010 – 2.011.

**Tabla 5. Clientes y recaudo en el año 2.010 y 2.011**

<b>FACTOR</b>	<b>AÑO 2.010</b>	<b>Forma de Recaudo</b>	<b>AÑO 2.011</b>	<b>Forma de Recaudo</b>
Clientes de COMULCLAVER	Colegio San Pedro Claver (Preescolar, Primaria y Bachillerato)	El Colegio	Colegio San Pedro Claver (Primaria y Bachillerato)	El Colegio
	Instituto Caldas		Instituto Caldas	Talonario
	Colegio Pedagógico Comfenalco (Sedes: 1, 2 y 3)	Consignación Bancaria o en la caja de la Cooperativa	Colegio Pedagógico Comfenalco (Sedes: 1, 2 y 3)	
	Gimnasio Campestre San Sebastián		Gimnasio Campestre San Sebastián	
	Colegio Psicopedagógico Carl Rogers		Colegio Academia Militar	

**Fuente: Autor del Proyecto**

Para el recaudo del pago en el año 2.010 se manejaron dos modalidades:

- a) El recaudo es realizado por el Colegio:** Los colegios San Pedro Claver e Instituto Caldas son los dos únicos colegios que se encargan de cobrar la cuota mensual del servicio de transporte incluido en el pago de la pensión. Al momento de realizar el contrato las dos partes se ponen de acuerdo con respecto al valor que se cobrará al padre de familia; el colegio retiene un porcentaje el cual ha sido determinado en común acuerdo entre las dos partes. La cooperativa envía mensualmente la factura a cada colegio y éste la revisa y compara la información; después de esto el colegio devuelve la factura informando su pago si la información es correcta o en caso contrario el pago de la misma con el deducible de algún estudiante que no coincida con su base de datos.
- b) Consignación Bancaria:** Los tres colegios restantes (Colegio Gimnasio Campestre San Sebastián, Colegio Psicopedagógico Carl Rogers y Comfenalco) no se responsabilizan del recaudo del dinero, así que la cooperativa es quien se encarga de cobrar al padre de familia. El pago se realiza por medio de consignación en una cuenta del Banco Bogotá. Hay padres de familia que no pueden realizar el pago en el banco así que se acerca a las instalaciones de la cooperativa a realizarlo.

Para el año 2.011, el Colegio San Pedro conservó la modalidad de recaudo y se cambió el recaudo de consignación bancaria por el uso del talonario, el cual consiste en entregar el talonario al padre de familia que consta de los recibos correspondientes al año de servicio y éste debe ser cancelado mes a mes en la caja de la Cooperativa. Los demás colegios adoptaron esta modalidad.

La Cooperativa hace una retención aproximadamente del 10% del contrato para su sostenimiento, y el restante es el que se le paga al transportador quien es asociado y en un 90% de los casos el propietario de la buseta.

Una vez firmado el contrato, la empresa se dispone a elaborar la documentación necesaria para la recolección de la información, la cual consiste en hacer los formularios de inscripción para cada colegio y reglamento del servicio de transporte. Este formulario debe ser diligenciado y firmado por el padre de familia o responsable del pago. El formulario es igual para cada colegio, lo único que lo diferencia es el membrete que va dirigido a cada colegio con su respectivo logo. La información que contiene cada formulario es la siguiente:

- Nombres
- Apellidos
- Curso
- Código de Estudiante
- Identificación
- Dirección
- Ciudad
- Barrio
- Teléfono
- Tipo de Servicio
- Nombre Completo del Padre
- Teléfono Fijo
- Teléfono Celular
- Nombre Completo de la Madre
- Teléfono Fijo
- Teléfono Celular
- Responsable del Pago
- Firma del Responsable del Pago
- Teléfono Fijo
- Teléfono Celular

Estos formularios se entregan en los colegios días previos a la matrícula con el fin de que el colegio los entregue a los padres de familia que están interesados en recibir el servicio. El padre de familia tiene la opción de acercarse a la cooperativa y diligenciarlo allí mismo. Al finalizar inscripciones la Cooperativa debe tener los formularios de los colegios y los realizados en la Cooperativa.

Los colegios realizan inscripciones hasta la segunda semana del mes de diciembre y las reanudan en la segunda semana de enero.

#### **4.2.2 Elaboración de Rutas**

En primera instancia hay que mencionar que hasta el año 2.010 el único colegio con calendario B es el Instituto Caldas y la recepción de inscripciones para este colegio no coincidía con los demás clientes de la Cooperativa. Para el año 2.011 todos los colegios manejan calendario A.

Aclarado lo anterior, el proceso de elaboración de rutas se inicia desde el mes de diciembre cuando el colegio entrega los formularios diligenciados hasta el último día de inscripciones a la Cooperativa, esta entrega es parcial ya que en enero se reanudan inscripciones después de la segunda semana del mismo mes. El proceso que realiza COMULCLAVER con las inscripciones parciales son las siguientes:

**4.2.2.1 Almacenamiento de la Información:** Una vez recolectados los formularios, se procede a digitar la información contenida en ellos en una tabla de Excel para cada colegio. Es importante tener clara y completa la información como dirección, barrio, código del estudiante, tipo de servicio y para el caso en particular del Comfenalco, la jornada. Esta labor requiere de tiempo pues es un gran número de formularios que hay que transcribir. Esta actividad es realizada por el auxiliar de transporte quien tiene otras actividades por realizar como planillas y coordinación de viajes especiales.

**4.2.2.2 Sectorización:** Una vez almacenada la información en el sistema, se procede a clasificar la información para cada Colegio. En primera instancia hay que clasificar dicha información por área, es decir, Bucaramanga y Floridablanca.

Es posible que haya inscripciones para Girón y Piedecuesta y dependiendo de la cantidad de inscritos, se determina si se puede crear una ruta que permita recoger los estudiantes que viven en estos sectores del Área Metropolitana de Bucaramanga.

La segunda sectorización consiste en separar por barrios cada área (Bucaramanga y Floridablanca). Ésta sectorización es general con el fin de identificar los sectores donde se concentra la mayor cantidad de estudiantes.

En la gráfica 1 se puede observar la cantidad promedio de estudiantes ubicados en los principales barrios de la ciudad de Bucaramanga. Estos datos se obtuvieron con relación a los estudiantes inscritos en el año 2.010, aunque haciendo un análisis de la información recolectada en el 2.011, la proporción con respecto al año anterior se conserva en un 90%.

Una vez determinados los barrios donde existe la mayor concentración de estudiantes, se procede a sectorizar nuevamente.

Otro punto muy importante y que es de aclarar, es que en las rutas no se pueden mezclar estudiantes de diferentes colegios, tampoco de diferente escolaridad así pertenezcan al mismo colegio (preescolar con bachillerato), esto último se permite en el caso de que sean hermanos y bajo la autorización expresa de los padres. Debido a las observaciones descritas anteriormente, la gráfica 1 pretende visualizar la concentración de estudiantes promedio en los barrios de la ciudad de Bucaramanga.

Es significativa la cantidad de estudiantes que se ubican en lagos del cacique, ciudadela real de minas y cabecera. Esta es la principal razón por la que el sector de lagos hay que dividirlo en cacique bajo, medio y alto; y en el caso de ciudadela real de minas y cabecera debe pasar por dos sectorizaciones más.

**Gráfica 1. Número de estudiantes promedio por barrio en Bucaramanga**



**Fuente: Autor del Proyecto**

En la gráfica 2, se realiza el mismo estudio pero con estudiantes ubicados en los principales barrios o conjuntos de la ciudad de Floridablanca. Esta información también está basada en datos del 2.010. Para el año 2.011 se conserva aún más la relación respecto al año y la información difiere en un mínimo porcentaje.

Salta a la vista la cantidad de estudiantes en Cañaveral pero hay que tener en cuenta que en este sector se encuentran ubicados una gran cantidad de conjuntos cerrados. Por tal motivo este sector hay que dividirlo.

**Gráfica 2. Número de estudiantes promedio por barrio en Floridablanca**

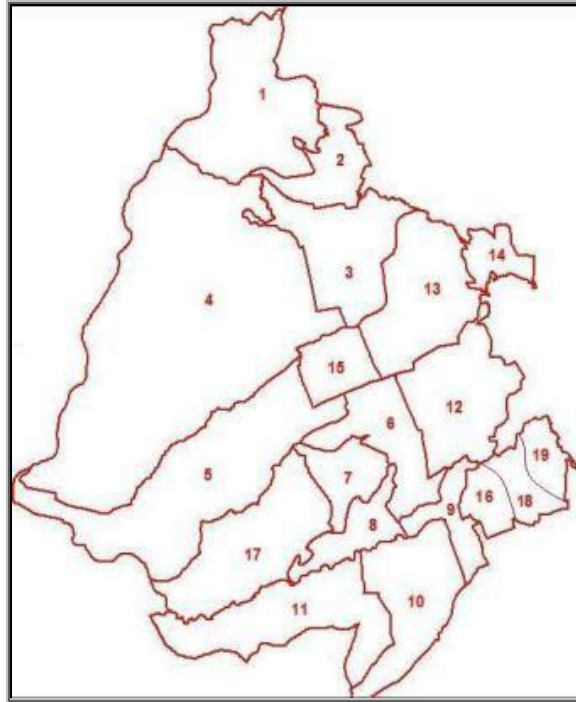


**Fuente: Autor del Proyecto**

Hasta este punto, el proceso de sectorización se ha realizado gran cantidad de veces con el fin de generar una ruta compacta. En este momento es cuando el coordinador de transporte (responsable de la sectorización), une los sectores aledaños con el fin de incrementar el número de estudiantes para cada ruta. En conclusión, forma un gran sector que puede denominarse “comuna”, con pequeños subsectores.

En la figura 9 se puede observar el ejemplo de lo descrito anteriormente con el mapa de Bucaramanga.

**Figura 9. Comunas de la ciudad de Bucaramanga**



**Fuente: Autor del Proyecto**

La Cooperativa no tiene clientes en la zona norte de Bucaramanga (comunas 1 y 2). A continuación se nombrarás algunos subsectores que conforman las comunas y en los que COMULCLAVER tiene clientes:

- Comuna 3: Universidad, mutualidad, modelo, san francisco y Alarcón.
- Comuna 4: Girardot, Santander
- Comuna 5: Alfonso López, la joya, campo hermoso, la estrella, 1 de mayo.
- Comuna 6: La concordia, San Miguel, Ricaurte, Gómez Niño, la ceiba, la victoria.
- Comuna 7: Ciudadela Real de Minas
- Comuna 8: San Gerardo, Pablo VI, Colombia
- Comuna 9: Mirador de San Lorenzo, Torres de Alejandría, Diamante I, Asturias

- Comuna 10: Diamante II, San Luis, Fontana, Provenza, Nueva Fontana, Comultrasan
- Comuna 11: El porvenir, Dangond, Coaviconsas, delicias, candado.
- Comuna 12: Sotomayor, Bolarquí, Antiguo Campestre, Conucos, Cabecera, Pan de Azúcar, La Floresta, El Jardín
- Comuna 13: Los pinos, San Alonso, la aurora, Las Américas, el prado, mejoras públicas, Antonia Santos, Bolívar
- Comuna 14: Albania
- Comuna 15: Centro, García Rovira
- Comuna 16: Portón del Tejar, Torres de Monterrey, Girasol, Altos de Tajamar
- Comuna 17: Mutis, Monterredondo, Punta Estrella
- Comuna 18: Cacique Bajo (Santa Bárbara, Serrezuela, Palmeras, Tesoro)
- Comuna 19: Cacique Alto (Hacienda San Juan, Rincón del Lago, Monteverde)

**4.2.2.3 Tipos de Servicio:** Realizada la última sectorización se analiza la cantidad de estudiantes por ruta. El conteo se realiza de la siguiente manera:

- **Servicio Completo:** Este tipo de servicio consta de recoger al estudiante en la casa y llevarlo al colegio, recogerlo en el colegio y entregarlo en la casa.
- **Medio Servicio:** Hay dos modalidades; recoger al estudiante en la casa y llevarlo al colegio que es el servicio únicamente de RECOGER; o recogerlo en el colegio y llevarlo a la casa que se denomina ENTREGAR. Este tipo de servicio se liquida entre el 60 y 70 por ciento (%) del servicio completo.
- **Servicio Compartido:** Surge ocasionalmente con el colegio Comfenalco ya que allí se maneja una jornada de 7:30 a.m a 5:30 p.m y los alumnos son pocos y dispersos así que se opta por que el transporte de la jornada de la mañana lo recoge y que el transporte de la jornada de la tarde lo entregue.

Este valor se liquida con el 50% del servicio completo para cada transportador.

**4.2.2.4 Toma de Decisiones:** Hay un momento en el que la Cooperativa decide hacer un alto y no asignar a ruta las inscripciones que lleguen faltando tres a cuatro días para el ingreso a clases.

El coordinador de transporte toma la decisión si es necesario sectorizar nuevamente para unir o dividir algún sector. El coordinador junto con el gerente deciden qué hacer con los estudiantes que no se han podido asignar a ruta ya que dentro del contrato de la Cooperativa con el colegio Comfenalco se estipula que se debe transportar a todo estudiante sin excepción. La decisión radica en aumentar el tiempo en el recorrido por recoger al estudiante; que la buseta se exceda en capacidad de acuerdo a lo estipulado en su tarjeta de operación y hay que tener en cuenta que esta decisión implica que el transportador transite con sobrecupo lo cual genera una serie de implicaciones de sanciones si es detectado por un policía de tránsito; y como última opción cambiar el vehículo por uno de mayor capacidad para ese sector.

**4.2.2.5 Elaboración del Documento de la Ruta:** Ya que la información se encuentra digitada, se procede a ocultar algunas celdas y dejar visibles el código del estudiante, nombres completos, dirección, tipo de servicio y teléfonos. Este formato se imprime y es el que se le entregará a cada transportador cuando sea asignado.

### **4.2.3 Asignación de Rutas**

Las rutas se asignan a los asociados de la Cooperativa, en caso de necesitar más transportadores se recurre a la contratación de transportadores externos. Para el

año 2010 el comité de transporte y el Colegio San Pedro influyeron de forma significativa en la asignación de rutas.

- **Colegio San Pedro:** El año inmediatamente anterior éste colegio decidió que los transportadores que trabajaron ese año debían continuar para el año 2010 lo cual dificultó un poco la asignación pues algunos sectores variaron y fue difícil ajustar la capacidad. Para este año hubo un incremento en cuatro rutas, dos de primaria y dos de bachillerato; para las rutas de primaria la coordinación de transporte asignó aquellos que tienen el perfil para transportar niños pequeños y las rutas de bachillerato fueron asignadas a transportadores nuevos.
- **Colegio COMFENALCO:** Este colegio no se involucró en la asignación de rutas pero el comité de transporte propuso al concejo que la asignación se hiciera mediante sorteo para garantizar que todos los transportadores internos tuvieran mínimo una ruta.

En primera instancia se discriminó a los transportadores por el número de rutas que cada uno tenía en ese momento ya que algunos tenían asignadas rutas del colegio San Pedro e Instituto Caldas (ver tabla 6), estos transportadores no podían participar en la primera ronda del sorteo.

En base a la información que se observa en la tabla, en la primera ronda podrían participar 30 de los 75 vehículos que conforman el parque automotor. Hasta ese momento se podía garantizar que todos los asociados contaban con al menos una ruta. Para la segunda ronda del sorteo podrían participar estos mismos 30 más 32 asociados que contaban con una única ruta. Los siete asociados que tenían ruta dos rutas, debían esperar hasta la tercera ronda si querían participar en el sorteo.

**Tabla 6: Transportadores con Rutas Asignadas**

RUTAS 2010			RUTAS 2010		
NO INT/DIA	COLEGIO SAN PEDRO	INSTITUTO CALDAS	NO INT/DIA	COLEGIO SAN PEDRO	INSTITUTO CALDAS
500			539		
501			540		
502			541		
503			542		
504			543		
505			544		
506			545		
507			546		
508			547		
509			548		
510			549		
511			550		
512			551		
513			552		
514			553		
515			554		
516			555		
517			556		
518			557		
519			558		
520			559		
521			560		
522			561		
523			562		
524			563		
525			200		
526			201		
527			202		
528			203		
529			204		
530			205		
531			206		
532			207		
533			208		
534			209		
535			210		
536			211		
537			212		
538			213		

**Fuente: Autor del Proyecto**

- **Instituto Caldas:** Este colegio es el único que tiene calendario B y es por esta razón que los transportadores son los mismos en el transcurso del año. El colegio está en proceso de igualar el calendario con el fin de dejar únicamente el calendario A. Es posible que para finales del 2010 se nivele.
- **San Sebastián y Carl Rogers:** Estos dos colegios cuentan con muy pocos transportadores internos, en su mayoría son externos y este año con más razón debido al incremento de rutas de los anteriores colegios.

Para el año 2.011 el Colegio San Pedro determinó con que transportadores del año 2.010 continuaba y cuáles deberían ser reemplazados. Para la asignación de los demás colegios no se realizó ningún tipo de sorteo y el criterio de asignación fue procurar porque cada transportador tuviera un mínimo de rutas.

Es importante mencionar que la ruta que le corresponda al transportador debe realizarse durante el año, esto con el fin que tanto el padre como el niño conozcan y confíen en quien los transporta. Si el transportador renuncia a la ruta, este incurre en una multa representada en salarios mínimos legales mensuales vigentes.

**4.2.3.1 Seguridad de los Vehículos:** Los vehículos pasan por proceso de revisión técnico-mecánica para verificar si el vehículo es apto para transportar niños, se confirma la capacidad del vehículo, la cual es uno de los factores más importantes para la asignación de rutas ya que a cada transportador se le debe garantizar como mínimo el 80% del cupo lo cual está estipulado en el reglamento. El colegio San Pedro es el único colegio que cita al parque automotor y es el rector del colegio es quien autoriza la flota de vehículos que van a trabajar durante el año. Este procedimiento se realiza año tras año.

**4.2.3.2 Realización de Pre-Ruta:** Al transportador se le hace entrega formal de la ruta la cual contiene la lista de alumnos con sus respectivas direcciones y números telefónicos. Esta lista es de acuerdo a la capacidad de sus vehículos. El conductor debe hacer una pre-ruta dos o tres días antes de iniciar en forma con su labor para presentarse antes los padres de familia e informar a qué hora recogerá y entregará a su hijo. Con esto se entiende que es el conductor quien realmente hace la ruta, pues la empresa no le entrega el orden en que debe recogerlos y entregarlos. El transportador informa las novedades que surjan en la pre-ruta pues se presenta el caso de que algún niño haya cambiado de casa y no lo reportó a la cooperativa o sencillamente cancelan servicio porque no están de acuerdo con la hora en que se va a recoger el niño.

**4.2.3.3 Asignación de Novedades:** Al principio del año escolar hay padres de familia que hacen la inscripción días después que se ha empezado el servicio, si la ruta tiene cupo se le asigna al transportador inmediatamente y se le informa telefónicamente para que al día siguiente inicie a prestar el servicio; de lo contrario, al padre de familia se le informa que la ruta está llena y que hay que esperar a que lleguen más inscripciones para abrir otra ruta o el retiro de un cliente actual.

**4.2.3.4 Monitoreo y Control Semanal de Novedades:** Una vez hecha la pre – ruta el transportador informa a la cooperativa las novedades que surgieron y quedan registradas en la base de datos. Semanalmente la Cooperativa procede a elaborar un formato de control semanal de rutas el cual incluye la siguiente información:

- Propietario del Vehículo
- Conductor del Vehículo
- Colegio
- Número de Ruta
- Hora Inicio de Recogida
- Hora Fin de Recogida

- Hora Inicio de Entrega
- Hora Fin de Entrega
- Periodo Desde
- Periodo Hasta
- Código del Alumno
- Nombre del Alumno
- Dirección del Alumno
- Tipo de Servicio
- Novedades

El conductor debe diligenciar este formato semanalmente y la Cooperativa envía una copia al Colegio.

#### **4.2.4 FACTURACIÓN Y COBRO**

En este proceso se reflejan los procesos anteriormente realizados. La precisión de la información anteriormente recolectada garantiza un buen desarrollo en el proceso de facturación y cobro.

**4.2.4.1 Facturación Colegio San Pedro e Instituto Caldas:** El coordinador de transporte alimenta su base de datos con las cuentas de cobro que el transportador entrega, este proceso tarda de tres a cinco días con el fin de entregar la factura al colegio a más tardar el día 25 del mes, esto para dar un margen de cinco días para que el colegio revise la factura y reporte las novedades. A fin de mes el coordinador de transporte sabe que estudiantes fueron pagados y pasa el reporte a contabilidad para que allí se genere la relación de ingresos del transportador de acuerdo al número de rutas que tenga.

**4.2.4.2 Facturación Colegio Comfenalco, Carl Rogers y San Sebastián:** Para realizar esta facturación hay que esperar hasta el día 30 ya que es este día cuando el banco envía los extractos y la cartera de la cooperativa hace cierre de los pagos que allí se hayan realizado. Para los días 2 y 3 del siguiente mes la

información se pasa a contabilidad para complementar la relación de ingresos del transportador.

Lo descrito anterior corresponde al año 2.010. Para el año 2.011 se cambió el método de la consignación bancaria, por un talonario que contiene los recibos para el pago del servicio del año y éste debe realizarse en la Cooperativa.

Para cualquiera de los tipos de facturación, si el padre de familia o el colegio no pagaron ese mes, el pago al transportador se realizará el mes siguiente.

**4.2.4.3 Facturación realizada por el transportador:** El transportador debe realizar una cuenta de cobro donde incluye la información de los niños transportados en el mes. La cuenta debe incluir el nombre completo del estudiante, el tipo de servicio y el total de la cuenta; si el estudiante ha sido transportado menos de un mes y el cobro corresponde a una, dos o tres semanas debe especificarse en la cuenta.

Esta cuenta debe pasarse entre los días 15 y 20 del mes para que el coordinador de transporte pueda alimentar su base de datos.

**4.2.4.4 Pago al Transportador:** En el área de contabilidad se totalizan los ingresos y se hacen los respectivos deducibles o egresos del transportador por conceptos tales como: pago de cuota por préstamos, planillas, recargas a avantel, administración, anticipos u otros gastos eventuales como batas, logos de buseta etc. Finalmente, al transportador se le entrega el recibo donde se especifica el pago por cada ruta y sus descuentos, si él tiene alguna duda respecto a sus ingresos debe comunicarse con el coordinador de transporte quien le explicará si no se le pago algún niño y cuál fue el motivo para que lo tenga en cuenta en el pago del próximo mes.

### **4.3 ANÁLISIS DE PROCESOS**

De acuerdo a la observación realizada en las etapas del servicio de transporte en Comulclaver, se evidenciaron los aspectos en sus procesos que actualmente se manejan con ineficiencia. En esta sección se analizarán los efectos y sus causas de las ineficiencias de cada proceso. En la figura 10 y 11, se muestran estas ineficiencias por medio de un diagrama de causa - efecto.

#### **4.3.1 Ineficiencias en la Planificación del Servicio**

El problema radica principalmente en el contacto con el cliente ya que en este proceso el padre de familia cree que por tener más de un año pagando transporte no necesita hacer inscripción para el año siguiente, razón por la cual el estudiante no se asigna a ruta y viene el reclamo por parte del padre de familia del por qué no recogieron a su hijo. Este factor genera inconformismo al cliente ya que es posible que cuando se entere que hay que inscribirlo nuevamente, la ruta esté llena y no se le pueda prestar el servicio y como consecuencia crea un deterioro en la imagen corporativa. Del mismo modo ocurre con las matrículas extemporáneas ya que se convierten en un problema influyente en la planificación del servicio.

Es necesario buscar mecanismos que permitan informar al cliente con anterioridad de lo importante que es confirmar si continua con el servicio de transporte, actualizar los datos en el caso de hacerlo y para nuevos clientes realizar la inscripción desde el mes de diciembre, esto con el fin de brindarle al cliente mayor probabilidad de ser asignado a una ruta y a la empresa mejorar su planificación.

Otro aspecto importante a considerar y que se falla reiterativamente radica en la recolección de la información a tiempo. Existen dos causas por las cuales el proceso de planificación se ve afectado y éstas se mencionan a continuación:

**4.3.1.1 Pérdida de los Formularios:** Este factor es verdaderamente importante ya que hay padres de familia que realizan la inscripción con tiempo en el colegio y allí se pierden los formularios y la información no llega a la cooperativa; el padre de familia se confía de que hecha la inscripción cuenta con el servicio y llega el día del inicio de clases y a su hijo no lo recogieron, el reclamo se hace en la cooperativa y es allí donde el padre se entera de que su hijo no está escrito lo cual genera una inconformidad con la empresa sin ser ella la directamente responsable. Un error como este puede ocasionar que el estudiante no tenga el servicio si hasta ese momento la ruta se encuentra llena y se crea el conflicto pues por ello el padre realiza la inscripción con tiempo para evitar quedar sin cupo. Es necesaria la implementación de un mecanismo de control que regule la entrega y devolución de los formularios que se dejan en cada colegio y así reducir la pérdida de éstos.

**4.3.1.2 Inscripciones Extemporáneas:** Quizá el problema más relevante e influyente para la planificación del servicio radica en las inscripciones extemporáneas y esto ocurre cuando el padre de familia matricula a su hijo uno o dos días antes de iniciar el servicio y esto sucede en un porcentaje muy alto, lo que ocasiona que las rutas se reestructuren en un tiempo muy corto e incluso la cooperativa opta por no comprometerse con el cliente a prestar el servicio la primera semana por no correr el riesgo de que las rutas queden con sobrecupo. Este proceso se nivel sólo hasta la segunda semana de febrero, hasta esta fecha se puede afirmar que las rutas son estables y que las modificaciones que surjan son mínimas.

Dentro de las condiciones del contrato con el colegio COMFENALCO contempla que la empresa está obligada a transportar a todos los estudiantes que requieran el servicio y recibir este tipo de inscripciones dificulta cumplir a cabalidad con esta condición.

### 4.3.2 Ineficiencias en la Elaboración de Rutas

En el proceso actual de la elaboración de rutas no se hace bajo ningún criterio de optimización, no se cuenta con un método que permita saber el tiempo aproximado de la ruta y si se está cumpliendo con el requisito de tiempo máximo de ruta de 45 minutos, esto solo se sabe cuando el transportador realiza la pre-ruta y este tiempo no se reporta al coordinador. Los factores más influyentes se nombran a continuación:

**4.3.2.1 Ineficiencias en el Almacenamiento de la Información:** Transcribir la información de los formularios a tablas en Excel es un trabajo que tarda mucho tiempo y no garantiza la precisión del digitador. Esta información permanece actualizada hasta las inscripciones que se reciben la primera e incluso segunda semana de enero, de ahí en adelante la base sólo se llena con la información más relevante como nombre completo, dirección y teléfono pues no se cuenta con el tiempo para almacenar toda la información que contiene el formulario.

Los errores más reiterativos y sus consecuencias son las siguientes:

- **Error en el Código:** El código del alumno es quizá la información más importante ya que la facturación y el cobro se realiza bajo esta identificación, un cambio en uno solo de los números que conforma el código significa el pago de un estudiante diferente. En el caso de los colegios San Pedro e Instituto Caldas los códigos se pueden rectificarse con anticipación pues estos colegios pasan la relación de códigos y la cooperativa los compara con los recolectados en los formularios, esto con el fin de que la facturación no sea errada y si fuera el caso que exista un error en la codificación hay un margen de cinco días para hacer la corrección con el nombre del estudiante. En el caso de los demás colegios es más difícil la identificación ya que el extracto del banco llega únicamente con el código; si el código quedó mal escrito y no concuerda con la base de datos de la cooperativa, ésta tendría que pedir al padre de familia

copia de la consignación para verificar el pago con los nombres del estudiante, esto en el caso que el padre de familia conserve la consignación, de lo contrario tendría que pedirse al banco una copia de la consignación y por lo tanto el proceso se hace mucho más demorado.

- **Error en la Dirección:** Sin ser el menos importante, la dirección es la materia prima con el cual se hace la sectorización, es por esta razón que la información debe ser clara, completa y correcta. En ocasiones el padre de familia se limita a colocar el nombre del conjunto residencial sin especificar la dirección exacta o si el conjunto se ubica en Bucaramanga o Floridablanca; lo correcto es estipular la información completa: dirección, nombre del conjunto o edificio, número de casa o apartamento y ciudad ya sea Bucaramanga o Floridablanca. Para este caso en particular hay un incremento en costos pues en ausencia de esta información hay que hacer llamadas para rectificar la información y esto incurre en un costo adicional pudiéndose prever en el momento de la elaboración de la inscripción. Otro caso que puede suceder es que se mal interprete la nomenclatura empleada por la persona que llena el formulario y se cambie un detalle como el de calle por carrera, lo cual se descubre hasta el momento en que el transportador hace la pre-ruta y no encuentra la dirección o no encuentra el cliente y por esta razón se incurre en costo de llamadas y asignar al estudiante a la ruta que le corresponde.

**4.3.2.2 Ineficiencias en la Sectorización:** La sectorización no se hace bajo ningún criterio de optimización, además este proceso hay que hacerlo muchas veces hasta reducir los sectores de acuerdo a la capacidad de los vehículos. Debido a las inscripciones extemporáneas, este proceso manual tarda mucho tiempo hasta el punto de que el transportador haga pre-ruta un día antes y que las novedades se solucionen sobre la marcha.

**4.3.2.3 Ineficiencias en el Tipo de Servicio:** Se presenta con mucha frecuencia problemas con el servicio compartido, pues es difícil controlar su pago ya que hay que pagarles a dos personas la mitad de un servicio completo y hay que tener muy claro las dos personas a las que se les paga para no cometer errores que se vean representados en la cartera de la empresa. Es por esto que se evita al máximo emplear este tipo de servicio y ya si como último recurso hay que hacerlo, es preferible pagar completo a uno de los transportadores y que él se entienda con la otra parte y se reembolsen el dinero entre ellos y así no afectar la liquidación que hace el departamento de contabilidad.

**4.3.2.4 Ineficiencias en la Elaboración del Documento de la Ruta:** Este proceso está ligado con el almacenamiento de la información ya que cualquier error de digitación será transmitido al transportador y sólo hasta que éste realice la pre-ruta no se podrá corroborar la exactitud de los datos.

### **4.3.3 Ineficiencias con la Asignación de Rutas**

Debido a la influencia que tuvo el Colegio San Pedro y el comité de transporte en la asignación de vehículos, este proceso sufrió algunas dificultades que se explican a continuación:

- **Colegio San Pedro:** El Colegio exigió que se conservaran los transportadores del año inmediatamente anterior al igual que el sector en que laboraban. En el año 2010 hubo un incremento considerable en el sector de álamos y lagos del cacique; anteriormente las busetas que cumplían con estos sectores no tenían sobrecupo e incluso no alcanzaban a cubrir completamente su capacidad (álamos buseta para 12 pasajeros; lagos del cacique 3 busetas). El sector de álamos tuvo un incremento considerable, tanto que la buseta con capacidad de 12 pasajeros no era la indicada para cumplir con esta demanda; lo más

recomendable era asignar a ese sector una buseta de 19 pasajeros e incluso asignar una de 24 si fuese necesario. Sin embargo, debido a la exigencia del Colegio la buseta de 12 pasajeros se conservó y se asignó una segunda buseta; lo mismo ocurrió con el sector de lagos del cacique, se tuvo que abrir una ruta más en este sector.

En este ejemplo en particular surgieron dos rutas nuevas, las cuales serían asignadas por decisión del Gerente y el Coordinador de Transporte dependiendo de su criterio.

- **Colegio COMFENALCO:** La asignación de rutas en el 2.010 para este colegio fue por sorteo. Sin embargo, debido a las inscripciones extemporáneas se generaron nuevas rutas y al igual que el Colegio San Pedro la asignación de éstas fue por decisión administrativa.
- **Instituto Caldas, San Sebastián y Carl Rogers:** Para estos colegios, año tras año se maneja proporcionalmente el mismo número de inscripciones y por lo mismo se conserva el parque automotor para estos colegios.

Por lo anterior, se observa que no existe un parámetro para asignar las nuevas rutas y por esta razón los socios con más antigüedad se sienten con el derecho de exigir más rutas. Para el 2.011 se quiso corregir esta ineficiencia otorgando un mínimo de dos rutas para cada transportador con el fin de crear un equilibrio y balance equitativo para todos los asociados y así evitar la inconformidad entre los mismos lo que genera conflictos con los encargados de la asignación.

Hay que mencionar que para que un transportador con una única buseta pueda cumplir con cuatro rutas es porque alguna de ellas es de servicio compartido y es precisamente esta modalidad de servicio que quiere la cooperativa eliminar ya que

para la liquidación se genera problemas para determinar cuánto y a quien se le cancela el servicio.

Por lo anterior, se hace necesario el desarrollo de un sistema que permita asignar las rutas con un criterio óptimo con el fin de que todos los asociados estén en las mismas condiciones sin tener en cuenta privilegios de ninguna clase.

**4.3.3.1 Ineficiencias con la Realización de Pre-Ruta:** La empresa no cuenta con la evidencia que el transportador haya hecho la pre-ruta, únicamente se tiene seguridad si ocurre alguna novedad en la que el transportador se vea afectado e informe a la cooperativa de lo que sucede.

La ruta la conoce únicamente el transportador, no hay un documento en el que se exprese el orden de recogida y de entrega de los alumnos, tampoco se conoce la duración de la ruta. Es necesario que la empresa mejore la informalidad del proceso con el fin de exigir al transportador la realización de la pre-ruta y la documentación formal de la misma y así lograr un seguimiento al proceso.

#### **4.3.4 Ineficiencias en la Facturación y Cobro**

A continuación se detallan las dificultades que la Cooperativa tiene respecto al recaudo de la cartera y la facturación del transportador.

**4.3.4.1 Recaudo por los Colegio San Pedro e Instituto Caldas:** La facturación y cobro son el último eslabón del proceso operativo y su éxito es el resultado de la buena gestión de los procesos que lo preceden.

Todos los colegios manejan la información para pagos principalmente por el código del estudiante y como segunda medida por el nombre completo del estudiante. En un colegio tan grande como es el San Pedro es probable que se presente el caso de algún homónimo y es esta la razón por la que la relación del

pago se hace con el código del estudiante. Tanto el Colegio San Pedro como el Instituto Caldas envía el listado de códigos para el momento de facturar la información se cruce y evitar retrasos en el pago.

La factura se envía a los colegios y allí la revisan si coincide con su base de datos. Si la factura está correcta el colegio realiza el pago que en la factura se expide, de lo contrario el colegio hace la relación de los estudiantes que no concuerdan con su base y el servicio de esos estudiantes se pagarán en el siguiente mes. Lo mismo ocurre si el estudiante no requirió del mes completo del servicio.

El mal diligenciamiento de la factura por la falta de precisión en la información, es el motivo más frecuente de la devolución de la factura por parte del colegio. Esto representa para Comulclaver en promedio un aumento mensual en la recuperación de cartera; esto sin contar que en algunas ocasiones no se perciba a tiempo que a algún estudiante no se le esté cobrando el servicio y pueda pasar más de un mes sin descubrir el error.

Lo anterior ha desembocado un grave problema en el recaudo de la cartera y por lo tanto en la liquidez de la empresa.

#### **4.3.4.2 Recaudo por los Colegio Comfenalco, Carl Rogers y San Sebastián:**

Estos tres colegios no se responsabilizan de recaudar el dinero así que el proceso se hace mediante consignación bancaria o pago por ventanilla en la cooperativa. Debido a que hay que esperar el extracto del banco y el ajuste de cartera, la relación de ingresos por estos tres colegios tiende a demorar entre 3 y 4 días. Para el año 2.011 hubo una mejora en este proceso cambiando la modalidad al pago con talonario y así poder hacer el ajuste de cartera el último día del mes.

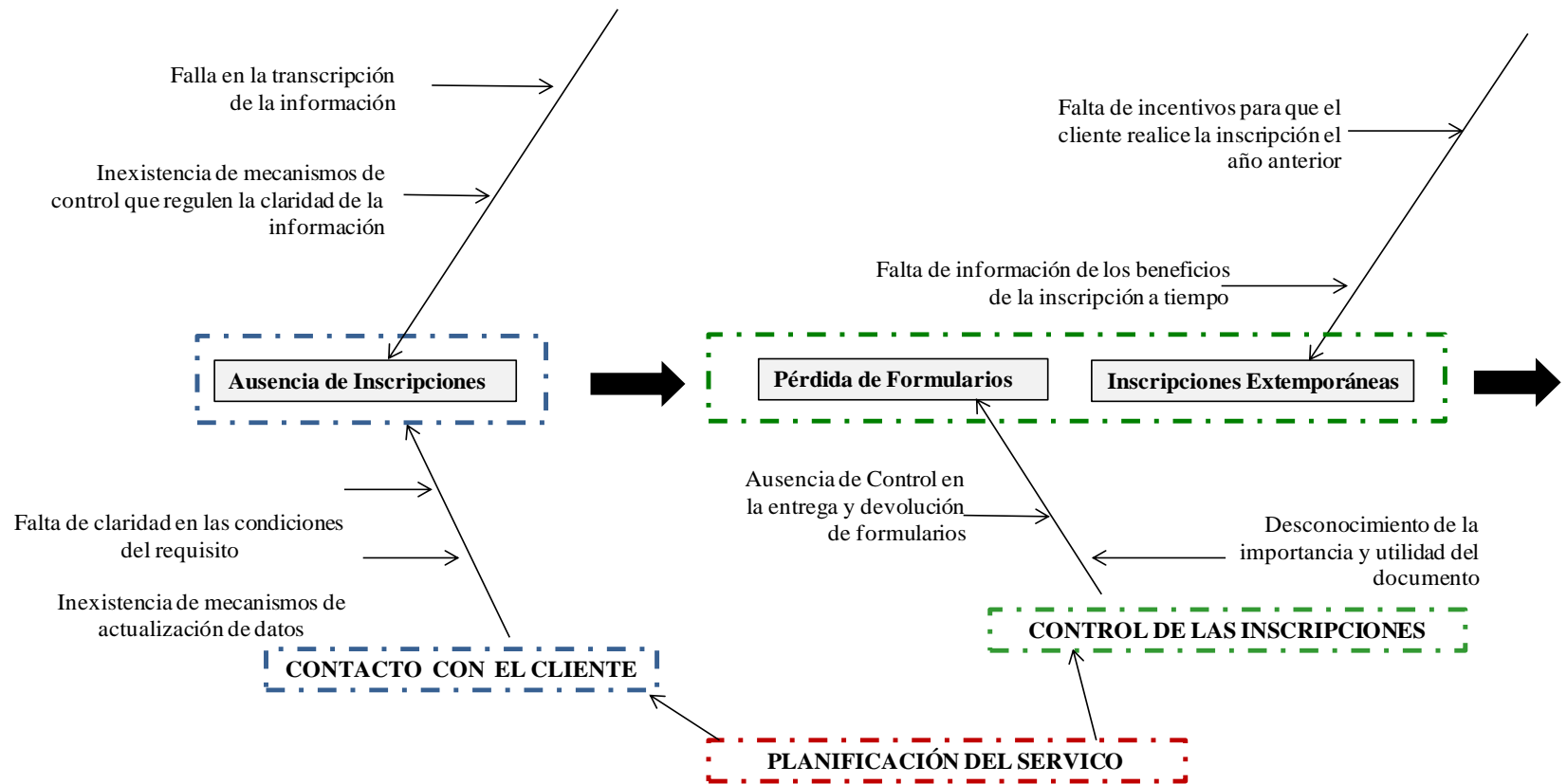
#### **4.3.4.3 Ineficiencias en la Facturación del Transportador:**

El transportador tiene un plazo máximo hasta el 20 de cada mes para entregar la cuenta de cobro. El tiempo que tarde en entregar la cuenta se reduce en los días que tiene el

coordinador de transporte en entregar la factura al colegio (San Pedro e Instituto Caldas).

Otro factor importante en la facturación que realiza el transportador es que ésta es realizada manualmente lo cual dificulta la lectura de la información, además en la mayoría de los casos los nombre de los estudiantes no están completos y algunas veces erróneos.

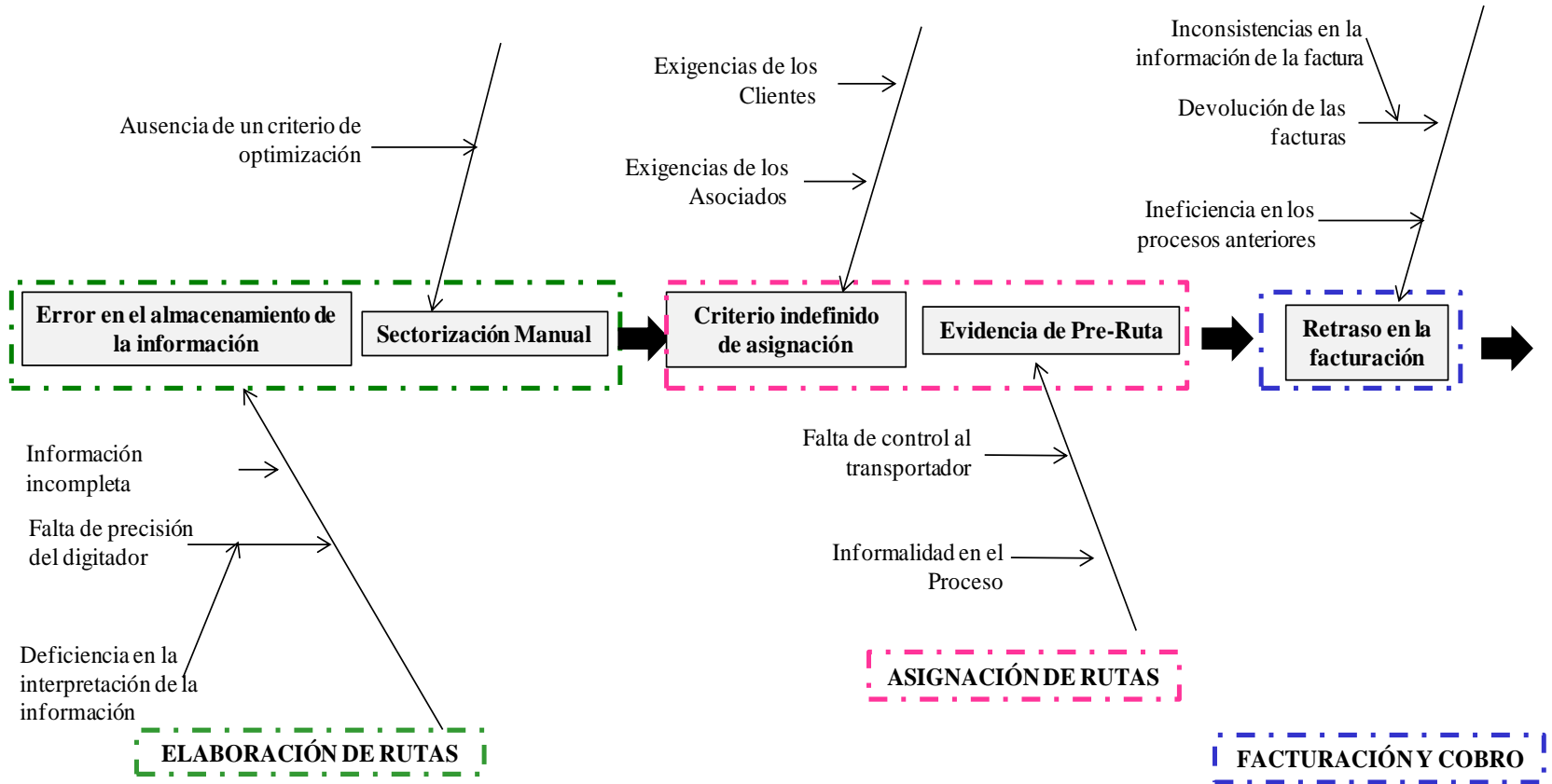
**Diagrama Causa Efecto para los Procesos Operativos de Comulclaver**  
**Figura 10. Diagrama causa-efecto del proceso de Planificación del Servicio**



Fuente: Autor del Proyecto

**Diagrama Causa Efecto para los Procesos Operativos de Comulclaver**

**Figura 11. Diagrama causa-efecto de los procesos de Elaboración de Rutas, Asignación de Rutas y Facturación y Cobro**



Fuente: Autor del Proyecto

## **5. DISEÑO DEL MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE VEHÍCULOS EN COMULCLAVER LTDA**

Como se mencionó en el capítulo anterior existen deficiencias en la elaboración de rutas y asignación de vehículos, por lo cual se requiere dar soluciones que permitan a la Cooperativa agilizar el proceso de ruteo y manejar la asignación con transparencia y estandarización. En este capítulo se planteará un modelo para la asignación y de esta manera mejorar de forma eficaz las ineficiencias detectadas. El propósito del capítulo es desarrollar un modelo de asignación de rutas que permita mejorar el proceso actual de la empresa.

### **5.1. JUSTIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE UN MODELO PARA LA ASIGNACIÓN DE RUTAS ESCOLARES**

Comulclaver Ltda dentro de su planeación estratégica contempla consolidarse como una cooperativa competitiva e innovadora en la prestación de servicios y para lograrlo requiere de la implementación de estrategias efectivas y automatización de sus procesos de ruteo, esto con el fin de que se vean plasmados en el proceso de toma de decisiones.

El proceso de transporte en Comulclaver comprende la planificación del servicio, elaboración de rutas, asignación de vehículos y facturación. Teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico realizado; este proceso presenta bajo nivel de eficacia, manifestando retardos en la facturación e inconformidades con los clientes. Es de recalcar que según el análisis causa-efecto (Figura 10 y 11) la principal fuente de los problemas es la falta de precisión y agilidad en el procedimiento de recolección de la información, elaboración de rutas y asignación de vehículos a las solicitudes de servicio.

## **5.2. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PARA EL MODELO DE ASIGNACIÓN DE RUTAS**

A partir del diagnóstico realizado al proceso de transporte en Comulclaver, se determinaron los factores más relevantes para la elaboración y asignación de rutas escolares con el fin de mejorar el proceso existente.

Hay que tener en cuenta que el modelo de asignación de rutas es una corrida preliminar al inicio del proceso con el fin de agilizar la re-sectorización manual que se está llevando a cabo manualmente. Todos los eventos o novedades que surjan como retiro de niños o inscripciones posteriores a la pre-ruta, se deben ajustar manualmente, ya que si se realiza por la herramienta cada vez que ingresa un estudiante o se retira, cabe la posibilidad de una reorganización total o parcial de las rutas que por cuestiones de seguridad y relación directa tanto con el padre de familia como con el estudiante no es prudente.

Los factores que se tuvieron en cuenta para el modelo fueron: clasificación de niños por jornada en cada colegio, la ubicación georeferenciada de cada niño y del colegio y la capacidad del parque automotor. (Ver Figura 12)

### **5.2.1. Clasificación de Niños por Jornada**

El factor hace referencia a la jornada escolar la cual se clasifica en tres: preescolar, primaria y bachillerato. Cada colegio tiene un horario diferente para cada una de ellas.

En la tabla 7 se mostrará la clasificación de jornadas para cada colegio y su respectivo horario para el año 2011.

**Figura 12. Representación de los factores para el modelo de asignación de rutas**



**Fuente: Autor del Proyecto**

**Tabla 7. Clasificación y Horario de cada Jornada**

COLEGIO	JORNADA	ENTRADA	SALIDA
SAN PEDRO	PREESCOLAR	7:40 a.m	3:15 p.m
	PRIMARIA	6:55 a.m	4:15 p.m
	BACHILLERATO	6:55 a.m	4:30 p.m

<b>COLEGIO</b>	<b>JORNADA</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>
INSTITUTO CALDAS	PREESCOLAR	6:55 a.m	12:10 p.m
	PRIMARIA	6:55 a.m	3:30 p.m
	BACHILLERATO	6:25 a.m	3:30 p.m
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO <b>SEDE UNO</b>	COMPLETA	7:30 a.m	5:30 p.m
	MAÑANA	7:30 a.m	11:30 a.m
	TARDE	1:30 p.m	5:30 p.m
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO <b>SEDE DOS</b>	MAÑANA	6:20 a.m	11:30 a.m
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO <b>SEDE TRES</b>	MAÑANA	6:20 a.m	11:30 a.m
GIMNASIO CAMPESTRE SAN SEBASTIAN	PREESCOLAR	7:15	12:30 p.m
	PRIMARIA	7:15	1:30 p.m
	BACHILLERATO	6:30	3:30 p.m
ACADEMIA MILITAR	PREESCOLAR	7:30 a.m	12:30 p.m
	PRIMARIA	6:15 a.m	12:30 p.m
	BACHILLERATO	12:15 p.m	6:30 p.m

**Fuente: Autor del Proyecto**

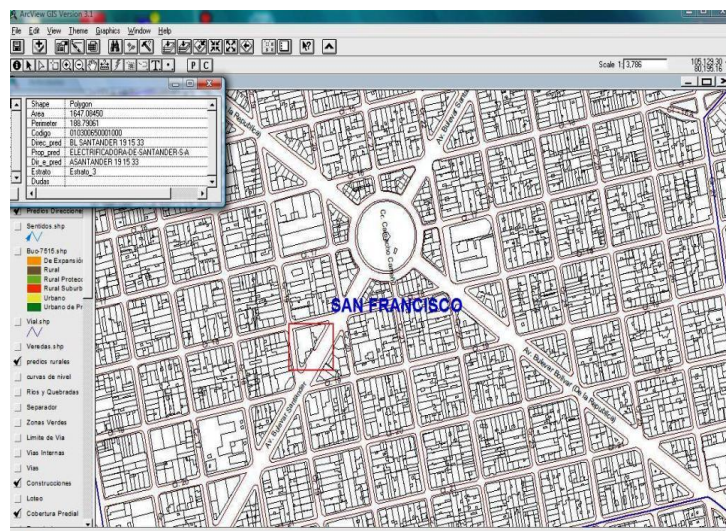
## 5.2.2. Ubicación de Cada Niño

Debido a que el servicio que presta la Cooperativa es puerta a puerta la ubicación de los niños que utilizan el servicio debía ubicarse lo más precisa posible en un mapa digital para que posteriormente se puedan determinar las distancias entre cada uno de ellos ya que el algoritmo parte de la matriz de distancias.

Para realizar este proceso se requirió de mucho tiempo ya que la adquisición de los mapas y de ellos las distancias entre las ubicaciones de los niños y del colegio fue bastante complejo. A continuación se tratan de explicar las dificultades encontradas:

**5.2.2.1 Obtención de Mapas:** La Alcaldía de Bucaramanga cuenta con la información básica de Bucaramanga y Floridablanca, en ella se encuentra los predios, direcciones y nomenclatura de la ciudad, incluida la información de sus habitantes, información importante para ubicar los clientes de Comulclaver (Figura 13.)

**Figura 13. Barrio San Francisco Bucaramanga**



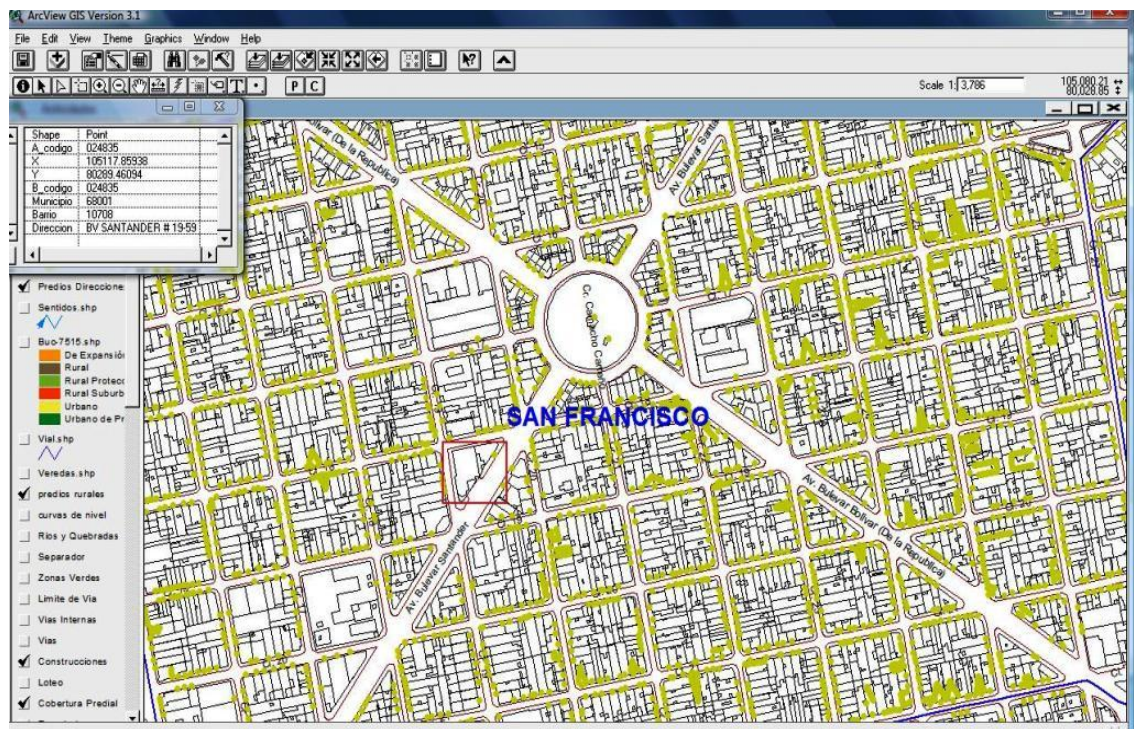
**Fuente: Autor del Proyecto**

Al manipular el mapa y ubicar las direcciones de los clientes de Comulclaver se encontró que la dirección en el mapa no coincidía exactamente con la búsqueda, aunque la diferencia en metros era poca se quiso encontrar una información más precisa así que se hizo la gestión para adquirirla y se obtuvo la información del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga AMB quienes manejan en el mismo sistema ArcView y registran en este mapa a sus clientes. (Figura 14.)

La notable diferencia entre los dos mapas radica en la dirección. La información que arroja la base de datos de cada mapa se puede observar en la tabla 8.

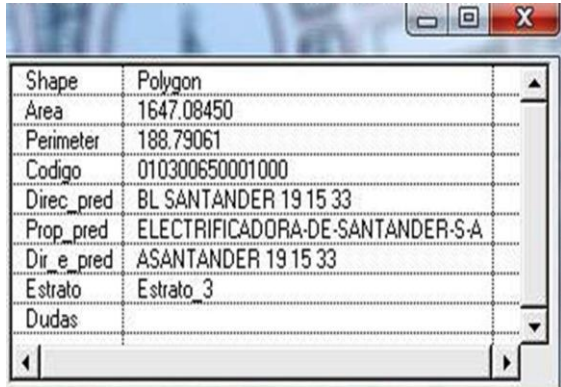

Teniendo esta información se procedió a ubicar los clientes de Comulclaver y en esta ocasión con más precisión.

**Figura 14. Barrio San Francisco Bucaramanga con clientes AMB**



**Fuente: Autor del Proyecto**

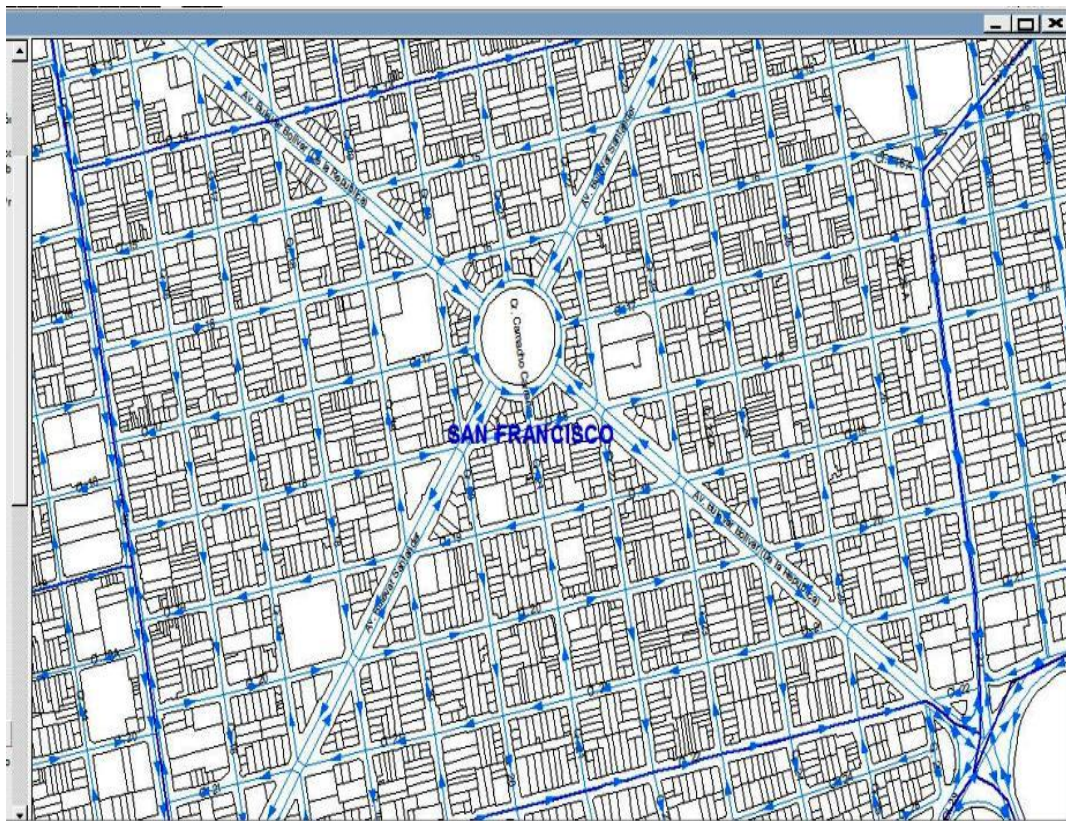
**Tabla 8. Comparación entre la información de las Figuras 13 y 14**

INFORMACIÓN FIGURA 13		INFORMACIÓN FIGURA 14																																			
 <table border="1"> <tr><td>Shape</td><td>Polygon</td></tr> <tr><td>Area</td><td>1647.08450</td></tr> <tr><td>Perimeter</td><td>188.79061</td></tr> <tr><td>Codigo</td><td>010300650001000</td></tr> <tr><td>Direc_pred</td><td>BL SANTANDER 19 15 33</td></tr> <tr><td>Prop_pred</td><td>ELECTRIFICADORA-DE-SANTANDER-S-A</td></tr> <tr><td>Dir_e_pred</td><td>ASANTANDER 19 15 33</td></tr> <tr><td>Estrato</td><td>Estrato_3</td></tr> <tr><td>Dudas</td><td></td></tr> </table>		Shape	Polygon	Area	1647.08450	Perimeter	188.79061	Codigo	010300650001000	Direc_pred	BL SANTANDER 19 15 33	Prop_pred	ELECTRIFICADORA-DE-SANTANDER-S-A	Dir_e_pred	ASANTANDER 19 15 33	Estrato	Estrato_3	Dudas		 <table border="1"> <tr><td>Shape</td><td>Point</td></tr> <tr><td>A_codigo</td><td>024835</td></tr> <tr><td>X</td><td>105117.85938</td></tr> <tr><td>Y</td><td>80289.46094</td></tr> <tr><td>B_codigo</td><td>024835</td></tr> <tr><td>Municipio</td><td>68001</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>10708</td></tr> <tr><td>Direccion</td><td>BV SANTANDER # 19-59</td></tr> </table>		Shape	Point	A_codigo	024835	X	105117.85938	Y	80289.46094	B_codigo	024835	Municipio	68001	Barrio	10708	Direccion	BV SANTANDER # 19-59
Shape	Polygon																																				
Area	1647.08450																																				
Perimeter	188.79061																																				
Codigo	010300650001000																																				
Direc_pred	BL SANTANDER 19 15 33																																				
Prop_pred	ELECTRIFICADORA-DE-SANTANDER-S-A																																				
Dir_e_pred	ASANTANDER 19 15 33																																				
Estrato	Estrato_3																																				
Dudas																																					
Shape	Point																																				
A_codigo	024835																																				
X	105117.85938																																				
Y	80289.46094																																				
B_codigo	024835																																				
Municipio	68001																																				
Barrio	10708																																				
Direccion	BV SANTANDER # 19-59																																				

**Fuente: Autor del Proyecto**

**5.2.2.2 Sentido de las Vías:** Se invirtió gran parte de tiempo del cronograma del proyecto en la consecución del sentido de las vías tanto de la ciudad de Bucaramanga como de Floridablanca ya que se considera parte vital para establecer los parámetros para hallar la ruta más corta. Inicialmente se obtuvo los sentidos que se pueden observar en la figura 15, pero en el proceso de elaboración de los script se observó que no eran útiles por error en su configuración. Investigando con diferentes Ingenieros e incluso con la dirección de tránsito de Bucaramanga se encontró que compartíamos la misma información y que su actualización tardaría hasta finales del año 2.011. La búsqueda de los sentidos de la ciudad de Floridablanca fue incluso más difícil, sin embargo se logró adquirir esta información aunque no son propiedad del autor del proyecto sino del experto que ha colaborado para el desarrollo del mismo. En conclusión, se optó por el supuesto de doble sentido de las vías y es por esto que las matrices obtenidos muestran un comportamiento simétrico.

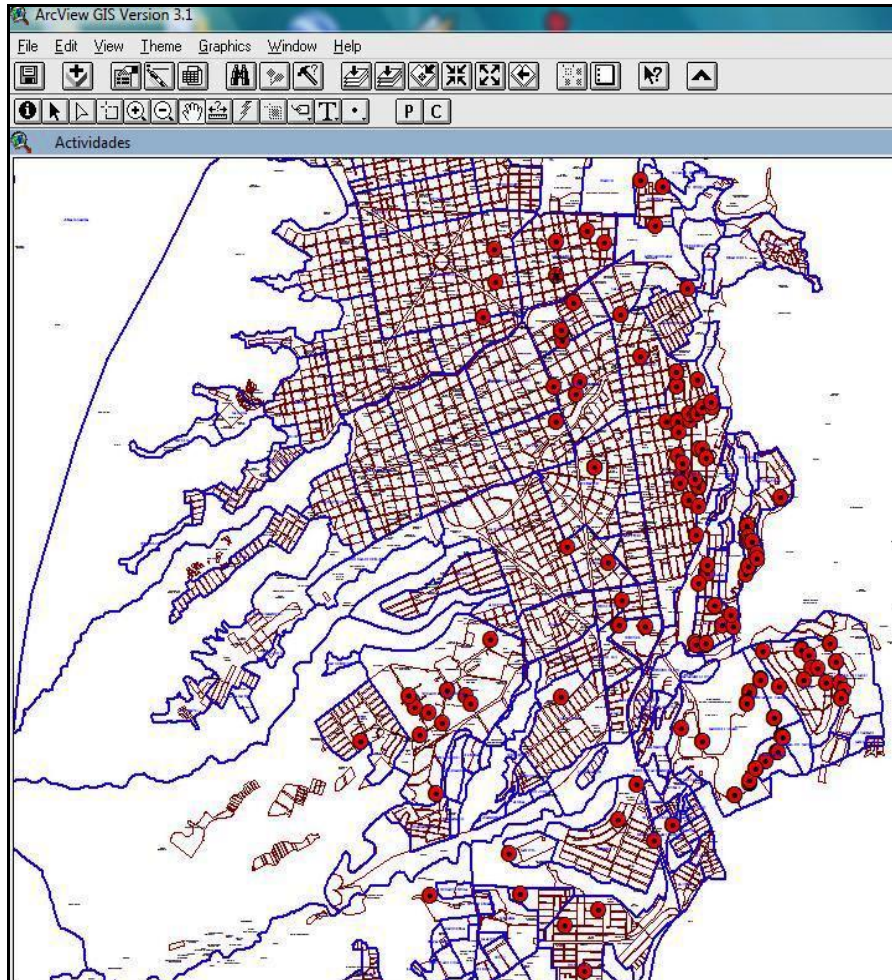
**Figura 15. Bucaramanga con sentido de vías**



**Fuente: Autor del Proyecto**

**5.2.2.3 Ubicación de los estudiantes en los mapas:** La ubicación debe realizarse uno a uno manualmente en el área de Bucaramanga y Floridablanca sobre la vía y en frente de la dirección correspondiente. En la figura 16 se puede observar la ubicación de los niños del Colegio San Pedro Bachillerato en el área de Bucaramanga. Para el año 2.010 el prototipo se realizó con este colegio y se incluyó un total de 156 estudiantes. Para el año 2.011 como parte de la implementación, se ubicaron 1194 estudiantes entre los cinco colegios, distribuidos así: 898 en Bucaramanga y 296 en Floridablanca.

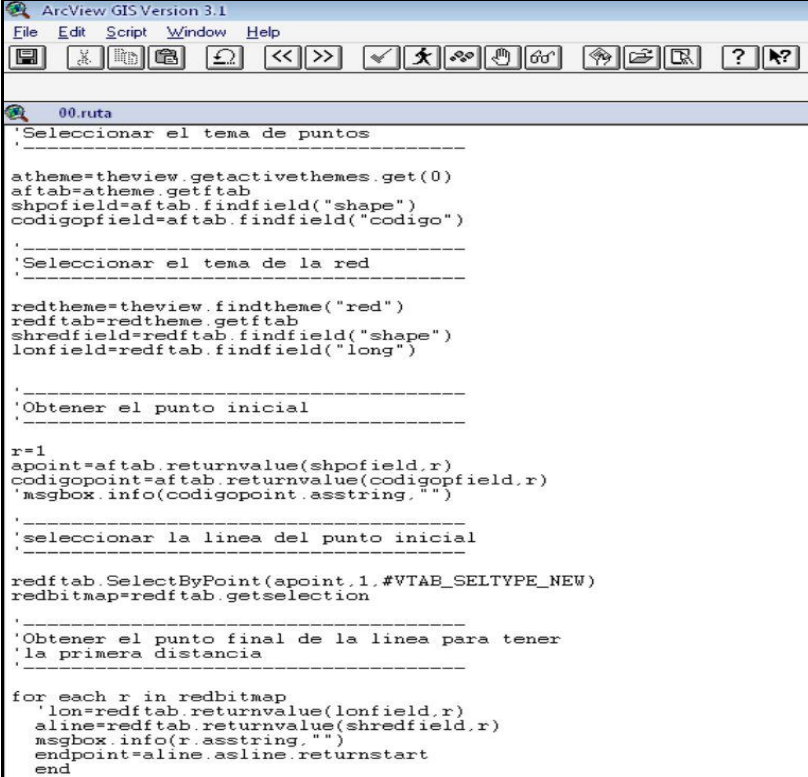
**Figura 16. Estudiantes del Colegio San Pedro Bachillerato ubicados en Bucaramanga**



**Fuente: Autor del Proyecto**

**5.2.2.4 Elaboración de Script:** El script es un editor de texto que se utiliza para escribir código Avenue. Los scripts Avenue son programas que permiten automatizar tareas, añadir nuevas capacidades a ArcView y construir aplicaciones. En ese orden de ideas se programan las tareas necesarias para determinar la distancia de estudiante a estudiante y así generar la matriz que será utilizada en el modelamiento a realizar (figura 17).

**Figura 17. Script para elaboración de ruta**



```
ArcView GIS Version 3.1
File Edit Script Window Help
[Icons]

00.ruta
-----
'Seleccionar el tema de puntos
-----
atheme=theview.getactivethemes.get(0)
aftab=atheme.getftab
shpofield=aftab.findfield("shape")
codigopfield=aftab.findfield("codigo")
-----
'Seleccionar el tema de la red
-----
redtheme=theview.findtheme("red")
redftab=redtheme.getftab
shredfield=redftab.findfield("shape")
lonfield=redftab.findfield("long")
-----
'Obtener el punto inicial
-----
r=1
apoint=aftab.returnvalue(shpofield,r)
codigopoint=aftab.returnvalue(codigopfield,r)
"msgbox.info(codigopoint.asstring,"")
-----
'seleccionar la linea del punto inicial
-----
redftab.SelectByPoint(apoint,1,#VTAB_SELTYPE_NEW)
redbitmap=redftab.getselection
-----
'Obtener el punto final de la linea para tener
la primera distancia
-----
for each r in redbitmap
'lon=redftab.returnvalue(lonfield,r)
'aline=redftab.returnvalue(shredfield,r)
msgbox.info(r.asstring,"")
endpoint=aline.asline.returnstart
end
```

**Fuente: Edgar Jesús Rojas. Especialista en SIG**

El proceso se inicia georeferenciando de forma manual ubicando el punto en la cartografía para después cruzar la información con la malla vial. Después de esto hay que desarrollar los script. El primer script genera tantos campos en los atributos del mapa como estudiantes hubiesen en el mismo; el segundo script evalúa todos los estudiantes que se encuentran dentro de una misma línea y les asignaba una distancia basada en información lineal sin tener en cuenta la malla vial; la tercera parte del proceso son los puntos que se encuentran en el siguiente tramo de la vía y la ultima parte corresponde a los estudiantes que se encuentra a más de una cuadra de distancia, proceso más demorado ya que el sistema debe realizar un análisis de alternativas. Después de correr los script ArcView refleja en una matriz estas distancias en metros (figura 18).

**Figura 18. Matriz de Distancias Bucaramanga**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	CODESTUD	Z032100106	Z030002441	Z030002624	Z030401032	Z030701134	Z030400249	Z030902367	Z030500581	Z030900686	Z032100066	Z030902421	Z032100034	Z030301964	Z030100527	Z03990
2	0032100106	0,00	71,35	71,73	526,58	72,02	628,14	1210,70	500,13	73,48	436,70	1262,40	1295,00	746,43	1685,00	13
3	0030002441	71,35	0,00	1,00	627,88	1,93	734,70	1349,80	604,19	6,15	344,30	1320,20	1241,60	728,46	1554,50	12
4	0030002624	71,73	1,00	0,00	628,82	0,92	735,13	1351,00	604,44	5,15	343,06	1318,80	1243,10	727,02	1553,10	12
5	0030401032	526,58	627,88	628,82	0,00	629,61	281,68	390,69	314,11	633,23	1282,60	1441,30	1518,80	1507,50	2386,70	18
6	0030701134	72,02	1,93	0,92	629,61	0,00	735,44	1351,90	604,57	4,23	341,96	1317,50	1244,60	725,66	1551,80	12
7	0030400249	628,14	734,70	735,13	281,68	735,44	0,00	378,58	155,88	736,83	1365,50	1159,60	1867,20	1386,70	2453,10	21
8	0030902367	1210,70	1349,80	1351,00	390,69	1351,90	378,58	0,00	526,05	1356,00	1783,10	1634,70	1938,30	1888,20	2886,70	22
9	0030500581	500,13	604,19	604,44	314,11	604,57	155,88	526,05	0,00	605,17	1168,70	1026,30	1796,60	1187,00	2249,60	19
10	0030900686	73,48	6,15	5,15	633,23	4,23	736,83	1356,00	605,17	0,00	337,04	1311,40	1251,40	719,45	1546,20	12
11	0032100066	436,70	344,30	343,06	1282,60	341,96	1365,50	1783,10	1168,70	337,04	0,00	1337,50	1434,70	571,14	1104,60	12
12	0030902421	1262,40	1320,20	1318,80	1441,30	1317,50	1159,60	1634,70	1026,30	1311,40	1337,50	0,00	2555,90	539,72	2071,00	25
13	0032100034	1295,00	1241,60	1243,10	1518,80	1244,60	1867,20	1938,30	1796,60	1251,40	1434,70	2555,90	0,00	2163,20	2087,70	4
14	0030301964	746,43	728,46	727,02	1507,50	725,66	1386,70	1888,20	1187,00	719,45	571,14	539,72	2163,20	0,00	1352,50	20
15	0030100527	1685,00	1554,50	1553,10	2386,70	1551,80	2453,10	2886,70	2249,60	1546,20	1104,60	2071,00	2087,70	1352,50	0,00	16
16	0039900631	1365,30	1260,90	1261,70	1808,60	1262,50	2106,20	2290,90	1986,20	1266,50	1262,20	2548,80	420,87	2023,40	1633,70	
17	0030900821	2781,40	2680,80	2679,00	3436,80	2677,30	3382,20	3874,00	3176,80	2669,80	2233,20	2562,40	3432,10	2009,70	1356,10	29
18	0030802095	1597,10	1481,00	1479,30	2285,90	1477,80	2303,70	2764,40	2096,50	1471,00	1022,60	1797,20	2209,50	1089,30	248,39	18
19	0030801943	2256,40	2167,40	2165,40	2889,10	2163,70	2814,50	3310,80	2610,80	2155,80	1737,50	1980,30	3039,60	1433,70	1077,10	26
20	0030700981	2121,10	2095,90	2094,00	2569,20	2092,10	2364,20	2862,40	2192,00	2083,80	1815,60	1265,30	3250,10	1126,60	1801,40	30
21	0030502327	728,42	621,65	621,00	1655,40	620,48	1802,60	2173,80	1617,40	618,22	367,72	1807,00	1306,50	1164,20	623,82	7
22	0030400596	747,33	729,35	727,91	1508,60	726,55	1387,70	1889,20	1187,90	720,34	571,89	539,63	2164,30	0,60	1352,50	20
23	0030700888	1721,70	1597,70	1598,10	2244,70	1598,50	2515,10	2742,40	2375,00	1600,60	1468,00	2803,70	1029,00	2197,30	1477,20	3
24	0030300980	2679,60	2566,60	2564,90	3359,90	2563,40	3345,50	3823,30	3137,90	2556,40	2109,00	2633,70	3204,80	2014,60	1118,40	27
25	0030401634	1468,80	1327,00	1326,00	2155,90	1325,30	2294,60	2674,00	2104,60	1321,90	708,49	2166,10	1616,80	1465,80	377,93	11
26	0032100295	3061,00	3178,90	3178,50	2726,90	3178,00	2365,70	2436,90	2445,60	3175,60	3377,40	2135,70	4231,90	2855,10	4206,60	44
27	0030102910	2681,40	2786,80	2786,10	2456,70	2785,40	2082,10	2264,10	2119,70	2781,90	2932,30	1637,30	3914,40	2353,40	3696,40	40

**Fuente: Edgar Jesús Rojas. Especialista en SIG**

Cabe mencionar que el script para Bucaramanga y Floridablanca son diferentes pero aplicables a los demás colegios.

Para los script de Floridablanca se realizaron algunas variaciones ya que existe una mayor proporción de estudiantes que están ubicados por fuera de la malla vial existente.

Este trabajo de SIG se está realizando en conjunto con el Ingeniero Edgar Jesús Rojas, Ingeniero Civil de la Universidad Industrial de Santander y Especialista en Sistemas de Información Geográfico de las Unidades Tecnológicas, Gerente de Ingormap Ltda. Estos script sirven para los parámetros del proyecto, no son propiedad del autor del proyecto, hacen parte de la propiedad intelectual del Ingeniero.

### **5.2.3 Ubicación del Colegio**

Este factor hace alusión al origen y destino de la ruta ya que se parte del principio de que el vehículo sale del colegio, recoge a los estudiantes y regresa al colegio nuevamente donde finaliza la ruta. Hay que tener en cuenta que el Colegio San Pedro tiene dos sedes, una para bachillerato y otra para primaria y que el Colegio Pedagógico COMFENALCO tiene tres sedes diferentes pero es el mismo colegio. Hay que mencionar que para las rutas que corresponden a cada colegio, el modelo considera la partida y llegada de los vehículos cada colegio. En la tabla 9 se especifica la ubicación de los cinco clientes que corresponden al año 2.011.

### **5.2.4. Capacidad del Parque Automotor**

Este factor hace referencia a la capacidad del vehículo en cuanto al número de pasajeros, así mismo se relaciona con el tipo de vehículo.

En la tabla 10 se resume la capacidad vehicular por tipo de vehículo y la capacidad estándar. La descripción detallada de la flota vehicular se encuentra en la tabla 2.

**Tabla 9. Ubicación de Colegios**

<b>COLEGIO</b>	<b>UBICACIÓN</b>
Colegio San Pedro Bachillerato	CRA 27A # 45 PARQUEADERO
Colegio San Pedro Primaria	CRA 33 # 63 PARQUEADERO
Gimnasio Campestre San Sebastián	CRA 53 # 73-83
Instituto Caldas	CIRCUNVALAR 35 # 92-135
Colegio Academia Militar	VIA PAMPLONA # 30A-05
Colegio Pedagógico Comfenalco <b>SEDE UNO</b>	CRA 30 # 51-69
Colegio Pedagógico Comfenalco <b>SEDE DOS</b>	CRA 28 # 42-66
Colegio Pedagógico Comfenalco <b>SEDE TRES</b>	CL 48 # 27-61

**Fuente: Autor del Proyecto**

**Tabla 10. Capacidad Vehicular**

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Capacidad estándar en pasajeros</b>
Microbús	12-19 Pasajeros
Buseta	24-30 Pasajeros
Bus	40 Pasajeros

**Fuente: Autor del Proyecto**

### **5.3 MODELO ALGORÍTMICO DE ASIGNACIÓN DE RUTAS**

El modelo a implementar, conceptualmente se puede concebir como un modelo ajustado a un problema de ruteo de vehículos con capacidad que se representa como un grafo dirigido, complejo y simétrico, lo que significa que la matriz asociada a las distancias entre los puntos de ubicación tanto de niños como del colegio presenta valores similares en posiciones simétricas y correspondientes en ella.

Este modelo de asignación es un modelo estructurado en dos fases, el cual utiliza como parámetros de entrada:

- a) La demanda de clientes o niños a recoger (el cual asume que cada niño corresponde a una ubicación en el mapa y a su vez un nodo en el grafo que se puede conectar con todos y cada uno de los nodos restantes).

- b) La matriz de distancias entre las ubicaciones de los nodos en la red. Obtenida a partir de la ubicación de los clientes en el mapa georeferenciado y del código generado en ArcGis.
- c) La capacidad de los vehículos, que de acuerdo a lo mencionado anteriormente es una flota heterogénea en tipo y capacidad individual.
- d) Velocidad de los vehículos en la ruta, que se considera constante y que se obtiene de la normatividad vigente.

El modelo de dos fases se estructura de la siguiente manera:

- 1) La primera fase consiste en la aplicación de la heurística constructiva aplicable al problema del VRP, del vecino más cercano, acogida por su facilidad de comprender y de implementar en un lenguaje cualquiera.

Para abordar esta fase se considera un valor para la capacidad del vehículo que corresponde a la capacidad máxima del vehículo más pequeño de la cooperativa, en el sentido de tratar de optimizar al máximo la utilización de la flota.

Una vez abarcada esta fase, y como es sabido que el algoritmo del vecino más cercano presenta sus inconvenientes a medida que el problema se hace más grande, debido en primera instancia a que las últimas rutas son las más distantes (elemento que comparativamente con la sectorización usada anteriormente en la empresa, no representa detrimento alguno), pero así mismo permite el dejar de lado algunos nodos de la red aislados al contemplar todas las condiciones de capacidad y tiempo a la vez.

Para enmendar estos elementos que van en sentido contrario de lo que podría pensarse de una buena solución, es que se implementa una segunda fase.

2) Esta segunda fase consiste en la utilización de una modificación de la heurística de inserción de k-opt, pues en si el modelo contempla que a partir de la solución de la primera fase, se considera la inserción en alguna de las rutas generadas de los clientes no considerados, teniendo como objetivo y priorizándolos de acuerdo a las menores distancias que presentaba cada uno de ellos con respecto a alguno de los nodos ya incluidos en la solución inicial.

El proceso de inserción es además iterativo, pues a medida que se inserta un nodo o cliente se recalculan valores de distancias y valores para determinar si el nodo se inserta antes o después de otro en la ruta seleccionada.

Cabe mencionar que en esta segunda fase, al ser el objetivo asignar a todos los nodos a una ruta específica, las condiciones de tiempo y capacidad se flexibilizan o, como se denomina en el argot de la optimización, se vuelven débiles. Sin embargo en las instancias probadas para el problema en particular, ninguna de las dos en realidad fueron violadas.

#### **5.4 PROCEDIMIENTO CONTIGUO Y COMPLEMENTARIO AL MODELO**

Adicionalmente al resultado que arroja el modelo, debe hacerse un proceso manual con el fin de visualizar el resultado ya sea en una tabla de Excel y/o en los mapas digitales y así agilizar la toma de decisiones para los diferentes escenarios. El proceso tiene las siguientes etapas:

**1) Resultado del Algoritmo:** El algoritmo está predeterminado para mostrar cada ruta por columnas. En cada columna se encuentra en orden de recogida el código de los estudiantes que conforman cada una de las rutas (Ver Figura 19).

**Figura 19. Resultado del Algoritmo para el Colegio San Pedro Bachillerato. Área Bucaramanga**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
162																
163	Parámetros del Software															
164	Velocidad promedio	40	Km/h													
165	Tiempo máximo	30	minutos													
166	Capacidad mínima	12	niños													
167	Numero de niños	114	niños													
168	Nodo Origen	115														
169	Nodo Destino	116														
170																
171	Solución															
172	Máximo tiempo en ruta	27	minutos	0.44487075												
173	1	5261	11													
174	2	4574	11													
175	3	2344	11													
176	4	11523	11													
177	5	3935	11													
178	6	6248	11													
179	7	17795	14													
180	8	5567	11													
181	9	5565	11													
182	10	8905	12													
183																
184																
185																
186																
187																
188																
189																
190																
191																
192																
193																
194	10		114													

**Fuente: Autor del Proyecto**

- 2) **Convertir a una columna:** Consiste en convertir el resultado en dos columnas, una columna con el código y otra columna con el número de ruta que le corresponde.
- 3) **Buscar información en otra tabla:** En la tabla donde se encuentra toda la información de cada cliente (código, nombres, apellidos, dirección, tipo de servicio y teléfonos), agregar un campo con el nombre “RUTA” y por medio de la función “BUSCARV” se logra cruzar la información de los códigos y generar en Excel una tabla con la información del cliente y la ruta a la que pertenece. (Ver Figura 20)

Por medio de filtros se pueden observar los clientes que conforman cada ruta y verificar la consistencia de cada una de ellas y así tomar la decisión más acertada para la asignación de la misma.

**Figura 20: Tabla en Excel con información completa de cada cliente**

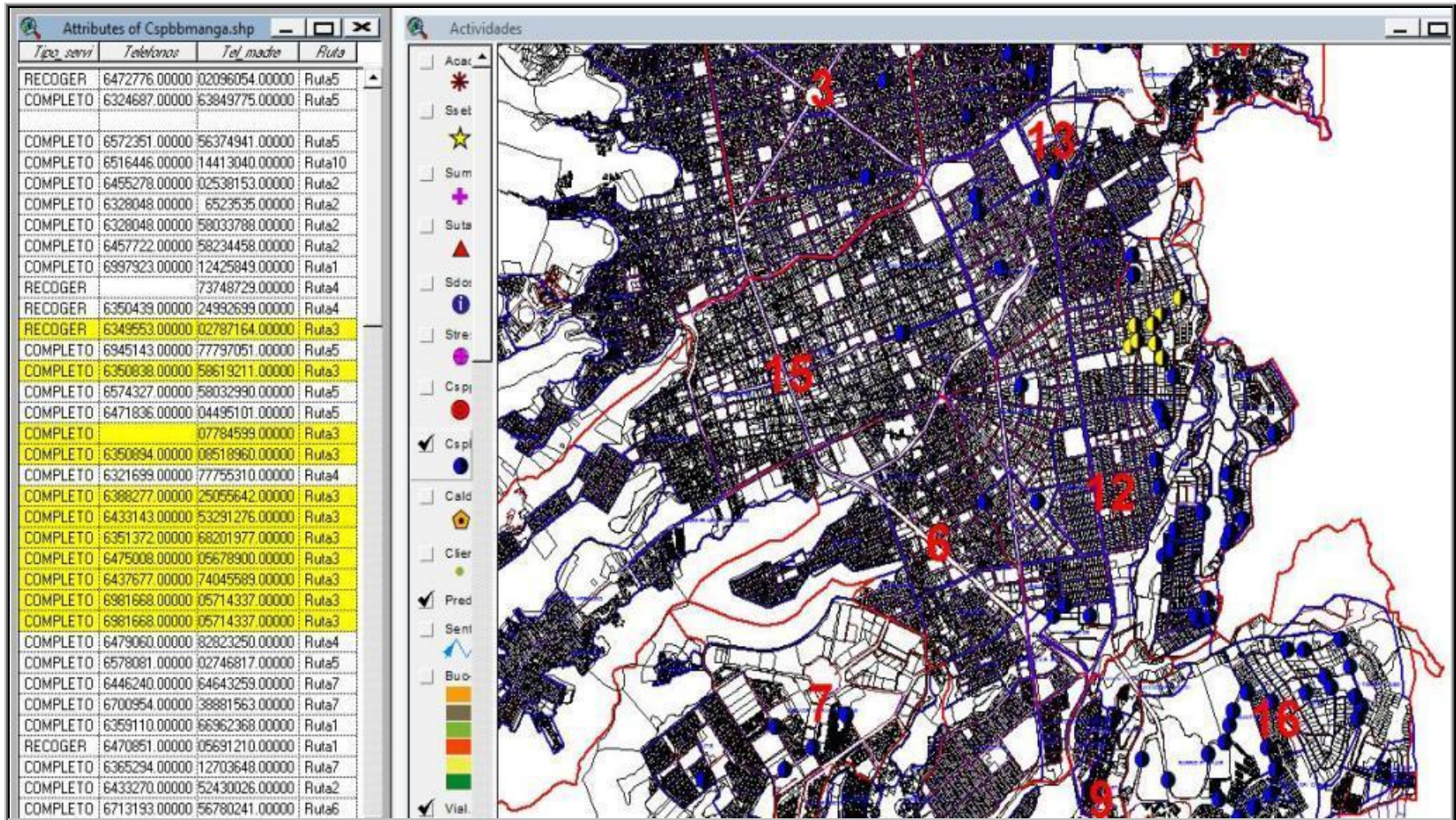
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
CÓDIGO	CURSO	NOMBRE1	NOMBRE2	APELLIDO1	APELLIDO2	DIRECCIÓN	BARRIO	SERVICIO	TELEFONOS	TEL. MADRE	RUTA
20000000	6	TOMAS		SERRANO	VELASCO	CL 54 # 49-14	ALTOS DE PAN DE AZÚCAR	RECOGER	6472776	3002096054	Ruta5
20001016	10	ALEJANDRO	HERNANDO	GOMEZ	JIMENEZ	CRA 49 # 53-78 APTO. 101	ALTOS DE PAN DE AZÚCAR	COMPLETO	6324687	3163849775	Ruta5
20560042	7	NICOLAS		GUERRERO	RUIZ	CL 54 # 49-14 APTO 502	ALTOS DE PAN DE AZÚCAR	COMPLETO	6572351	3156374941	Ruta5
20861366	7	CAMILA	ANDREA	PEÑA	ARDILA	CRA 37 # 100-23 P2 APTO 102 T4	ALTOS DE TAJAMAR	COMPLETO	6516446	3014413040	Ruta10
22100106	7	JORGE	ARMANDO	SILVA	AMAYA	CL 32 # 29-03 APTO 302 ED. ARANJUEZ	LA AURORA	COMPLETO	6455278	3102538153	Ruta2
20002441	9	CLAUDIO	ALEXIS	GARCIA	ROJAS	CL 31 # 29-38	LA AURORA	COMPLETO	6328048	6523535	Ruta2
20002624	11	CLAUDIO	FERNANDO	GARCIA	ROJAS	CL 31 # 29-18 APTO 11 02	LA AURORA	COMPLETO	6328048	3158033788	Ruta2
20900686	7	JORGE	IVAN	AGUILAR	CONTRERAS	CL 31 # 29-25 APTO 103	LA AURORA	COMPLETO	6457722	3158234458	Ruta2
20962960	6	JUAN	SEBASTIAN	CORDON	CALDERON	AV. GONZ VECIA # 54-25 APTO 10 03	BOLARQUI	COMPLETO	6997923	3212425849	Ruta1
20000002	8	LUIS	ENRIQUE	PAEZ	BELTRAN	CRA 39A # 44-209 APTO 1801	CABECERA DEL LLANO	RECOGER		3173748729	Ruta4
20600466	10	GUSTAVO	ADOLFO	BELTRAN	FERREIRA	CL 41 # 38-65	CABECERA DEL LLANO	RECOGER	6350439	3124992699	Ruta4
23900205	10	MARIA	CAMILA	LONDOÑO	AVELLANEDA	CRA 41 # 42-65 APTO 302	CABECERA DEL LLANO	RECOGER	6349553	3102787164	Ruta3
20010049	9	JULIAN	EDUARDO	LANDINEZ	RODRIGUEZ	CRA 38 # 52-125 APTO 504	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6945143	3177797051	Ruta5
20500252	6	MIGUEL	ANGEL	ARIZA	QUINTERO	CRA 39 # 44-125 APTO 15 01 T 2	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6950838	3158619211	Ruta3
20100369	9	ISABEL	FERNANDA	VEGA	GARCIA	CRA 39 # 48-135	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6574327	3158032990	Ruta5
20602635	6	DIEGO	FELIPE	SERRANO	MUSTAFA	CRA 38 # 51-59	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6471836	3204495101	Ruta5
22113432	6	VANESSA		SERRANO	GARCIA	CRA 39A # 44-60 APTO 704	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO		3107784599	Ruta3
20600453	8	JOSE	DANIEL	QUINTERO	SARMIENTO	CL 44 # 39A-23 APTO 503	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6350894	3108518960	Ruta3
20601719	8	MARIA	CAMILA	RODRIGUEZ	ATUESTA	CRA 38 # 41-14	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6321699	3177755310	Ruta4
20600532	8	CESAR	AUGUSTO	URIBE	BOTERO	CRA 39 # 44-30 APTO 602	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6388277	3125055642	Ruta3
20802579	8	JAIME	LUIS	GUTIERREZ	GOMEZ	CRA 38 # 44-08 APTO 1002	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6433143	3153291276	Ruta3
20900508	6	JAIRO	ANDRES	CRISTANCHO	QUEVEDO	CRA 39 # 44-125 APTO 104 T 2 CABECERA	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6351372	3168201977	Ruta3
20600323	6	FERNANDO	JOSE	SANTOS	MEÑESES	CRA 38 # 44- 07 APTO 1404	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6475008	3005678900	Ruta3
20000003	6	SAMIR	JOSE	JASBON	RESTREPO	CL 45 # 37-16 APTO 16 02 CABECERA	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6437677	3174045589	Ruta3
2406063336	9	JUAN	DIEGO	SANMIGUEL	ROJAS	CRA 38 44 88 APTO 303	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6981668	3005714337	Ruta3
240006636	6	LUZ	NATALIA	SANMIGUEL	ROJAS	CRA 38 44 88 APTO 303	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6981668	3005714337	Ruta3
20600685	7	CARLOS	FELIPE	SARMIENTO	PARRA	CRA 39 # 48-72 APTO 11-01	CABECERA DEL LLANO	COMPLETO	6479060	3182823250	Ruta4

**Fuente: Autor del Proyecto**

Para observar en el mapa digital esta misma información debe realizarse el siguiente proceso:

- 1) Exportar la tabla de Excel a \*dbf:** Para incluir la tabla al mapa digital, ésta debe estar en formato \*dbf y para lograrlo debe utilizarse una aplicación de Microsoft Access y exportarla a este formato. Como resultado arroja los siguientes tres archivos: \*dbf, .NDX y .INF; los tres conforman una tabla que debe ser anexada al mapa digital.
- 2) Combinar información:** En ArcView se realiza algo similar a lo realizado en Excel. Existe una aplicación llamada "Join" que permite pasar la información de una tabla a otra por medio de la identificación del código. La tabla interna para cada colegio contiene la misma información de Excel y si se desea ver una ruta específica basta con resaltar la ruta deseada. En la Figura 21 se observa la ruta 3 del Colegio San Pedro Bachillerato.

Figura 21: Ruta tres del Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga



Fuente: Autor del Proyecto

## **6. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO ALGORÍTMICO PARA LA ASIGNACIÓN DE RUTAS ESCOLARES**

En esta sección del documento se expondrá la metodología con la cual se realizó el proceso de implementación del modelo algoritmo para la asignación de rutas, así mismo los resultados parciales de este proceso.

### **6.1. DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN**

La implementación del modelo se realizó en dos fases, una primera fase corresponde al prototipo realizado en el año 2.010 y la segunda fase corresponde al modelo mejorado para el año 2.011. Los resultados generados para cada fase se muestran a continuación:

#### **6.1.1. Prototipo Año 2.010**

En primera instancia se pensó en un prototipo de una sola fase el cual inicialmente funcionaba únicamente con el algoritmo del vecino más cercano. Se utilizó la información correspondiente al Colegio San Pedro, Área Bucaramanga por ser el Colegio más grande y con la información más completa. En la figura 22 se puede observar el resultado obtenido para un total de 151 estudiantes.

Se lograron detectar algunos problemas que impulsaron la necesidad de mejorar del modelo. Uno de los problemas es la asignación de todos los niños a ruta. Para el ejemplo en particular, el modelo asignó únicamente 141 estudiantes de los 151, dejando aproximadamente un 7% de estudiantes sin ruta. De acuerdo a lo mencionado en el capítulo cuatro, hay colegios que tienen como condición a la empresa que debe transportar a todos los estudiantes que soliciten el servicio.

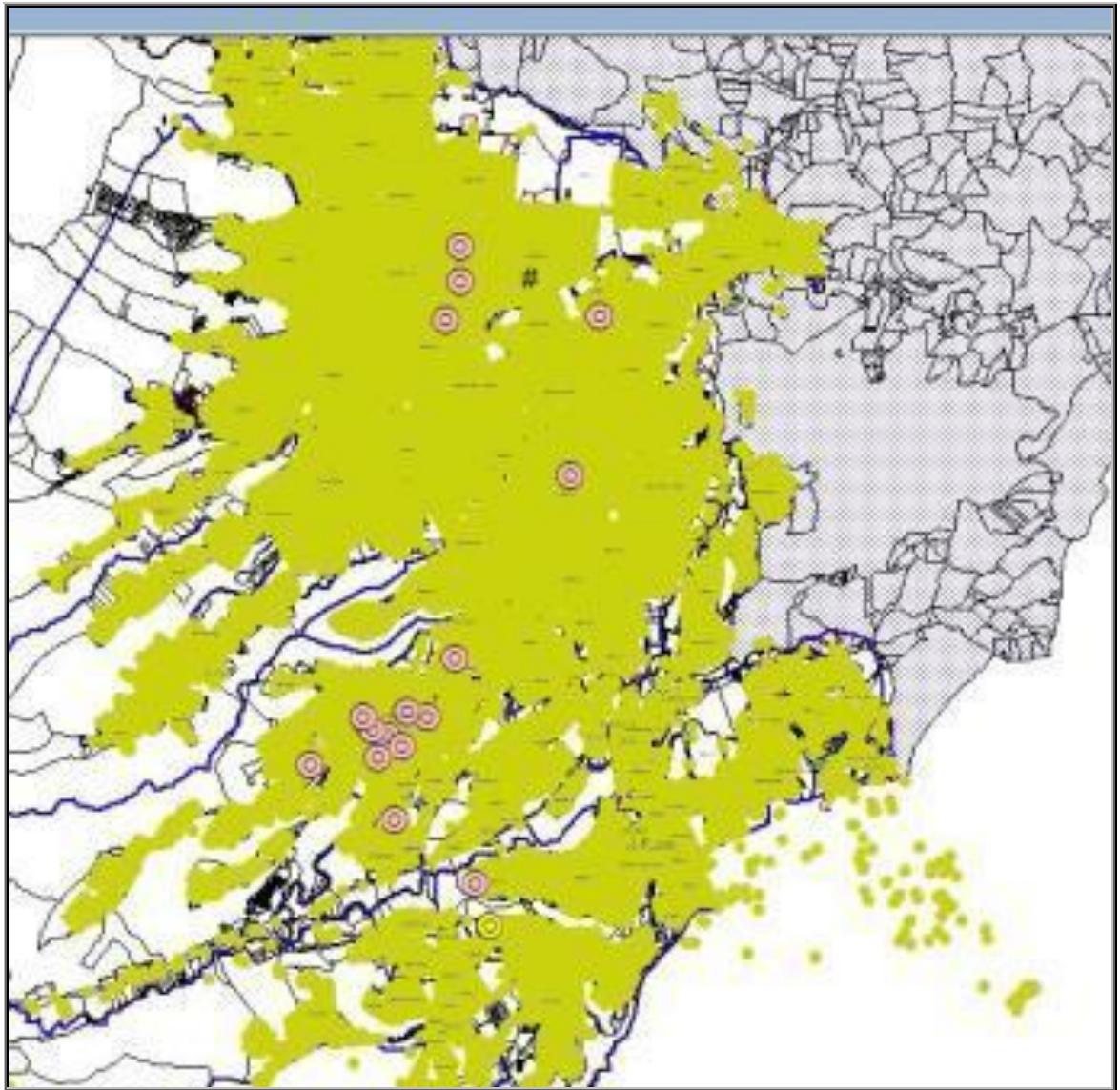
Figura 22. Resultado del Prototipo realizado en el año 2.010

	A	B	C	D	E
163	<b>Parámetros del Software</b>				
164	Velocidad promedio	40	Km/h		
165	Tiempo máximo	30	minutos		
166	Capacidad máxima	12	niños	Debe colocar como penúltimo nodo el colegio, y duplicarlo como último.	
167	Número de niños	151	niños		
168	Nodo Origen	152			
169	Nodo Destino	153			
170					
171	<b>Solución</b>				
172	Máximo tiempo en ruta	22	minutos	0,36161325	
173	1	4870	11		
174	2	2156	11	<input type="button" value="Modelo"/>	<input type="button" value="Borrado"/>
175	3	4300	11		
176	4	2213	11		
177	5	4254	11		
178	6	9205	11		
179	7	6485	11		
180	8	10701	11		
181	9	14465	11		
182	10	5497	11		
183	11	5706	11		
184	12	5479	11		
185	13	7987	9		
186					
187					
188					
189					
190					
191					
192					
193					
194			141		

Fuente: Autor del Proyecto

El segundo problema detectado es que el modelo llenaba las rutas de acuerdo a la capacidad estipulada lo cual daba al modelo unas características de asignación con capacidad homogénea y esto aumenta la probabilidad de no incluir algunos nodos. Adicionalmente, con ayuda de los mapas se pudo observar que las últimas rutas contenían distancias muy grandes. En la figura 23 se observa la ruta cinco con estudiantes de San Francisco, Ciudadela Real de Minas, Mutis y Fontana.

**Figura 23. Ruta 5 con el prototipo 2.010**



**Fuente: Autor del Proyecto**

Finalmente se le incluyeron elementos de visualización pues requería hacerse un proceso manual para ver la ruta de una forma ordenada (ver figura 24) y que permitiera su respectivo análisis.

**Figura 24. Visualización de Prototipo (Proceso Manual)**

RUTA # 1		RUTA # 2	
Z111111111	COLEGIO	Z111111111	COLEGIO
Z030902367	CALLE 37 # 26-15 APTO 602A PARQUE CENTRAL	Z030500741	CARRERA 38 # 48-12 APTO 601 TORRE A ALTOS SAN SEBAS.
Z030400249	CARRERA 28 # 35-66 APTO 202 N	Z030000311	CARRERA 38A # 48-12
Z030500581	CALLE 35 # 28-66	Z030500503	CARRERA 38A # 46 - 93
Z030401032	CARRERA 27 # 34-26	Z030702229	CARRERA 38 # 46 -46 APTO 201
Z032100106	CALLE 32 # 29-03	Z030102910	CALLE 46 # 39-46 APTO 202
Z030002441	CALLE 31 # 29-18	Z030202422	CALLE 46 # 39-72
Z030002624	CALLE 31 # 29-18	Z030500771	CARRERA 40 # 46-55 APTO 501
Z030701134	CALLE 31 # 29-18	Z030000929	CARRERA 40 # 46-55 APTO 501
Z030900686	CALLE 31 # 29-25	Z030500685	CARRERA 39 # 48-72 APTO 11-01
Z032100066	CALLE 29 # 31 18	Z030000151	CARRERA 39 # 48-103 APTO 1202
Z030502327	CALLE 20 # 30-24	Z030702419	CARRERA 39 # 48-117 APTO 1303
Z030401634	CARRERA 31 # 17 - 30	Z032100295	CARRERA 39 # 48-132
Z030100527	CALLE 17 # 32A-49	Z030500417	AVENIDA 38 # 51-89 APTO 1502
Z030802095	CALLE 18 # 32C-22	Z030801832	CALLE 51 # 37-12 APTO 402 EDIF. PREMIER
Z030801943	CALLE 15 # 35-17	Z030100494	CARRERA 38 # 52-153 APTO 504
Z030900821	CALLE 10A # 35-65	Z030200125	CARRERA 45 # 55-17
Z030300980	CALLE 10 # 34-15	Z039900513	CARRERA 45 # 55-79
Z030700981	CALLE 32 # 47-17	Z030300436	CARRERA 44 # 56 - 33 APTO 2

**Fuente: Autor del Proyecto**

### 6.1.2. Prototipo Año 2.011

Para mejorar el prototipo se pensó involucrar una sectorización para ser consecuente con el procedimiento hecho manualmente por la Cooperativa, pero analizando la literatura sobre el problema de ruteo se evaluó la posibilidad de reemplazar dicha sectorización por un algoritmo con dos fases donde se utiliza un algoritmo de inserción orientado específicamente para que el modelo permitiera recoger a todos los niños. De esta forma se logró solucionar el primer problema con respecto al algoritmo desarrollado en el 2.010.

A modo de comparación, en la figura 25 se observa el resultado obtenido utilizando los mismos datos del prototipo 2.010.

Con esta mejora se logra enrutar la totalidad de los niños que solicitan el servicio y en cuanto a los elementos de visualización, éstos permiten ver la ruta estructurada facilitando el análisis y la manipulación de la misma.



## 6.2 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación del modelo final sobre la programación del año 2.011 involucra lo descrito a continuación:

- **Colegios involucrados en el proceso:** Los colegios tenidos en cuenta son el Colegio San Pedro Bachillerato y Primaria, Colegio Instituto Caldas, Colegio Pedagógico Comfenalco (Tres Sedes), Colegio Gimnasio Campestre San Sebastián y Academia Militar.
- **Jornadas:** Para el colegio San Pedro se analizó bachillerato y primaria; Instituto Caldas Bachillerato; Colegio Pedagógico Comfenalco Sede Uno Mañana y Tarde; Colegio Pedagógico Comfenalco Sede Dos y Sede Tres; Gimnasio Campestre San Sebastián Bachillerato, y Academia Militar Primaria.
- **Área para cada Colegio:** Cada colegio contempla el área de Bucaramanga y Floridablanca. Para los colegios Academia Militar Primaria y Colegio Pedagógico Comfenalco Sede Dos no se les aplica el modelo para el área de Floridablanca debido a que la cantidad de estudiantes inscritos en este sector representa una única ruta respectivamente.

En ese orden de ideas, se emplearon 16 matrices en total. El modelo se corrió cuatro veces para cada colegio con capacidades de 12, 14, 16 y 19 ya que el parque automotor está conformado por un gran número de unidades de estos vehículos. En la figura 26 se observa la presentación de resultados para el Colegio San Pedro Bachillerato del Área de Bucaramanga para una capacidad 12 pasajeros, si se desean observar los resultados de las demás capacidades se procede a abrir la hoja de cálculo descrita con la capacidad que se desea observar.

**Figura 26. Resultados para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga**

Parámetros del Software				Solución																
Velocidad promedio	40	Km/h																		
Tiempo máximo	30	minutos																		
Capacidad mínima	12	niños																		
Número de niños	116	niños	Debe colocar como último nodo el colegio																	
Nodo Origen	117																			
Nodo Destino	118																			
Máximo tiempo en ruta	27	minutos	0,44487075																	
1	5273,69	11																		
2	4574,24	11																		
3	2344,18	11																		
4	11522,84	11																		
5	3347,27	11																		
6	4590,03	11																		
7	6669,71	11																		
8	17794,83	14																		
9	5662,24	11																		
10	8905,07	14																		

**Fuente: Autor del Proyecto**

En la tabla 11 se realiza un resumen de los resultados obtenidos y a su vez se realiza un comparativo entre los resultados arrojados por el modelo y la planeación manual realizada por Cooperativa.

Se observa claramente que hay exactitud en la cantidad de rutas empleadas tanto para el modelo como para la empresa. Existe una variedad en la cantidad de niños transportados ya que al momento de obtener la información la empresa tenía rutas preliminares y no definitivas.

En la gráfica 3 se representa la disponibilidad total de la comparación y se puede observar que el modelo reduce la cantidad de asientos vacíos sin generar sobrecupo.

**Tabla 11. Resultados comparativos entre el modelo propuesto y la planeación realizada por la Cooperativa**

<b>COLEGIO/ÁREA</b>	<b>MODELO</b>	<b>COOPERATIVA</b>
COLEGIO SAN PEDRO BACHILLERATO BUCARAMANGA	10 Rutas	10 Rutas
	116 niños	116 niños
	Vehículos Empleados: 8 micro bus de 12 pasajeros 2 micro bus de 14 pasajeros	Vehículos Empleados: 3 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros 2 micro bus de 16 pasajeros 1 buseta de 24 pasajeros 1 buseta de 25 pasajeros
	Capacidad Disponible: 6%	Capacidad Disponible: 31%
COLEGIO SAN PEDRO BACHILLERATO FLORIDABLANCA	7 Rutas	7 Rutas
	76 niños	77 niños
	Vehículos Empleados: 6 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros	Vehículos Empleados: 5 micro bus de 12 pasajeros 2 micro bus de 19 pasajeros
	Capacidad Disponible: 12%	Capacidad Disponible: 21%
COLEGIO SAN PEDRO PRIMARIA FLORIDABLANCA	4 Rutas	4 Rutas
	54 niños	52 niños
	Vehículos Empleados: 3 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 16 pasajeros	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 16 pasajeros
	Capacidad Disponible: 7%	Capacidad Disponible: 4%
ACADEMIA MILITAR BUCARMANGA	3 Rutas	3 Rutas
	31 niños	33 niños
	Vehículos Empleados: 3 micro bus de 12 pasajeros	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 16 pasajeros 1 micro bus de 30 pasajeros
	Capacidad Disponible: 14%	Capacidad Disponible: 47%

Continuación

**Tabla 11. Resultados comparativos entre el modelo propuesto y la planeación realizada por la Cooperativa (Continuación 2)**

<b>COLEGIO/ÁREA</b>	<b>MODELO</b>	<b>COOPERATIVA</b>
INSTITUTO CALDAS BUCARAMANGA	7 Rutas	7 Rutas
	95 Niños	96 Niños
	Vehículos Empleados: 4 micro bus de 14 pasajeros 2 micro bus de 16 pasajeros 1 micro bus de 17 pasajeros	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 12 pasajeros 2 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 16 pasajeros 1 buseta de 17 pasajeros 1 buseta de 19 pasajeros
	Capacidad Disponible: 10%	Capacidad Disponible: 8%
INSTITUTO CALDAS FLORIDABLANCA	3 Rutas	3 Rutas
	42 niños	44 niños
	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 16 pasajeros	Vehículos Empleados: 1 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 25 pasajeros
	Capacidad Disponible: 5%	Capacidad Disponible: 14%
GIMNASIO CAMPESTRE SAN SEBASTIÁN	8 Rutas	Al momento de la recolección de rutas la empresa no había hecho la ruta
	93 niños	
	Vehículos Empleados: 6 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 19 pasajeros	
	Capacidad Disponible: 11%	
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO SEDE UNO TARDE BUCARAMANGA	7 Rutas	3 Rutas
	79 niños	33 niños
	Vehículos Empleados: 7 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros	Vehículos Empleados: 4 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 17 pasajeros 1 micro bus de 19 pasajeros
	Capacidad Disponible: 19%	Capacidad Disponible: 4%

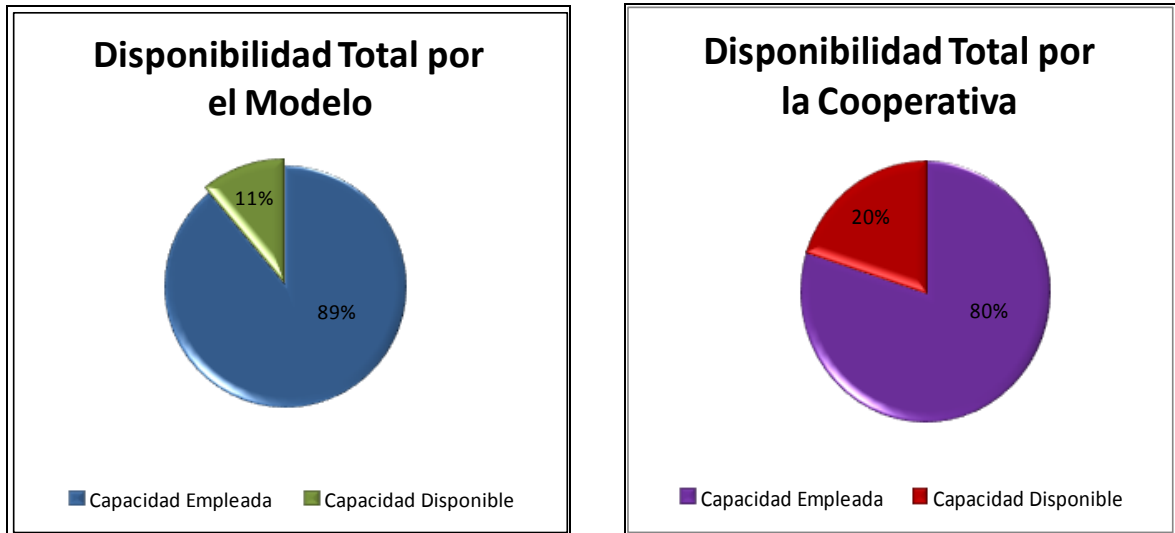
Continuación

**Tabla 11. Resultados comparativos entre el modelo propuesto y la planeación realizada por la Cooperativa (Continuación 3)**

<b>COLEGIO/ÁREA</b>	<b>MODELO</b>	<b>COOPERATIVA</b>
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO SEDE UNO MAÑANA BUCARAMANGA	7 Rutas	6 Rutas
	89 Niños	84 Niños
	Vehículos Empleados: 1 micro bus de 11 pasajeros 3 micro bus de 14 pasajeros 3 micro bus de 15 pasajeros	Vehículos Empleados: 1 micro bus de 12 pasajeros 3 micro bus de 14 pasajeros 1 micro bus de 17 pasajeros 1 buseta de 24 pasajeros
	Capacidad Disponible: 9%	Capacidad Disponible: 12%
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO SEDE UNO MAÑANA FLORIDABLANCA	3 Rutas	3 Rutas
	25 niños	29 niños
	Vehículos Empleados: 3 micro bus de 12 pasajeros	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 16 pasajeros
	Capacidad Disponible: 31%	Capacidad Disponible: 28%
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO SEDE DOS BUCARAMANGA	9 Rutas	8 Rutas
	98 niños	140 niños
	No se puede hacer comparación directa por la diferencia en la cantidad de niños. La empresa combina estudiantes de la sede dos y tres	
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO SEDE DOS FLORIDABLANCA	3 Rutas	2 Rutas
	34 niños	29 niños
	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros	Vehículos Empleados: 1 micro bus de 12 pasajeros 1 micro bus de 14 pasajeros
	Capacidad Disponible: 6%	Capacidad Disponible: SOBRECUPLO
COLEGIO PEDAGÓGICO COMFENALCO SEDE TRES FLORIDABLANCA	2 Rutas	2 Rutas
	22 niños	26 niños
	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 12 pasajeros	Vehículos Empleados: 2 micro bus de 12 pasajeros
	Capacidad Disponible: 31%	Capacidad Disponible: SOBRECUPLO

**Fuente: Autor del Proyecto**

**Gráfica 3. Disponibilidad Total entre el modelo y Cooperativa**



**Fuente: Autor del Proyecto**

### **6.2.1. Análisis de las rutas arrojadas por el modelo**

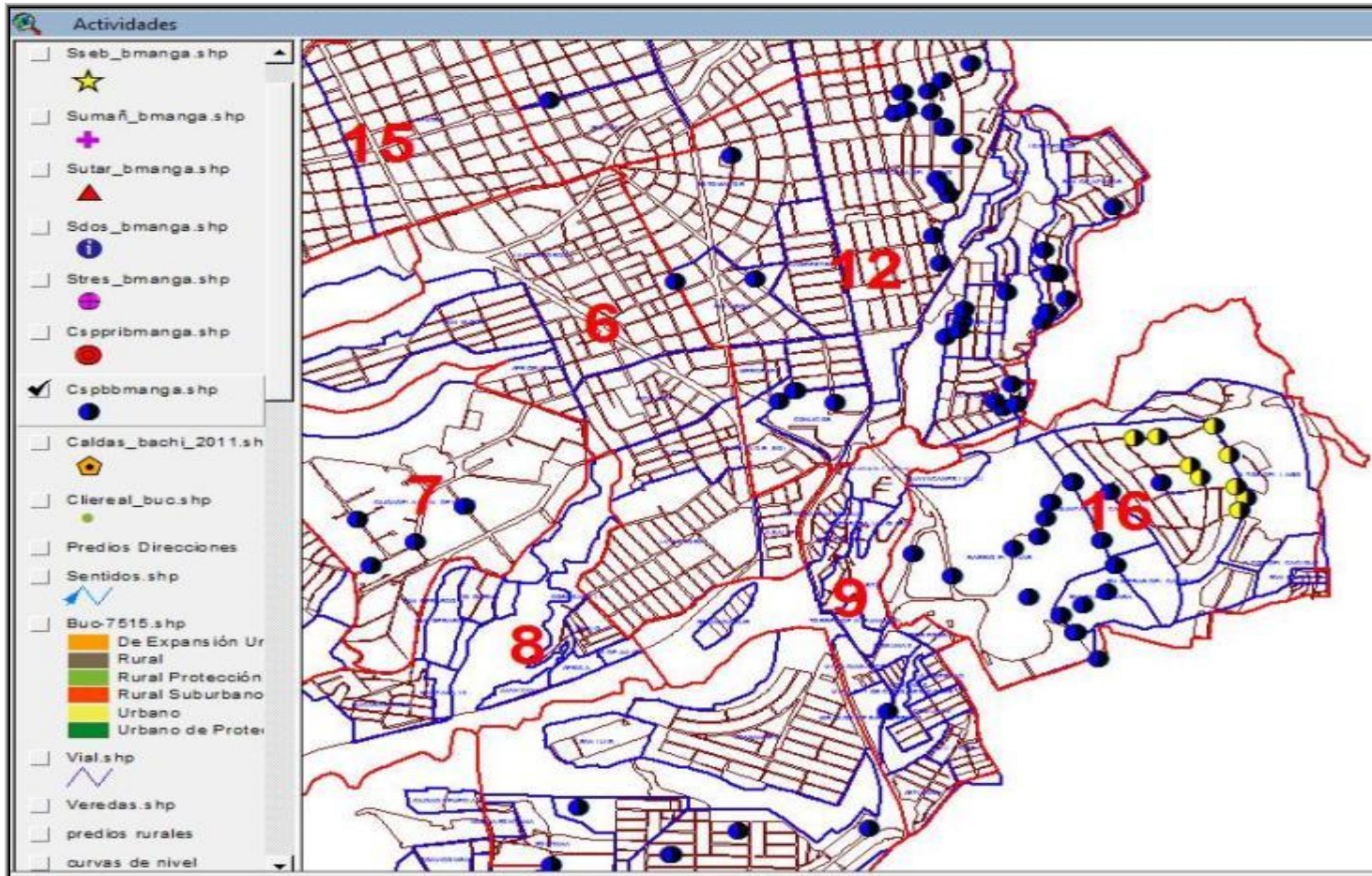
Debido al algoritmo utilizado para el desarrollo del modelo, es posible que las rutas presenten tres comportamientos diferentes y estos se han clasificado de la siguiente manera:

**6.2.1.1 Rutas Compactas:** Las rutas compactas son rutas que no requieren de muchas modificaciones y que pueden ser implementadas (Ver Figura 27).

**6.2.1.2 Rutas que permiten ser divididas:** Son rutas que abarcan dos sectores y fácilmente pueden dividirse en dos rutas (Ver Figura 28).

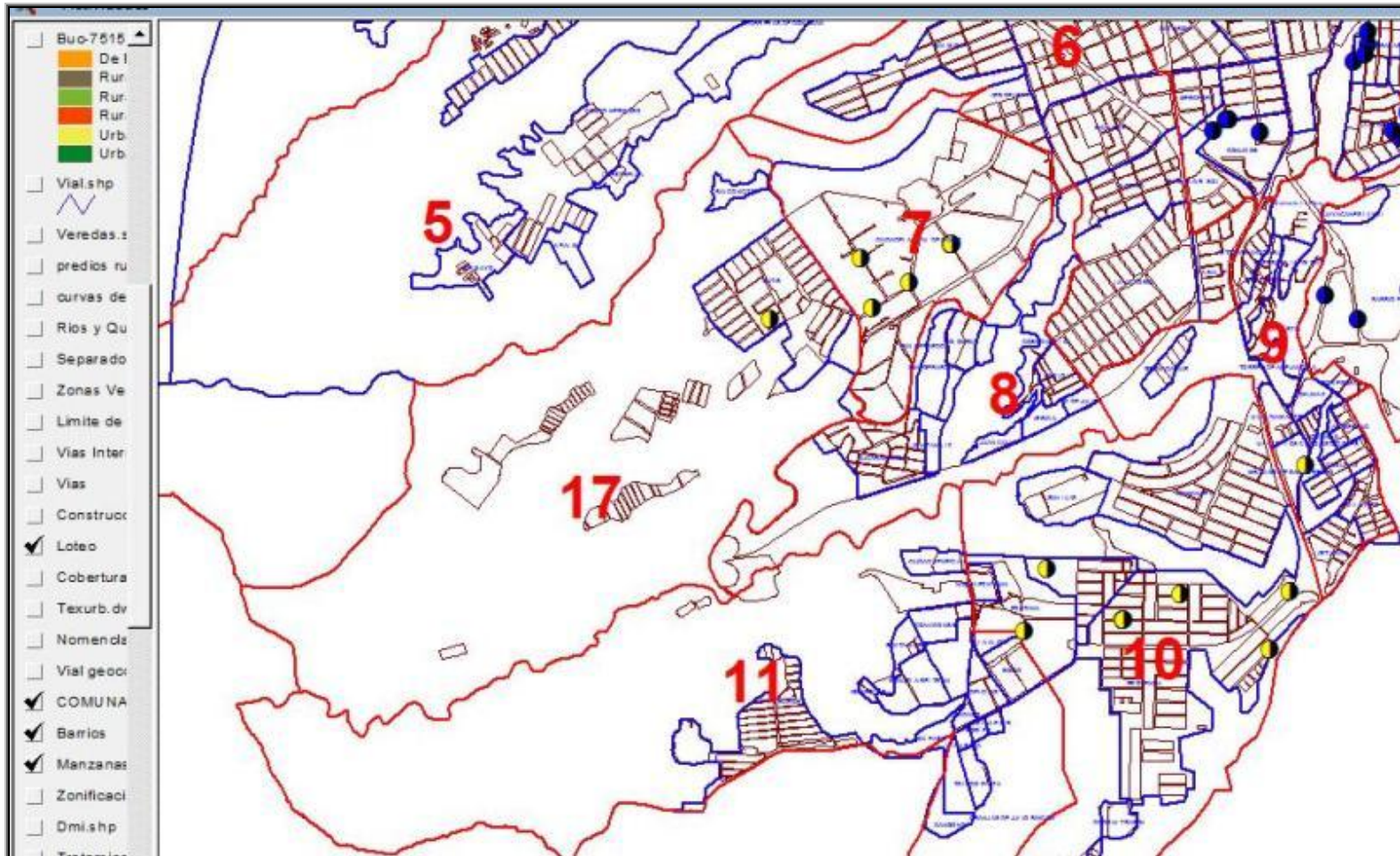
**6.2.1.3 Rutas Dispersas:** Son rutas que contienen nodos muy equidistantes y reflejan una de las características de emplear el método del vecino más cercano (Ver Figura 29).

Figura 27. Ruta compacta para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga



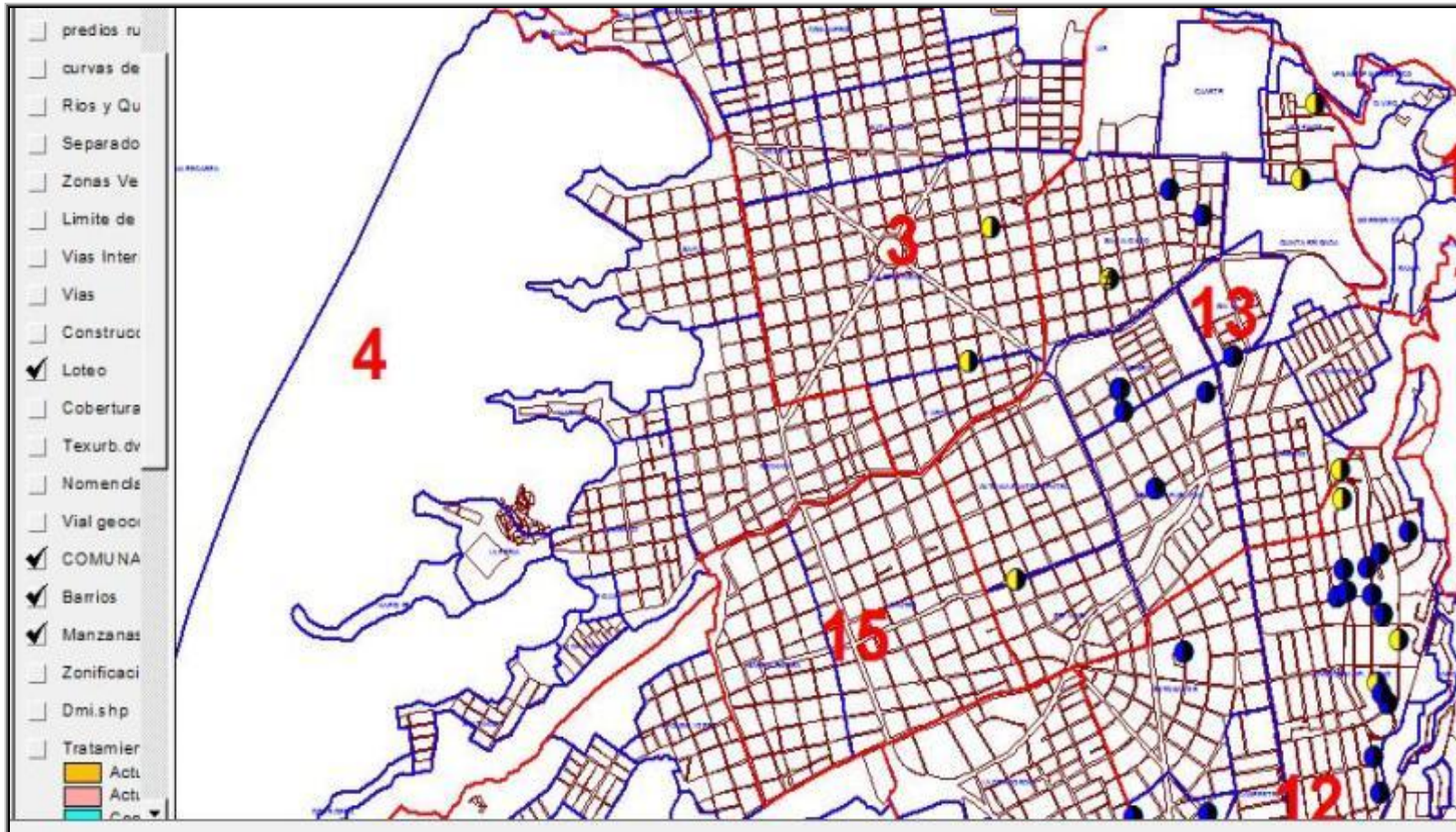
Fuente: Autor del Proyecto

Figura 28. Ruta que puede dividirse en dos para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga



Fuente: Autor del Proyecto

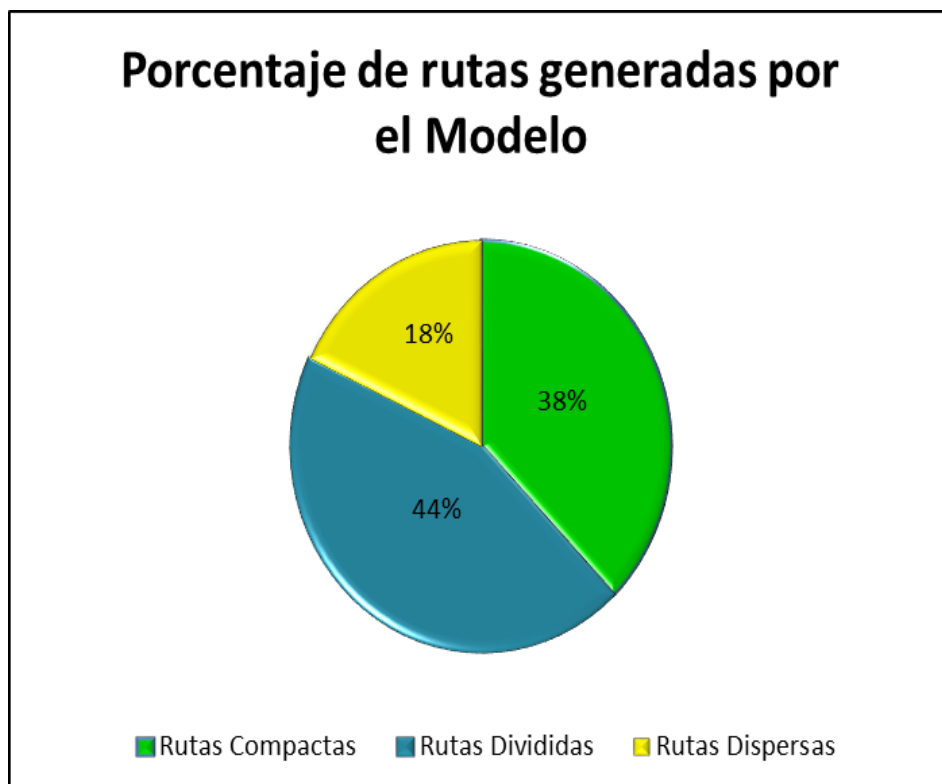
Figura 29. Ruta con nodos dispersos para el Colegio San Pedro Bachillerato Bucaramanga



Fuente: Autor del Proyecto

Se hizo un análisis de los resultados del modelo para determinar la cantidad de rutas compactas, rutas que pueden dividir y rutas dispersas. En la gráfica 4 se ilustra los datos obtenidos.

**Gráfica 4. Porcentaje de rutas compactas, divididas y dispersas generadas por el modelo**



**Fuente: Autor del Proyecto**

Se observa que el 18% de las rutas muestran resultados dispersos pero son rutas en que los nodos pueden ser asignados a las rutas que serán divididas con el fin de complementar el cupo de estas nuevas rutas. Mientras, conjuntamente se puede apreciar que la aproximación del modelo a soluciones fácilmente implementables corresponde a un 82% de las rutas.

## TABLA DE LOGROS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ALCANZADOS
Realizar el diagnóstico actual del proceso de transporte escolar COMULCLAVER.	Capítulo IV. Diagnóstico del Proceso de Transporte En Comulclaver Ltda.
Revisión de la literatura sobre el modelamiento de este proceso.	Capítulo III. Marco Teórico
Analizar y determinar las variables, parámetros y restricciones que deben ser tenidas en cuenta para la asignación de las rutas escolares en COMULCLAVER.	Capítulo V. Diseño del modelo para la asignación de vehículos en Comulclaver Ltda., numeral 5.2
Formular un modelo para la creación de las rutas escolares.	Capítulo V. Diseño del modelo para la asignación de vehículos en Comulclaver Ltda., numeral 5.3
Diseñar e implementar una herramienta informática basado en el modelo propuesto para el diseño de las rutas escolares.	Capítulo V. Diseño del modelo para la asignación de vehículos en Comulclaver Ltda.  Capítulo VI. Implementación del modelo algorítmico para la asignación de rutas escolares. numeral 6.1
Evaluar los resultados obtenidos en el modelo.	Capítulo VI. Implementación del modelo algorítmico para la asignación de rutas escolares. numeral 6.2

## 7. CONCLUSIONES

- Mediante la búsqueda de la cartografía de la ciudad de Bucaramanga y Floridablanca necesaria para la implementación del software se encontró que a la fecha no se cuenta con mapas confiables y en materia de red vial pues debido a las reformas por la implementación del Metrolínea están desactualizados. Sin embargo, debido a esto mismo se están agilizando la elaboración y actualización de los mapas metropolitanos lo cual permitirá aplicar el software sobre mapas con sentidos reales y registro de nuevas edificaciones con el fin de reducir el índice de factores que generan ruido en los resultados del software.
- El diagnóstico realizado permitió identificar ineficiencias en los procesos que se involucran directamente con las operaciones principales del servicio de transporte en COMULCLAVER tales como la planificación del servicio, elaboración y asignación de rutas, control de pre-ruta entre otros, lo cual se considera como una estrategia importante para la búsqueda de soluciones que permitan corregir y mantener altos grados de eficiencia y eficacia.
- Se detectó que el principal impedimento para obtener resultados óptimos en el desarrollo del proceso de elaboración de rutas independientemente del método empleado para realizarlo radica en las inscripciones extemporáneas ya que la recepción diaria y sobre el tiempo de inicio de actividades desata una serie de dificultades en toda la cadena de procesos operacionales dado que la empresa tiene como política conservar la información dada al padre de familia al momento de la pre-ruta. Por lo anterior, las inclusiones o cancelaciones se incorporan a las rutas más cercanas generadas por el modelo inicial.

- Correr el modelo de asignación de rutas se considera como un proceso preliminar ya que permite agilizar la re-sectorización manual y permite observar los escenarios de rutas posibles generando una variedad de soluciones que pueden acomodarse a las necesidades de la Cooperativa.
- La ubicación de cada niño en los mapas genera la posibilidad de almacenar toda la información personal de cada uno lo cual genera una base de datos más sólida ya que permite visualizar la ubicación uno a uno o por rutas, además mejora la búsqueda de la información y sirve de apoyo para la ubicación posterior de un nuevo cliente.
- La modificación hecha al prototipo inicial generó una mejora significativa en el modelo ya que permite recoger todos los niños inscritos en el servicio lo cual es consecuente con el compromiso que tiene la empresa con sus clientes.
- La construcción del modelo de asignación de rutas de transporte escolar y su posterior implementación por medio de una herramienta software, permitió mejorar la disponibilidad total de los vehículos sin generar sobrecupo en las rutas.
- Se había previsto que la herramienta debido a su configuración generara algunas rutas dispersas, dada la heurística utilizada. Sin embargo el porcentaje de estas rutas es solo del 18% lo cual se considera bajo teniendo en cuenta la confiabilidad de los mapas y el supuesto del sentido de las vías. Además, de acuerdo al análisis de las rutas arrojadas por el modelo se puede concluir que el 82% de las rutas son fácilmente ajustables e implementables.

## 8. RECOMENDACIONES

- Para obtener los resultados esperados del sistema de asignación de rutas es de vital importancia que se busquen mecanismos que permitan reducir el número de inscripciones extemporáneas con el fin de emplear el software con un alto porcentaje de las mismas y así obtener resultados compactos y evitar reestructuraciones sobre la marcha del proceso. Mejorando este proceso se logrará solucionar en gran porcentaje las ineficiencias causadas a todo el sistema operacional. Para ello es conveniente informar al padre de familia lo importante que es inscribir a su hijo al servicio con anterioridad y dado el caso incentivarlos con descuentos por la realización de la misma.
- Es recomendable que el almacenamiento de la información se haga desde el primer momento digitalmente, es decir, que los datos en primera instancia se hagan como actualización de los existentes y si el alumno es nuevo se cree guardándose directamente en el sistema ya que el diligenciamiento manual del formulario genera omisión de la información e incluso problemas de interpretación de los datos y por lo mismo la transcripción puede hacerse con errores.
- Igualmente, es aconsejable que se tome la información de direcciones con nomenclatura completa, nombre del conjunto o nombre del edificio según el caso.
- Se recomienda implementar un mecanismo de control de la pre-ruta realizada por el transportador con el fin de obtener el tiempo empleado en el recorrido y verificar si se cumple con los requisitos de ley.

- Los sistemas de información año a año realizan sus actualizaciones con el fin de agregar más aplicaciones a la anterior. ArcGis 10 es una versión renovada que ha sido diseñada para aumentar la productividad de los usuarios GIS que además es compatible con ArcView. Se recomienda convertir los shapes de ArcView a ArcGis 10 con el fin de ascender en la escala de niveles de funcionalidad.
- Incluir al software mecanismos de visualización que permitan reducir el proceso contiguo y complementario al modelo. Así mismo, poder observar las múltiples soluciones en una sola vista y así facilitar la toma de decisiones para dividir rutas o asignar nodos dispersos si es el caso.

## BIBLIOGRAFÍA

- BALLOU, Ronald H., Logística Administración de la Cadena de Suministro. 5ª Edición. México: Pearson Educación, 2004.
- COLOMBIA. Ministerio de Transporte. Decreto Número 174 de 2001 (Febrero 5).
- CHACÓN RIOS, Diana Carolina; RUEDA RODRÍGUEZ, Mario. “Diseño e Implementación de un Modelo para Asignación de Vehículos de carga en la cooperativa de Transportadores del Sur COTRASUR”. Trabajo de Grado (Ingeniero Industrial). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial, 2008.
- GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando.; ROJAS RAMIREZ, Edgar Jesús; HERRERA ORTIZ, Edilma. ArcView GIS Curso Básico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, 2005.
- GUTIERREZ, Valentina. PALACIO, Juan David y VILLEGAS, Juan Guillermo. Reseña del software disponible en Colombia para el diseño de rutas de distribución y servicios. En: Revista Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. Enero-Marzo, 2007, vol. 43, no. 145.
- J. Park, B.-I. Kim / European Journal of Operational Research 202 (2010).

- OLIVERA, Alfredo. Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos. Montevideo: Universidad de la República, Instituto de Computación. Agosto 2004.
- RIOS MERCADO, Roger Z. y GONZÁLEZ VELARDE, José Luis. Investigación de Operaciones en Acción: Heurísticas para la solución de TSP . En: Ingenierías, Octubre-Diciembre 2000, Vol III, No. 9.
- ROBUSTE ANTON, Francesc and GALVAN, Dante TTT e-logistics. (online) Ediciones UPC. 2005 [Barcelona: España] [cited: Marzo, 2011] Available from internet: <http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=YdYXyJ6lLcMC&oi=fnd&pg=PP7&dq=competitividad%2Bconfecciones%2Broteo&ots=0Ni3E4cP6B&sig=MjfrGK6akFjtXpVwWCU7uqazTv0#v=onepage&q&f=false>: