

GLOSARIO

ABASTECIMIENTO: el abastecimiento o aprovisionamiento es la función logística mediante la cual una empresa se provee de todo el material necesario para su funcionamiento. Su concepto es sinónimo de provisión o suministro.

ALGORITMO: es un conjunto pre-escrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad. Fuente; <http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>

ALGORITMO DIJKSTRA: también llamado algoritmo de caminos mínimos, es un algoritmo para la determinación del camino más corto dado un vértice origen al resto de vértices en un grafo con pesos en cada arista. Su nombre se refiere a Edsger Dijkstra, quien lo describió por primera vez en 1959.

ÁRBOL DE EXPANSIÓN MÍNIMA: también conocido como árbol generador mínimo, es una red conexa y ponderada que se refiere a utilizar los arcos de la red para llegar a todos los nodos de esta, de manera tal que se minimiza la longitud total.

ARCOS DIRIGIDOS / NO DIRIGIDOS: cuando el flujo puede transportarse en una sola dirección se tiene un arco dirigido (la flecha indica la dirección). Si el flujo puede transportarse en ambas direcciones existe un arco no dirigido (sin flecha).

COSTOS DE ADMINISTRACIÓN: son los que se originaron en el área administrativa, es decir, los relacionados con la dirección y el manejo de las operaciones generales de la empresa. Como son los sueldos de todos los empleados, servicio telefónico, aseo, servicio de internet, mantenimiento de todas las maquinas e instrumentos que sirven para que la empresa funcione día a día, servicios públicos, oficinas generales, aseo, etc.

COSTOS DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA: son los que se incurren en la actividad de envío del material reciclable al cliente.

COSTOS FINANCIEROS: son los que se originaron por la obtención de recursos ajenos que la empresa necesita para su desenvolvimiento. Se incluyeron los costos de los intereses que la compañía debe pagar por los préstamos, así como el costo de otorgar crédito a los clientes, pago de impuestos anuales, etc.

COSTOS DE TRANSPORTE: son los costos fijos o variables que inciden en la operación de colocar un producto o material desde el proveedor hasta el cliente.

Para nuestro objeto estudio son los costos de la distribución física del material reciclable.

DISTRIBUCIÓN: es la que se encarga de movilizar la cantidad de recursos necesarios (tanto para producción como para venta) de insumos productivos o bienes (tangibles o intangibles) con el fin de cubrir las necesidades de logística de las empresas en los tiempos y lugares precisos.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA: es la distribución que se encarga de administrar los flujos de productos tangibles e intangibles con fines productivos e incluye todos los procesos de manejo de productos desde la obtención de materias primas hasta la entrega del producto final.

FRECUENCIA DE VISITAS A LOS CLIENTES AL MES: refiere a las veces que se visita a los clientes en un mes, por la flota de camiones de la empresa recicladora alianza Ltda.

GOOGLE: es la empresa propietaria de la marca Google, cuyo principal producto es el motor de búsqueda de contenido en Internet del mismo nombre.

GOOGLE MAPS: es el nombre de un servicio de Google. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la Web. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satelitales del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de las calles. Esta herramienta nos sirvió para cuantificar las distancias más cortas entre los clientes y la empresa recicladora alianza Ltda.

JERARQUIZACIÓN DE CLIENTES: es la percepción que tiene el gerente de la empresa recicladora alianza Ltda. de los clientes. Esta jerarquización la realizó teniendo en cuenta la compra en cantidad y la frecuencia de pedido del material reciclado.

MATERIAL RECICLADO: es el producto resultante del Reciclaje, puede extraerse de prácticamente todas las materias que se someten al reciclado, con la excepción de los materiales más contaminantes. Para la empresa recicladora alianza Ltda., es el producto que envía ésta a los clientes, puede ser papel, cartón, chatarra, periódico, aluminio, cobre, etc.

METAHEURÍSTICAS: es un método heurístico para resolver un tipo de problema computacional general, usando los parámetros dados por el usuario

sobre unos procedimientos genéricos y abstractos de una manera que se espera eficiente. Normalmente, estos procedimientos son heurísticos. El nombre combina el prefijo griego "meta" ("más allá", aquí con el sentido de "nivel superior") y "heurístico" (de εὐρίσκειν, *heuriskein*, "encontrar").

MÉTODO DE BARRIDO: es un método que sirve para agrupar clientes, proveedores, empresas, etc., teniendo en cuenta algunas limitaciones como; capacidad del vehículo, demanda del cliente, oferta del proveedor y cantidad de camiones. Esta agrupación se da por la cercanía que hay entre ellos.

MÉTODO DE HEURÍSTICA EUCLIDIANA: es la distancia que expresa la proximidad o lejanía entre dos objetos, o el intervalo de tiempo que transcurre entre dos sucesos. En matemática, es la distancia entre dos puntos del espacio euclídeo equivale a la longitud del segmento de recta que los une, expresado numéricamente. Este método se desarrolló para calcular la distancia entre dos nodos (clientes- empresa – clientes), sin embargo presenta la desventaja que la distancia calculada es rectilínea y no tiene en cuenta las curvas ni el sentido de las calles.

OTROS COSTOS: en este grupo se adjuntaron todos los costos que no pertenecen a los grupos ya mencionados (Ver Tabla No 1 pag. 10) como son: Peajes, Viáticos, Carga y descarga, incentivos, y Otros.

PROMODEL: es un software de simulación, el cual se utilizó para simular escenarios y así seleccionar la mejor política de transporte.

RECICLADO: es un proceso fisicoquímico, mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (basura), a un proceso de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto

RECICLADORA: es una empresa que se dedica a recolectar o comprar material reciclado para embalarlo y venderlo, algunas de estas empresas, las cuales están bien constituidas, también transforman ese material reciclado en nuevos productos para el consumo nuevamente.

SIMULACIÓN: es la representación de un proceso o fenómeno mediante otro más simple, que permite analizar sus características; y es una de las grandes herramientas de la ingeniería industrial, Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann la define así: "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos".

SISTEMA LOGÍSTICO: es el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, entre ellos abarca el proceso de distribución.

VELOCIDAD PROMEDIO: es la velocidad en un intervalo de tiempo dado. Se calcula dividiendo el desplazamiento (Δr) entre el tiempo (Δt) empleado. La velocidad se determinó por medio de muestras velocidad en la empresa recicladora alianza Ltda., sirvió para calcular las distancias de distribución del material reciclado actuales.

RESUMEN

El siguiente trabajo tuvo como finalidad desarrollar una herramienta que permitiera reducir los costos totales de la empresa, por medio de la mejora en su sistema logístico de transporte. Para dar respuesta a esta inquietud, se realizó una investigación en campo con variables cualitativas y cuantitativas que permitieron mostrar el comportamiento actual de la empresa, y se enfocaron las oportunidades de mejora en los puntos débiles del sistema logístico. Se utilizó diferentes metodologías que permitieron el desarrollo del trabajo, tales como: árbol de expansión mínima, método del barrido, la ruta más corta, el vecino más cercano y simulación. Por medio de la aplicación de estas herramientas y el análisis realizado, se diseñó un sistema de ruteo que reduce significativamente los costos de transporte de la empresa. Se mejoró el sistema actual de distribución de material reciclable en un **24%**.

PALABRAS CLAVES: Costos totales, árbol de expansión mínima, método de barridos, la ruta más corta, el vecino más cercano, simulación, sistema logístico de transporte y sistema de ruteo.

ABSTRACT

The following work was aimed to develop a tool that would reduce the total costs of the company, through its improved transport logistics system. To address this concern, we conducted a field research with qualitative and quantitative variables were able to show the current behavior of the company, and will focus on opportunities to improve the weaknesses of the logistics system. We used different methodologies that allowed the development of the work, such as minimum spanning tree, the sweep method, the shortest route, the closest neighbor and simulation. Through the application of these tools and the analysis, we designed a routing system that significantly reduces transportation costs of the company. Improved the current system of distribution of 24% recyclable.

KEYWORDS: Total costs, minimum spanning tree, sweep method, the shortest route, the nearest neighbor, simulation, transport and logistics system routing system.

INTRODUCCIÓN

Dentro del funcionamiento de las empresas, es inevitable generar desechos que cumplieron su ciclo de vida para lo que fueron diseñados y terminan en rellenos sanitarios. Muchas empresas, vieron en los desechos, una oportunidad para negocio y son éstas las encargadas de recolectar los residuos y enviarlos a las empresas para transformarlos y así prolongar su ciclo de vida.

Es de vital importancia, éste tipo de empresas, pues son un eslabón de la cadena de abastecimiento ya que contribuyen con la mitigación del impacto negativo ambiental.

Las empresas necesitan una adecuada administración de los recursos para obtener las utilidades esperadas, y para ello, es necesario utilizar técnicas de optimización de recursos, que mejoran los métodos y procesos aplicados para el funcionamiento normal de la empresa, ahorrando materiales, desplazamientos, y tiempo, que se ven representados en costos directos, e indirectos y/o ambos.

El interés del trabajo fue plantear modelos de mejoramiento en la distribución de producto a clientes en la empresa Recicladora Alianza LTDA, para garantizar el desplazamiento mínimo en el recorrido de la flota de transporte y con ello el costo mínimo de transporte. Se lograron los resultados por medio de la aplicación de diferentes herramientas ingenieriles y se diseñó un sistema de ruteo que reduce los costos de transporte de la empresa en un 24%.

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

Se hace necesario en las organizaciones desarrollar herramientas para la reducción de los costos totales por medio de la optimización de sus recursos. Es por esto, que la empresa recicladora Alianza Ltda. Busca diseñar y/ o mejorar el recorrido actual para la distribución de material reciclable a sus clientes.

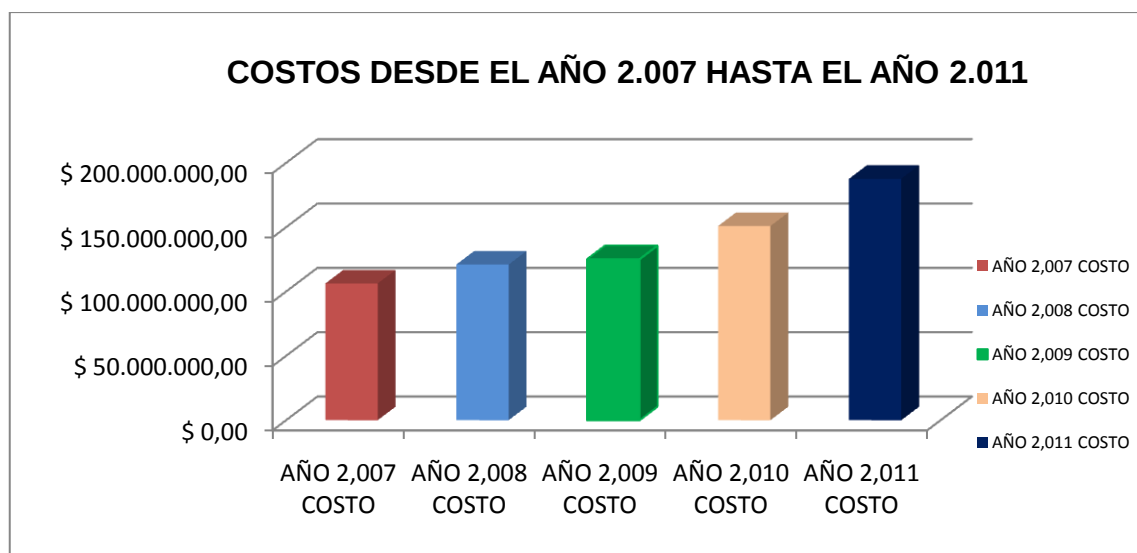
El sistema actual de distribución de material reciclable a clientes, presenta dificultades, debido a la poca estandarización en los procesos, realizando sus procesos de forma empírica. Debido a lo anterior, la empresa presenta unas deficiencias y limitaciones tales como:

- **Rutas no definidas.** En la organización no está definido, la secuencia a seguir para distribuir las mercancía a los clientes, es decir, la selección de las rutas para la distribución del material reciclado, es realizada por la experiencia del conductor, quien actualmente no tiene procedimientos a seguir para llegar a cada uno de los clientes y tampoco cuenta con rutas definidas para la entrega del material, siendo este un proceso netamente empírico e intuitivo y está restringida por dos puntos que él tiene en cuenta: cogestión de las vías y número de semáforos en las rutas.
- **Oferta y demanda:** Para realizar un pedido en la empresa Recicladora Alianza LTDA, es la empresa la que realiza el telemercadeo para ofrecer sus productos y no es el cliente quien llama para realizar el pedido. Debido a lo anterior, no es claro, el recorrido que debe realizar el camión para satisfacer las necesidades de sus clientes, ya que se genera la incertidumbre del material disponible que está sujeto a la restricción de demanda de los proveedores de la empresa, es decir, la empresa está limitada a la cantidad de material que pueda suministrar los proveedores que en este caso, son empresas del sector manufacturero que generan residuos o material reciclado. Esta restricción habilita el ofrecimiento del material reciclable a sus clientes o no, y así mismo la definición de frecuencias.
- **Costos de distribución:** Debido a la actividad de la recicladora (no realiza un proceso de transformación de materia prima, sino el embalaje de material para su venta), los costos asociados al embalaje, no son representativos comparados con los costos de distribución de la

empresa, como se puede observar en la Tabla No 1 pág. 10. Es por esto, que se hace necesario la reducción de los costos de distribución para disminuir proporcionalmente los costos totales de la empresa.

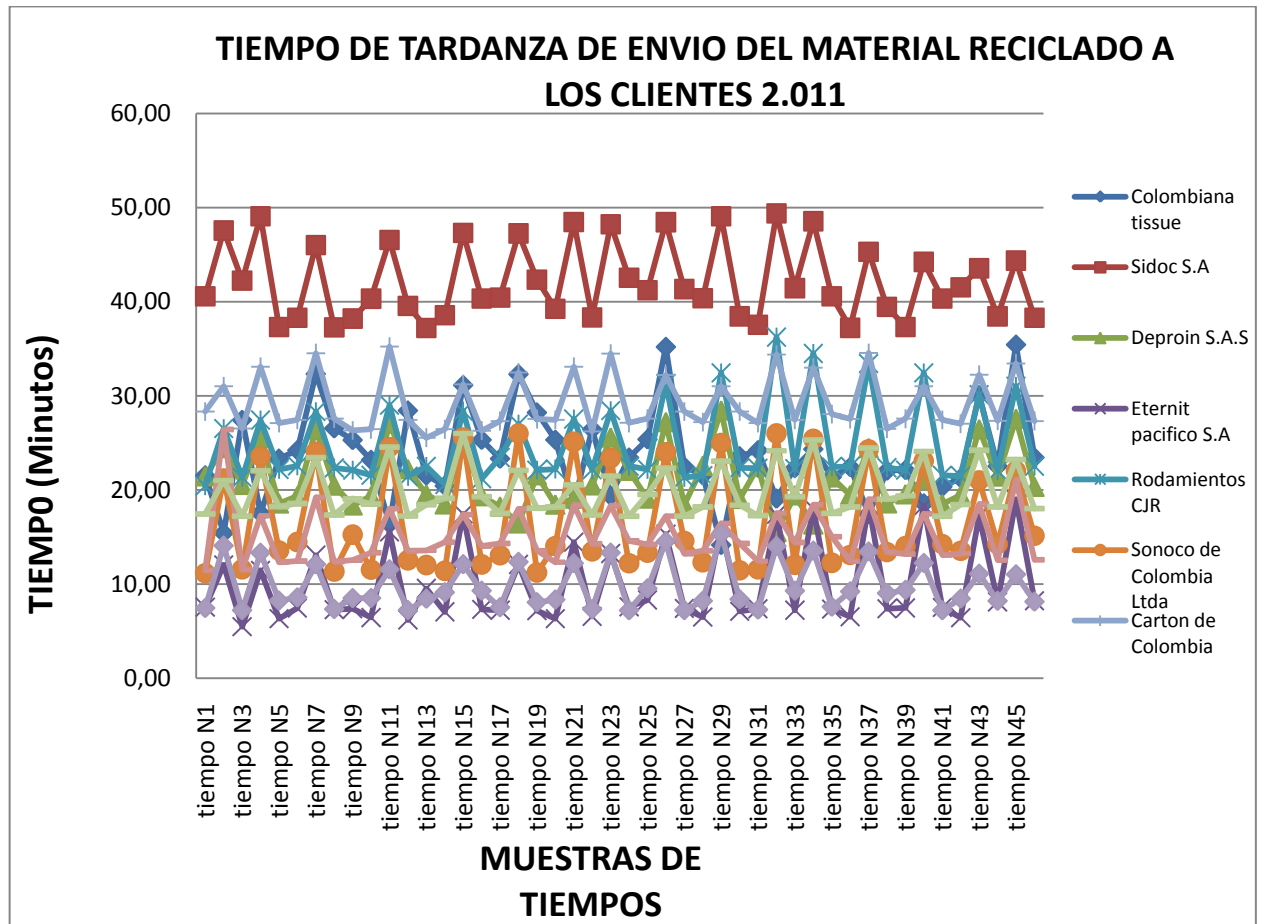
- **Tiempos muertos:** Para la realización de los pedidos, no se tiene control de los tiempos perdidos cuando el vehículo se encuentra realizando la distribución del material, implicando con ello, posibles recorridos no establecidos para la distribución del material, causando tiempos muertos en el proceso y sobre costos.

GRAFICA 1. COSTOS DESDE EL AÑO 2.007 HASTA EL AÑO 2.011



INFORMACION SUMINISTRADA POR LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA

GRAFICA 2. TIEMPO DE TARDANZA DE ENVIO DEL MATERIAL RECICLADO A LOS CLIENTES 2.011



2. JUSTIFICACIÓN

Dada la importancia en la reducción de costos para las empresas, se hace necesario mejorar su eficiencia mediante la máxima utilización de sus recursos para optimizar los procesos, en especial cuando los costos de transporte normalmente se hallan entre un tercio y dos tercios de los costos logísticos totales (Ballou quinta edición 2004 pág. 225). Es por esto, que la definición de la estrategia de transporte, se hace relevante al momento de incurrir en el margen de rentabilidad de la empresa.

Para el caso de la empresa Recicladora Alianza LTDA, los costos que se incurren en la distribución de material reciclable, no se ven justificados con las ganancias obtenidas. Se presenta un margen de ganancias que está sujeta la tasa mínima de retorno proyectada por el gerente que está dada alrededor del 25%.

Ver costos logísticos tabla No. 1 para el caso de la empresa Recicladora Alianza LTDA.

TABLA No 1 COSTOS DE LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA. AÑO 2.011.

COSTOS DE LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA. AÑO 2011		
TIPO DE COSTO	VALOR (\$)	PROPORCION
COSTOS DE DISTRIBUCIÓN	\$ 187.647.157,22	59%
COSTOS FINANCIEROS	\$ 31.847.565,84	10%
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	\$ 58.854.655,92	19%
OTROS COSTOS	\$ 37.845.692,31	12%
TOTAL.	\$ 316.195.071,29	100%

Fuente: Información suministrada por la empresa recicladora alianza Ltda.

Es por tanto, que la realización de este trabajo, es diseñar una política del sistema de transporte para la distribución de material reciclable en la empresa, con el fin de disminuir mediante la mejora del proceso logístico de transporte los costos totales asociados a esta actividad.

Se espera mejorar los tiempos de entrega hacia los clientes: Es importante al momento de establecer una ventaja competitiva respecto al nivel de servicio

que se pueda prestar y no incurrir en costos de faltantes. Se enseña el estudio de tiempos de tardanza en la distribución hacia los clientes que muestra la necesidad de optimizar tiempos y distancias para la satisfacción de los clientes. Ver anexo 1.

Estandarizar rutas y distancias entre la empresa y los clientes: Para llevar un control acerca de los tiempos muertos incurridos en los recorridos y tener una proyección del tiempo y la distancia necesaria para cumplir con la demanda de los clientes, mejorando el servicio.

Compra de flota propia o alquiler de servicios de transporte: Se busca definir la rentabilidad de contratar servicios de transporte o comprar una flota propia que satisfaga la capacidad para enviar volúmenes más grandes hacia los clientes, mediante herramientas de simulación que puedan proporcionar información para la toma de decisiones y con ello, escoger la mejor estrategia para la planeación de los recursos.

Con lo mencionado anteriormente, este proyecto tiene como finalidad realizar una política de distribución física a través de un modelo de transporte que pueda reducir los costos de la empresa Recicladora Alianza Ltda. Combinado con la simulación que permita generar diferentes escenarios para realizar las distribuciones a los clientes, y observar la oportunidad más provechosa para la empresa.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Construcción de una política de distribución del material reciclado a la empresa recicladora alianza Ltda.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

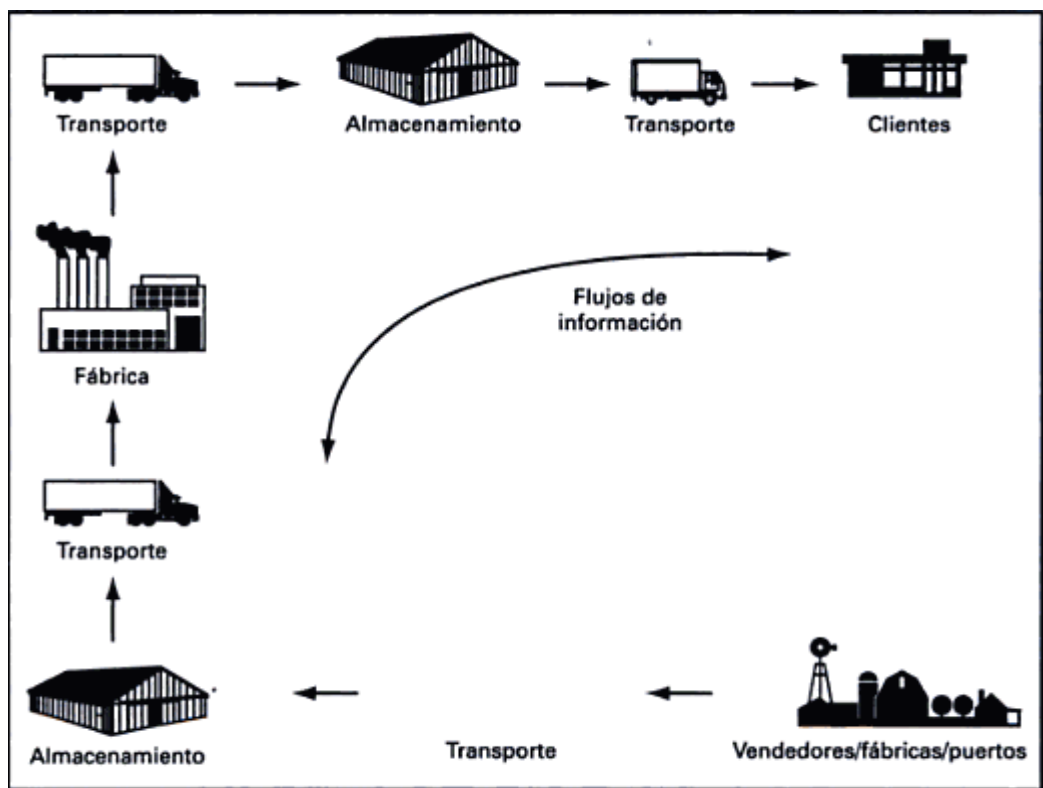
- Realizar un diagnóstico del sistema actual de distribución de la empresa recicladora alianza Ltda.
- Buscar y analizar documentos y/o estudios ya realizados en el tema para tener un parámetro de guía en la realización completa de nuestro trabajo.
- Definir la mejor ruta de distribución en la empresa recicladora alianza Ltda, a partir de diferentes métodos ingenieriles de solución.
- Determinar los componentes Y Simular el sistema de distribución de material reciclable de la empresa recicladora alianza Ltda.
- Realizar propuestas de mejoramiento y recomendaciones con base a los resultados obtenidos por el modelo de simulación planteado.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. CADENA DE SUMINISTRO

Logística y cadena de suministros son un conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, etc.) que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales la materia prima se convierte en producto terminado y se añade valor para el consumidor. (Ballou, 2004).

GRÁFICA No 3 CADENA DE SUMINISTROS BALLOU 2.004



Fuente Secundaria: Administración de la cadena de suministros. Ronald H. Ballou 2004 pág. 6 unidad 1.

Las actividades que se dirigen para confirmar la logística de los negocios (proceso de la cadena de suministros) varían de una empresa a otra, dependiendo de la estructura organizacional de cada una. Los componentes de un sistema típico de logística son: el servicio al cliente, pronóstico de demanda, comunicaciones de distribución, control de inventarios, manejo de materiales, procesamiento de pedidos, apoyo de partes y servicio, selección de la ubicación de fábricas y almacenamiento, compras, embalaje, manejo de bienes

devueltos, eliminación de mercancías aseguradas rescatadas (desechos) y desperdicios, tráfico y transporte, almacenamiento y provisión¹.

4.1.1. Gestión de almacenes: Proceso que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo depósito, hasta el punto de consumo de cualquier tipo de material, materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados. (Ballou, 2004).

4.1.2. Gestión del transporte: El transporte representa el elemento individual más importante en los costos de logística para la mayoría de las empresas. Entre estas las que se dedican a comprar y vender mercancías o materiales sin darles un valor agregado o realizar un nuevo producto. Cuando el servicio de transporte no se usa para conseguir una ventaja competitiva, la mejor opción de servicio se halla mediante la compensación de usar un servicio en particular de transporte y el costo indirecto de inventarios asociado al desempeño de la modalidad seleccionada. Cuando más lentos y menos confiables sean los servicios que se seleccionen, más inventario aparecerá en el canal (Ballou, 2004).

4.2. GESTIÓN LOGÍSTICA

4.2.1. Gestión logística de los transportes

Las necesidades y los requerimientos de los sistemas de transporte pueden variar enormemente en función del tipo de industria. Aparecen, así, factores como la relación existente entre el valor del producto y el coste del transporte, la localización geográfica, la obsolescencia del producto, etc., que hacen inevitable una cuidadosa selección del sistema de transporte idóneo.

FUENTE SECUNDARIA, LOGISTICA DE LOS TRANSPORTE, ING. NEIDY DELGADO 2.007

4.2.2. Tipo y programación de los transportes.

Se utiliza el término “tipo” para identificar el medio de transporte empleado. Así podemos diferenciar entre cinco tipos básicos: ferrocarril, por carretera, aéreo, marítimo y fluvial, y por conducciones.

Hacemos referencia al tipo de transporte que será utilizado en este trabajo, el cual es transporte por carretera

¹ Career in logistics (Oak Brook, IL: Council of logistics management), pag 3

4.2.3. Transporte por carretera.

La gran ventaja que aporta el transporte por carretera radica en la flexibilidad que proporciona la entrega puerta a puerta, y que ninguno de los otros medios ofrece. Este transporte posee una estructura de costes fijos bajos, dado que su soporte físico es la red vial pública, y costes globales altamente variables que se adaptan al manejo de pequeños envíos a cortas distancias.

La progresiva saturación de las redes viales de los países desarrollados, y los problemas medioambientales que comporta, llevarán en el futuro a un tipo de restricciones de este medio de transporte.

4.3. Optimización Económica de redes de transporte

Hoy en día la trascendencia económica del sector del transporte genera costos sociales y medioambientales de gran envergadura a todos los países del mundo. La distribución física de productos y mercancías representa para las empresas entre la sexta y la cuarta parte de las ventas y entre uno y dos tercios del total de los costos logísticos. Así las cosas, los problemas de distribución afectan directamente a la competitividad de las empresas. El transporte, que ya es una función vital dentro de las cadenas de suministro, tendrá una posición más estratégica para las industrias en el futuro. En la actualidad el establecimiento de rutas y horarios para vehículos constituye un conjunto de problemas habituales que no se resuelven de manera óptima y acarrearán una merma significativa en la cuenta de resultados de las empresas, provocando que éstas se enfrenten a retos más dinámicos que van desde aumentos en los niveles de servicio, a las rupturas de las fronteras o la entrada en el comercio electrónico. En estas circunstancias, los métodos de resolución aproximados que emulan estrategias eficientes empleadas por la naturaleza y utilizadas en inteligencia artificial, pueden proporcionar soluciones satisfactorias a las compañías y es precisamente en este tema que se centra el desarrollo del artículo. (Ver Administración de la cadena de suministros Ballou, 2004).

4.4. Problemas de distribución física

La distribución física consiste básicamente en asignar una ruta a cada vehículo de una flota para repartir o recoger mercancías. Los clientes se localizan en puntos o arcos y a su vez pueden presentar horarios de servicio determinados; el problema consiste en establecer secuencias de clientes y programar los horarios de los vehículos de manera óptima. Las dificultades reales del transporte son extraordinariamente variados. Yepes (2002). Propone una clasificación que contiene un mínimo de 88.109 combinaciones posibles de modelos de distribución. Si alguien fuese capaz de describir en un segundo

cada uno de ellos, tardaría cerca de 280 años en enunciarlos todos. La investigación científica se ha centrado, por tanto, en un grupo muy reducido de modelos teóricos que además tienden a simplificar excesivamente los problemas reales.

4.5. El problema de ruteo de vehículos en la literatura

Centrados en el problema de distribución y recolección, en el que se enmarca el presente trabajo, es importante recurrir a la afirmación de Toth y Vigo (2000): “El problema de distribuir productos desde ciertos depósitos a sus usuarios finales juega un papel central en la gestión de algunos sistemas logísticos, y su adecuada planificación puede significar considerables disminuciones en los costos. Esos potenciales ahorros justifican en gran medida la utilización de técnicas de investigación operativa como facilitadoras de la planificación, dado que se estima que los costos del transporte representan entre el 10% y el 20% del costo final de los bienes. Dentro de este problema de transporte es necesario determinar el tipo de recurso a utilizar, la cantidad y las rutas a seguir, lo que se denomina problema de ruteo, y es tratado en la literatura como el problema del agente viajero (TSP, por las siglas en inglés de Traveling Salesman Problem), o en términos generales, para problemas con capacidad definida (Machado et al., 2002), es generalizado el VRP (Olivera, 2004)”.

El ruteo de vehículos (VRP) es un problema de optimización combinatoria complejo, considerado ya un paradigma en la literatura especializada (Hermosilla y Barán, s/f 2003.), que surgió, según Olivera (2004), desde 1959. Este tipo de situación, como se había mencionado anteriormente, es una generalización del problema del agente viajero, el mismo que puede ser explicado de la siguiente manera:

Existe un agente de ventas que debe visitar a sus clientes ubicados en diferentes ciudades y luego volver a su ciudad de partida, y dicha actividad debe ser llevada a cabo con el menor costo posible (Ahuja et al., 1993); según Hermosilla y Barán (s/f) el costo de la ruta puede estar dado por la duración total de la misma (en tiempo o distancia). El problema de ruteo de vehículos se representa en un grafo con nodos y arcos, los cuales representan la ubicación de los clientes y la red vial por la cual pueden circular los vehículos.

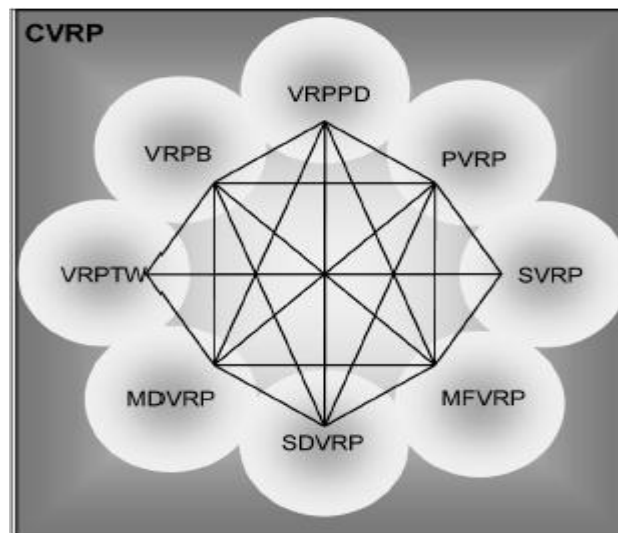
4.6. TIPOS DE VRP (vehicle routing problem)

Una recopilación de técnicas exactas de solución existentes para los problemas de ruteo de vehículos puede encontrarse en Laporte (1992); no obstante los de gran dimensión resultan imposibles de solucionar en tiempo polinomial, por lo

que el VRP se denomina NP-hard (Machado *et al.*, 2000; Olivera, 2004), donde no es posible alcanzar una solución óptima, y, dependiendo de las características especiales de clientes, locaciones y producto/servicio, requiere la elaboración de una metodología de solución específica la cual sea posible aproximarse a lo mas óptimo. Las diferentes variaciones y restricciones del problema generan una familia de VRP (Medaglia, 2005) de la que vale la pena mencionar ocho casos típicos, los cuales al compartir características pueden dar lugar a todo un universo de problemas VRP. Los principales problemas de ruteo de vehículos

Se ilustran en la Siguiente Figura y pueden ser descritos así:

GRAFICA NO 4 FAMILIA VRP



Fuente secundaria; Meta heurísticas aplicadas al ruteo de vehículos. Un caso de estudio. Parte 1: formulación del problema, Guillermo González Vargas y Felipe González Aristizábal. 2.005

- **CVRP**

(Capacited VRP), es el VRP más general y consiste en uno o varios vehículos con capacidad limitada y constante encargados de distribuir los productos según la demanda de los clientes (Olivera, 2004; Lee *et al.*, 2002). Este problema ha sido resuelto mediante búsqueda Tabú (Olivera, 2004; Rego, s/f), algoritmos genéticos (Machado *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2003 (a); Olivera, 2004), algoritmos de colonias de hormigas (Olivera, 2004), *Constraint programming* (Shaw, 1998) y algoritmos híbridos de recocido simulado y algoritmos genéticos (Wendt y König, s/f).

- **MDVRP**

(Multi-Depot VRP), o VRP con múltiples depósitos es un caso de ruteo de vehículos en el que existen varios depósitos (cada uno con una flota de

vehículos independiente) que deben servir a todos los clientes, caso resuelto por Tansini *et al.*, (s/f) mediante técnicas de cluster first . routen second.

- **PVRP**

(Period VRP), contempla en su planteamiento un horizonte de operación de M días, periodo durante el cual cada cliente debe ser visitado una vez, problema propuesto por Francis *et al.*, (2004) y resuelto por los mismos autores mediante relajación lagrangiana.

- **SDVRP**

(Split Delivery VRP), o VRP de entrega dividida, donde se permite que un cliente pueda ser atendido por varios vehículos si el costo total se reduce, lo cual es importante si el tamaño de los pedidos excede la capacidad de un vehículo, (Lee *et al.*, 2002; Archetti *et al.*, 2001), resuelto en 2002 por Lee *et al.*

- **SVRP**

(Stochastic VRP), se trata de un VRP en que uno o varios componentes son aleatorios; clientes, demandas y tiempos estocásticos son las principales inclusiones en este tipo de problemas. El SVRP ha sido resuelto por Bianchi *et al.*, (s/f) a través de búsqueda Tabú, simulación, algoritmos de colonias de hormigas, algoritmos genéticos y otros algoritmos evolutivos.

- **VRPPD**

(VRP Pickup and Delivery), o VRP con entrega y recogida, es aquel en el que cabe la posibilidad de que los clientes pueden devolver determinados bienes, por tanto, se debe tener presente que estos quepan en el vehículo. Esta restricción hace más difícil el problema de planificación y puede causar una mala utilización de las capacidades de los vehículos, un aumento de las distancias recorridas o a un mayor número de vehículos (Volkan, 2005; Dethloff, 200; Halse, 1992; Gendreau *et.al.*, 1994; Min, 1989). Una forma de solucionar el VRPPD mediante la utilización de algoritmos genéticos fue propuesta por Volkan en 2005, quien afirma que si este problema incluye la restricción de culminar todas las entregas antes de iniciar las recogidas se da lugar a un VRP con *backhauls* o **VRPB**, variación del VRP estudiada por Charlotte y Goetschalckx (1998).

- **MFVRP**

(Mix Fleet VRP), es un VRP en el que se suponen vehículos con distintas capacidades o capacidad heterogénea, por lo que es necesario considerar

estas capacidades en la ruta que seguirá cada recurso, ya que un camión más grande podrá realizar una ruta más larga o que tenga mayor concentración de demanda, lo cual fue estudiado inicialmente por Liu y Shen (1999) y posteriormente resuelto por Barchett y Campion mediante Búsqueda Tabú en 2002.

- **VRPTW**

(VRP with Time Windows), es aquel que incluye una restricción adicional en la que se asocia a cada cliente una ventana de tiempo, es decir, cada cliente sólo está dispuesto a recibir el bien o servicio durante un intervalo de tiempo predeterminado; este tipo de problema ha sido resuelto por diferentes autores, entre los que vale la pena mencionar a Olivera (2004), quien presenta una solución mediante búsqueda Tabú, Gendreau *et al.* (1998) proponen una heurística de inserción; Olivera (2004), Vacic (2002), Bräysy (2001), Zhu (2000) y Louis *et al.* (1999) lo resuelven con algoritmos genéticos y Barán y Schaerer (2003) y Gambardella *et al.*, (1999) presentan una propuesta a través de algoritmos de colonia de Hormigas.

4.7. Modelo Económico Rutas de Transporte

La investigación científica ha dedicado en las últimas décadas un gran esfuerzo orientado al desarrollo de técnicas que permitieran resolver modelos teóricos de transporte. Sin embargo, Yepes y Medina (2000) comprueban que la maximización de la rentabilidad de las operaciones reales de distribución debe contemplar funciones objetivo económicas basadas en los ingresos y los costos. Este mismo principio debe exigirse a los algoritmos empleados en su resolución. El éxito de una meta heurística especializada en un modelo teórico concreto, no garantiza su adecuación ante escenarios reales complejos propios de las empresas de transporte.

En la distribución real de mercancías, es habitual el empleo de flotas heterogéneas de vehículos, con características propias en costos, capacidad de carga, velocidad y jornadas de trabajo limitadas, con posibilidad de horas extraordinarias. Asimismo, la duración de los viajes depende del nivel de congestión y problemas de acceso a los clientes. Además, los vehículos pueden comenzar nuevas rutas si lo permite su jornada laboral, siendo esta la situación habitual cuando las demandas de cada cliente son importantes respecto a la capacidad de transporte del vehículo, o bien cuando se emplea poco tiempo en recorrer las distancias hacia los diversos nodos. También es

razonable acordar con los clientes bonificaciones si se rompen los horarios (rotura de servicio).

Para definir un esquema que cumpla las características anteriores aproximadas al problema real de distribución, se define un problema de rutas con flotas heterogéneas y múltiples usos con restricciones horarias blandas de servicio "Vehicle routing problema with a heterogeneous fleet of vehicles with soft time windows and with multiple use of vehicles, VRPHEMSTW".

- **Modelos de transporte**

El problema del transporte tiene que ver con la selección de rutas entre plantas de fabricación y bodegas de distribución o entre bodegas de distribución regional y puntos de distribución local. Al aplicar este método la gerencia está buscando una ruta de distribución que optimizará algún objetivo; éste puede ser la minimización del costo total del transporte o la minimización del tiempo total involucrado.

El método de transporte fue formulado por primera vez como un procedimiento especial para encontrar el programa de costo mínimo para distribuir unidades homogéneas de un producto desde varios puntos de abastecimiento (fuentes) a varios puntos de consumo (Destinos).

Entre los datos del modelo se cuenta:

- Nivel de oferta de cada fuente y la cantidad de la demanda en cada destino.
- El costo de transporte unitario de la mercancía de cada fuente a cada destino.
- Distancias entre el origen y el destino.
- Satisfacción del cliente.
- Capacidad de la flota de camiones en volumen y/o en metros cuadrados.
- Costos del mantenimiento y manutención de la flota de camiones.

4.8. SIMULACIÓN.

Es la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos.

Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann la define así: "CHINEI VAZQUEZ" "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el

comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos".

"Simular es imitar un sistema real, utilizando recursos ajenos a esa realidad; es decir implica simplificar a la realidad y parecerse lo mayormente posible a la realidad. No necesariamente se necesitan computadores y complejas fórmulas matemáticas para imitar a un sistema real; por ejemplo; imitar los sonidos onomatopéyicos de un animal, o engañar a una persona haciéndose pasar por ebria cuando no se está" según Medardo G.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN

Ya que la simulación es en muchas ocasiones una herramienta apropiada de análisis, es preciso considerar las ventajas y desventajas de su utilización:

Ventajas

1. Una vez construido, el modelo puede ser modificado de manera rápida con el fin de analizar diferentes políticas o escenarios.
2. Generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación que hacerlo directamente en el sistema real.
3. Es mucho más sencillo comprender y visualizar los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos.
4. Los métodos analíticos se desarrollan casi siempre, para sistemas relativamente sencillos donde suele hacerse un gran número de suposiciones o simplificaciones, mientras que con los modelos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con mayor detalle.
5. En algunos casos, la simulación es el único medio para lograr una solución.

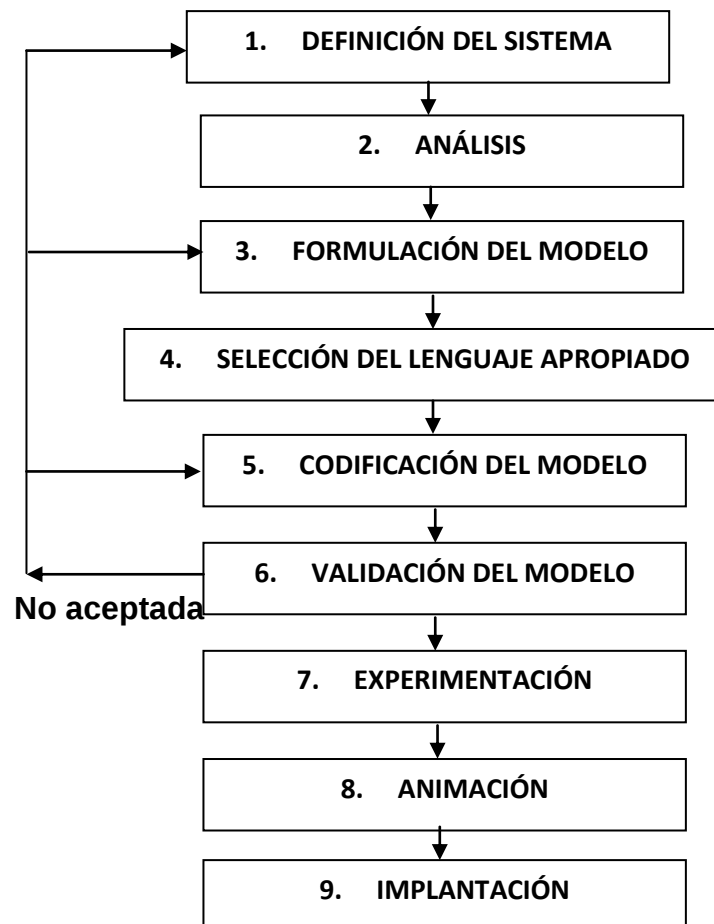
Desventajas

1. Los modelos de simulación en una computadora son costosos y requieren mucho tiempo para desarrollarse y validarse.
2. Se requiere gran cantidad de corridas computacionales para encontrar "soluciones óptimas", lo cual repercute en altos costos.
3. Es difícil adoptar los modelos de simulación.
4. Los modelos de simulación no dan soluciones óptimas.
5. La solución de un modelo de simulación puede dar al analista un falso sentido de seguridad.

4.8.1. PROCESO DE DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN.

La metodología para la creación y desarrollo se puede resumir en el siguiente diagrama de flujo, mostrado en la figura No 4, la cual incluye los siguientes pasos:

GRÁFICA No 5 PROCESO DE DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN.



FUENTE: simulación con Promodel. Casos de producción y logística / 2 edición. Escrito por: blanco Rivero, Luis Ernesto Fajardo

4.8.1.1. Definición del sistema. Cada estudio debe comenzar con una descripción del problema o del sistema. Si la descripción es dada por nosotros los tomadores de decisiones, el analista debe asegurarse que se encuentre completa. Es decir, que exista una correcta identificación del objetivo, de las variables de decisión, las restricciones, la medida de efectividad y las variables no controlables y su comportamiento estadístico.

4.8.1.2. Análisis del sistema. Deben describirse las interacciones lógicas entre las variables de decisión, de tal suerte que se optimice la medida de efectividad en función de las variables no controlables, sin olvidar las restricciones del sistema. Con el fin de analizarla, es indispensable definir algunos términos. El estado de un sistema es el conjunto de variables que definen a este en cualquier instante. Un evento representa un acontecimiento instantáneo que modifica el estado del sistema. Una actividad representa el tiempo requerido para llevar a cabo una operación. Una entidad es cualquier objeto dentro de él, esta puede ser estática o dinámica, en este último caso se denota como una transacción y su principal característica es su movimiento a través de las entidades estáticas del sistema. Las entidades contienen propiedades llamadas atributos que permiten crear diferencias entre ellas.

4.8.1.3. Formulación del modelo. Consiste en generar un código lógico-matemático que defina en forma exacta las interacciones entre las variables; debe ser una definición sencilla pero completa del sistema. Al generar las interacciones es importante tener en cuenta que se va a llevar a cabo a través del tiempo y que el uso de listas o cadenas de eventos darán la pauta en el manejo de las variables. Una lista es un arreglo en el que se van ordenando las transacciones de acuerdo con la secuenciación de eventos en el tiempo. Existen dos tipos de listas, las llamadas de eventos futuros donde la secuencia depende del tiempo de ocurrencia del evento, y las de eventos actuales cuya secuenciación depende de la ocurrencia de otro evento.

4.8.1.4. Selección del lenguaje. De la selección del lenguaje dependerá el tiempo de desarrollo del modelo de simulación, es importante utilizar el lenguaje que mejor se adecuó a las necesidades de simulación que se requieran.

4.8.1.5. Codificación del modelo. Consiste en generar las instrucciones o código computacional necesario para lograr que el modelo pueda ser ejecutado en algún tipo de computadora. La duración de este proceso está directamente relacionada con la selección del lenguaje.

4.8.1.6. Validación del modelo. Es el proceso que tiene como objetivo determinar la habilidad que tiene un modelo para representar la realidad. La validación se lleva a cabo mediante la comparación estadística entre los resultados del modelo y los resultados reales.

4.8.1.7. Experimentación. En este paso se determinan las diversas alternativas que pueden ser evaluadas, seleccionando las variables de entrada

y sus diferentes niveles con la finalidad de optimizar las variables de respuesta del sistema real.

4.8.1.8. Implantación. Una vez seleccionada la mejor alternativa, es importante llevarla a la práctica; en muchas ocasiones este último paso es el más difícil ya que se tiene que convencer a la alta dirección y al personal de las ventajas de esta puesta en marcha. Para esto se recomienda llevar a cabo un proceso de animación que permita visualizar el comportamiento de las variables en el sistema.

4.8.1.9. Monitoreo y control. No hay que olvidar que los sistemas son dinámicos y con el transcurso del tiempo es necesario modificar el modelo de simulación, ante los nuevos cambios del sistema real, con el fin de llevar a cabo actualizaciones periódicas que permitan que el modelo siga siendo una representación del sistema.

4.8.2. Ventajas y desventajas del software Promodel.

Entre las ventajas que pueden llegar a presentar el programa Promodel están:

- Es muy buena herramienta para conocer el impacto de ellos cambios en los procesos sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad.
- Mejora el conocimiento del proceso actual al permitir que el analista vea cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes escenarios.
- Puede utilizarse como medio de capacitación para la toma de decisiones.
- Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.
- Permite probar varios escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que se simulen.
- En problemas de gran complejidad, la simulación permite generar una buena solución.
- Este software tiende a ser sencillo de comprender y manejar lo que facilita su aplicación.
- Gracias a las herramientas de animación que forman parte de muchos de esos paquetes es posible ver como se comportara un proceso una vez mejorado.

Entre las desventajas que pueden llegar a presentar el programa Promodel están:

- Aunque muchos paquetes de software permiten obtener el mejor escenario a partir de una combinación de variaciones posibles la simulación no es una herramienta de optimización.
- La simulación puede ser costosa cuando se quiere emplearla en problemas relativamente sencillos de resolver, en lugar de utilizar soluciones analíticas que se han desarrollado de manera específica para este tipo de casos.
- Se requiere bastante tiempo-generalmente meses – para realizar un buen estudio de simulación; por desgracia no todos los analistas tienen la disposición (o la oportunidad) de esperar ese tiempo para obtener una respuesta.
- Es preciso que el analista domine el uso del paquete de simulación y que tenga sólidos conocimientos de estadísticas para interpretar los resultados.

4.9. DISTANCIA EUCLIDIANA

La distancia expresa la proximidad o lejanía entre dos objetos, o el intervalo de tiempo que transcurre entre dos sucesos.

En matemática, la distancia entre dos puntos del espacio euclídeo equivale a la longitud del segmento de recta que los une, expresado numéricamente. En espacios más complejos, como los definidos en la geometría no euclidiana, el «camino más corto» entre dos puntos es un segmento de curva.

Se denomina distancia euclidiana entre dos puntos $A(x_1, y_1)$ y $B(x_2, y_2)$ del plano a la longitud del segmento de recta que tiene por extremos A y B . Puede calcularse así:

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

4.9.1. Limitaciones de la distancia euclidiana

Las herramientas de distancia euclidiana brindan información sobre la distancia euclidiana, o de línea recta. Es posible que no se pueda realizar un recorrido en una línea recta hasta una ubicación específica; tal vez deba evitar obstáculos como ríos o una pendiente empinada. En esos casos, se debe considerar utilizar las herramientas de Costo de distancia para lograr resultados más realistas.

4.10. ÁRBOL DE EXPANSIÓN MÍNIMA.

Dado un grafo conexo, no dirigido G . Un árbol de expansión es un árbol compuesto por todos los vértices y algunas (posiblemente todas) de las aristas

de G . Al ser creado un árbol no existirán ciclos, además debe existir una ruta entre cada par de vértices.

La importancia de los modelos de redes:

- El resultado de un problema de redes garantiza una solución entera, dada su estructura matemática. No se necesitan restricciones adicionales para obtener este tipo de solución.
- Problemas de redes pueden ser resueltos por pequeños algoritmos, no importando el tamaño del problema, dada su estructura matemática.

El árbol de expansión mínima es apropiado para problemas en los cuales la redundancia es expansiva, o el flujo a lo largo de los arcos se considera instantáneo.

El problema surge cuando todos los nodos de una red deben conectarse entre ellos sin formar un ciclo. La aplicación de estos problemas de optimización se ubica en las redes de comunicación eléctrica, telefónica, carretera, ferroviaria, aérea, marítima, hidráulica o de gas, etc. Donde los nodos representan puntos de consumo y los arcos podrían ser costos. También se le conoce como árbol de generador mínimo, es una red conexa y ponderada que se refiere a utilizar los arcos de la red para llegar a todos los nodos de esta, de manera tal que mínima la longitud total.

4.10.1. ALGORÍTMO.

1. Comience seleccionando el arco de menor longitud o costo en la matriz a trabajar.
2. En cada iteración agregue el siguiente arco de menor longitud del conjunto de arcos disponibles, teniendo la precaución de no formar ningún ciclo.
3. El algoritmo finalizará cuando todos los nodos estén conectados. Si N = número de nodos entonces la solución óptima debe incluir $N-1$ arcos.

Sea $G = (V, A)$ un grafo conectado y ponderado, un árbol de expansión de G se define como un árbol que conecta todos los vértices V . el costo del árbol se obtiene a partir de la suma de las aristas incluidas en el. Un árbol de expansión mínima es aquel que ofrece el árbol de menor costo de entre todos los arboles posibles para G .

Los arboles de expansión mínima poseen una propiedad indispensable para la construcción de los mismos. Esta propiedad establece que si $G = (V, A)$ es un grafo conectado U es un subconjunto propio de vértices V , (u, v) es una arista

de costo mínimo tal que $u \in U$ y $v \in V - U$. entonces existe un árbol abarcador de costo mínimo que incluye a (u, v) entre sus aristas.

La aplicación más común del árbol expansión mínima es para el diseño de rutas de transporte. Por ejemplo, los vértices pueden representar clientes y las aristas las vías o carretas de comunicación entre estas. El peso de cada arista representa el costo de viajar entre dos clientes, por lo tanto el árbol de expansión mínima representa la ruta más económica para recorrer todos los clientes de la red.

4.11. GOOGLE MAPS

4.11.1. Definición.

Google Maps (conocido al principio como Google Local) es el nombre de un servicio gratuito de Google. Es un servidor de aplicaciones de mapas en Web. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos de satélite del mundo entero e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones.

4.11.2. Historia.

Fue anunciado por primera vez en Google Blog el 8 de febrero del 2005. Originalmente soportaría solo a los usuarios de Internet Explorer y Mozilla Firefox, el soporte para Opera y Safari fue agregado el 25 de febrero del 2005. El software estuvo en su fase beta durante 6 meses antes de convertirse en parte de Google Local, el 6 de octubre del 2005.

Como en otras aplicaciones Web de Google, se usa un gran número de archivos de Javascript para crear Google Maps. Como el usuario puede mover el mapa, la visualización del mismo se baja desde el servidor. Cuando un usuario busca un negocio, la ubicación es marcada por un indicador en forma de pin, es una imagen PNG transparente sobre el mapa. Para lograr la conectividad sin sincronía con el servidor, Google utilizó AJAX dentro de esta aplicación.

En abril del 2005, Google añadió un Ride Finder (en español, Ubicador de Vehículo), en el cual una persona puede ubicar un taxi o un transporte público en una gran ciudad en tiempo real. La persona debe hacer click en la barra de Update Position (en español, Actualizar Posición) para encontrar la nueva ubicación del vehículo en cada momento. En junio del 2005, los mapas de carreteras de los Estados Unidos, Puerto Rico, Canadá y el Reino Unido fueron integrados a Google Maps. A mediados de julio del 2005, Google comienza la versión japonesa de Google Maps y Google Local.

En abril del 2005, se crea una vista alternativa a la que se mostraba por el satélite. El mayor responsable de que Google Maps sea una realidad es el

QuickBird, un satélite comercial de teledetección. En junio del 2005, las imágenes de alta resolución (o a la máxima ampliación), ya estaban disponible para la mayoría de países como: Canadá y Estados Unidos (incluyendo los estados de Hawái y Alaska). Además se tienen de otros países en forma parcial como Francia, Irlanda, Italia, Irak, Japón, Bahamas, Kuwait, México, Holanda, etc. Sin embargo, algunas áreas fueron oscurecidas por motivos de seguridad nacional, como el Capitolio, la Casa Blanca y el área 51. Para el resto del planeta las imágenes se encuentran disponible en baja resolución, excepto para los polos. No todas las fotos mostradas son de satélites, algunas son de ciudades tomadas por aviones que vuelan a bastante altura (sobre los 10.000 metros). Este es el caso de Canarias, donde las fotos que se muestran son propiedad de GrafCan. La información contenida en los mapas mostrados es proveía principalmente por la empresa Navteq, que es considerada en estos momentos la mejor del sector debido a la veracidad de sus datos, y la frecuencia con la que son actualizados sus datos. En el caso de Canarias los datos actuales provienen de la empresa TeleAtlas. El 22 de julio del 2005, Google lanza una vista dual de su Google Maps. Esta vista combina la vista de satélite con mapas ilustrados y los nombres de calles en las imágenes del mundo real. Esto hace más fácil encontrar rutas entre dos puntos. FUENTE: GMOR: Google Maps para la Optimización de Rutas, autor; Ayoze Nicolas Fumero Alfonso 2.005

4.11.3. Funcionamiento de google maps

```

    Para todo vértice 'u'
1      d[u] <- infinito
2      padre[u] <- nulo
3      completo[u] <- falso
4  Mientras haya un vértice no completado
5      Obtener el vértice 'u' de d[u] mínimo y que no haya
6  sido completado
7      Para todo vértice no completado 'v' que pertenece a
8  Adj[u]
9          Si d[v]>d[u]+w[u][v]
10             d[v] <- d[u]+w[u][v]
11             padre[v] <- u
             completo[u] <- verdadero

```

La complejidad de este algoritmo radica en la implementación de los pasos 5 y 6. La forma más eficiente de hacerlo en el lenguaje de programación C++ es utilizando colas de prioridad. Con ello, la complejidad del algoritmo es

$O(|E|+|V|\log(|V|))$ (ver **O grande**), donde $|E|$ es el número de aristas y $|V|$ el de vértices.

En la STL (standard Template Library) se encuentra una implementación de colas de prioridad, para ello se debe incluir la librería (cola) en el código fuente. Como se quiere obtener primero los elementos de menor $d[u]$, diremos que la prioridad de cada elemento es $-d[u]$. Asumiendo que se tiene N vértices numerados de 0 a $N-1$ y que los valores $d[i]$ no desborden el tipo de dato `int`, en las variables globales serían las siguientes:

```
const int INF=(1<<30)-1+(1<<30)
1  int
2  N,d[MAXSIZE],padre[MAXSIZE],completo[MAXSIZE],w[MAXSIZE]
3  ][MAXSIZE];
4  vector<int> Adj[MAXSIZE];
   priority_queue<pair<int,int> > Q;
```

Finalmente, la función **DIJKSTRA**, la cual recibe como parámetros la fuente y un vértice de destino (caso el objetivo sea calcular la mínima distancia hasta un determinado vértice), sería la siguiente:

```
1  int DIJKSTRA(int fuente,int destino) {
2      for(int i=0;i<N;i++) {
3          d[i]=INF;
4          completo[i]=0;
5          padre[i]=-1;
6      }
7      d[fuente]=0;
8      Q.push(make_pair(d[fuente],fuente));
9      while(!Q.empty()) {
10         int u=Q.top().second,v;
11         Q.pop();
12         if(u==destino)
13             return d[u];
14         if(!completo[u]) {
15             completo[u]=1;
16             for(int i=0;i<Adj[u].size();i++) {
17                 v=Adj[u][i];
18                 if(!completo[v] && d[v]>d[u]+w[u][v])
```

```

19  {
20      d[v]=d[u]+w[u][v];
21      padre[v]=u;
22      Q.push(make_pair(-d[v],v));
23  }
24  }
25  }
26  }
27  return INF;
    }

```

4.12. El método “de barrido”

el diseño de rutas de vehículos es lo suficientemente sencillo como para realizar cálculos manuales, incluso en problemas de gran tamaño. Cuando se programa en el software de la computadora, este método resuelve los problemas rápido, sin requerir enormes cantidades de memoria. Para cierto tipo de problemas, la precisión se proyecta para producir una tasa de error promedio de aproximadamente 10%.

La desventaja del método tiene que ver con la manera en la que se forman las rutas. El proceso tiene dos etapas: primero, las paradas se asignan a los vehículos, luego se determina la secuencia de las paradas dentro de las rutas. Dado este proceso de dos etapas, el tema de sincronización, como el tiempo total empleado en una ruta y el permiso de momento oportuno, no están bien manejados.

El método “de barrido” tiene la posibilidad de dar muy buenas soluciones cuando:

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

El método “de barrido” puede describirse como sigue:

- Localizar todas las paradas, incluyendo el depósito, sobre un mapa o cuadrícula.
- Trazar una línea recta desde el depósito en cualquier dirección. Girar la línea en el sentido contrario de las manecillas del reloj, o en sentido de las mismas, hasta que intercepte una parada. Hacer la pregunta: si la

parada interceptada está incluida en la ruta, ¿se excederá la capacidad del vehículo? Si la respuesta es no, se procede con la rotación de la línea hasta interceptar la siguiente parada. Hacer la pregunta: ¿excederá la capacidad del vehículo el volumen acumulado? Se usan camiones más grandes primeros. 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 hasta que todos los puntos se hayan asignado a las rutas.

- Dentro de cada ruta se efectúa una secuencia de las paradas para minimizar la distancia.

4.13. Amortizaciones.

Amortización es el proceso financiero mediante el cual una deuda u obligación y los intereses que generan, se extinguen progresivamente por medio de pagos periódicos o servicios parciales, que pueden iniciarse conjuntamente con la percepción del stock de efectivo recibido (flujos anticipados), al vencimiento de cada período de pago (flujos vencidos), o después de cierto plazo pactado originalmente (flujos diferidos), de cada pago, cuota u servicio, una parte se aplica a cubrir el interés generado por la deuda y el resto a disminuir el saldo insoluto. Se infiere que si el pago parcial efectuado es tan pequeño que no puede cubrir ni siquiera el interés generado por el saldo absoluto, entonces la diferencia no cubierta es capitalizada.

A partir del día siguiente al vencimiento de cada cuota, si ésta no hubiese sido amortizada completamente, la parte no amortizada de ella, entrará en mora generando diariamente un interés de mora, independientemente del interés de compensatorio que genera el saldo insoluto.

Cuando un préstamo está en mora, cada pago, hasta donde alcance, debe aplicarse para cancelar la deuda en el siguiente orden:

- Interés de mora.
- Interés compensatorio.
- Principal vencido.

Si quedase algún remanente, la diferencia será aplicada para cubrir:

- Intereses no vencidos pero devengados hasta la fecha del pago.
- Principal por vencer.

Contablemente, amortizar es el proceso que consiste en disminuir el valor de un activo, cargando este importe a gastos.

Los problemas de amortización involucran:

- El impone de los pagos periódicos que pueden ser uniformes o irregulares.
- El número de pagos cuyos plazos pueden ser uniforme o irregulares.
- La tasa de interés que puede ser fija, variable o implícita.
- La formulación de las tablas de amortización conocidas también como cuadros de servicios de la deuda o de reembolsos de préstamos.

Conjuntamente con el desembolso inicial del préstamo, cuando éste se otorga en partes, o con su desembolso total, se emite una tabla referencial de reembolso, llamada así porque elaboración supone:

- La variabilidad de la tasa de interés durante todo el plazo del crédito.
- La cancelación de las cuotas exactamente el día de su vencimiento.
- El desembolso del crédito en una única armada.

El cuadro de amortización nos permite visualizar el comportamiento de los principales elementos de una operación a medida que se van efectuando los pagos.

TABLA No 3. AMORTIZACIONES.

Unidades de tiempo transcurridas	Saldo al comienzo de cada unidad de tiempo	Saldo al final de cada unidad de tiempo	Interés al final de cada unidad de tiempo	Amortización real al final de cada unidad de tiempo	Cuota
1	$S_0 = VA = t.n$	$S'_1 = S_0 \cdot (1+i)$	$I_1 = S_0 \cdot i$	$t = \frac{VA}{n}$	$c_1 = I_1 + t$
2	$S_1 = VA - 1.t$	$S'_2 = S_1 \cdot (1+i)$	$I_2 = S_1 \cdot i$	$t = \frac{VA}{n}$	$c_2 = I_2 + t$
R	$S_{r-1} = VA - (r-1).t$	$S'_r = S_{r-1} \cdot (1+i)$	$I_r = S_{r-1} \cdot i$	$t = \frac{VA}{n}$	$c_r = I_r + t$

n	$S_{n-1} = VA - \frac{VA}{n-1}t$	$S'_n = S_{n-1} \cdot (1+i)$	$I_n = S_{n-1} \cdot i$	$t = \frac{VA}{n}$	$c_n = I_n + t$
---	----------------------------------	------------------------------	-------------------------	--------------------	-----------------

5. ESTADO DE ARTE

AUTOR	NOMBRE DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	CONCLUSIÓN	APORTE DEL ARTÍCULO
Herrera O. Óscar J, Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad Distrital. Investigador de la Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, 11 Mayo 2008.	ESTABLISHMENT OF THE RUTE MODEL WITH SEVERAL SOURCES WITH LOAD ALLOCATION.	Consiste en el diseño para el establecimiento de un modelo que conjuga el diseño de rutas de distribución a varios clientes de un sistema, utilizando varias fuentes del sistema	La asignación de carga o cantidades a transportar de cada uno de estos a los diferentes clientes de manera que se reduzcan los costos al máximo. Se determinan su desarrollo mediante un ejercicio aplicativo dentro de un sistema nodal en una cadena de abastecimiento definida.	Esto se hace con el fin de mostrar la forma de uso y los resultados que arrojó dicho modelo un entorno típico de su aplicación (en las PYMES)
Ing. Eduardo Roldan Reyes, M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez, Dr Alberto Alfonso Aguilar Lasserre; Instituto Tecnológico de Orizaba Departamento de Ing. Administrativa, Orizaba, Veracruz, México. 2.007.	OPTIMIZACION DE LAS RUTAS DE REPARTO DE HELADO DE LA EMPRESA FRICONGELADOS CITLALTEPETL	Este artículo muestra la utilización de la simulación como una herramienta para el mejoramiento de la logística en la empresa Fricongelados Citlaltépetl. Realizaron un modelo representativo del sistema real de reparto del helado, y a partir de este modelo se realizó otro con las mejoras propuestas para optimizar la entrega del producto y con ello incrementar la productividad de la distribuidora.	Los resultados de este estudio demuestran los beneficios obtenidos en una distribuidora de helados, mediante la aplicación de la simulación y del algoritmo del agente viajero. Sin embargo, este tipo de análisis puede ser llevado a cabo en otro tipo de distribuidoras para también obtener beneficios similares.	Este articulo apporto mucho en la etapa de la simulación y como debíamos realizar el modelo, ya que son problemas (distribución física) semejantes, además de cómo debíamos aplicar el software PROMODEL para el desarrollo del modelo.
Paula Zabala, departamento de computación facultad de ciencias exactas y naturales universidad de Buenos Aires, Agosto de 2006	PROBLEMAS DE RUTEO DE VEHICULOS	El objetivo de esta tesis es abordar la resolución del Problema del Repartidor utilizando modelos de programación lineal entera binaria.	El Problema del Repartidor, PR , consiste en encontrar un camino que recorra un conjunto de clientes, comenzando en un punto dado, minimizando la suma de los tiempos de espera de estos clientes	Los algoritmos Branch-and-Cut son la herramienta más efectiva que se conoce para resolver un modelo de programación lineal entera

AUTOR	NOMBRE DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	CONCLUSIÓN	APORTE DEL ARTÍCULO
Dr. Eduardo A. RODRÍGUEZ TELLO CINVESTAV-Tamaulipas 25 de febrero del 2010	ALGORÍTMO DE BARRIDO DEL PLANO (PLANE SWEEP).	Muestra como se debe de llevar a cabo paso a paso esta metodología de barrido de plano y enseña ejemplos gráficos para así ilustrar mejor el algoritmo.	Este artículo muestra como se debe de llevar a cabo la metodología de barrido del plano y como se debe de agrupar puntos (ciudades, locaciones, empresas, etc.) cercanos entre ellos.	El aporte de este artículo a nuestro trabajo de grado fue importante ya que nos ayudo de cómo debíamos de agrupar los clientes (locations) de la empresa recicladora alianza LTDA, para así crear las lagrimas
Manuel Estrada, Universidad Autónoma de México, 2,007	EFFICIENT STRATEGIES ANALYSIS LOGISTICS DISTRIBUTION OF PARCEL	Mostró diferentes estrategias que minimizan los costos que se incurren en el transporte de mercancías en las PYMES	Las operaciones de transporte y la distribución de los productos representan unos costes significativos para este tipo de empresas (PYMES) y en muchos casos las redes propias de transporte son demasiadas rígidas a las variaciones de la demanda producidas por el mercado	Estrategias que nos servirán de gran ayuda para la toma de decisiones del sistema de transporte en la empresa recicladora alianza Ltda.
Bernal García, Juan Jesús, Martínez María - Dolore. Dpto. de métodos cuantitativos e informáticos. Universidad politécnica de Cartagena, 2,005	NETWORK OPTIMIZATION MODELSING SPREADSHEET	Aplicación de modelos de programación lineal junto a las hojas de calculo, en modelos de transporte en las PYMES	Los modelos de programación lineal son un instrumento eficaz de planificación estratégica, lo cual unido a las gran difusión de las hojas del calculo y la herramienta "Solver" en ellas incluida, ha hecho posible su aplicación a modelos de optimización (transporte), facilitando así su utilización por las PYMES	Como elegir la ruta optima para que los costes de transporte involucrados sean mínimos (modelo de costeo mínimo)

AUTOR	NOMBRE DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	CONCLUSIÓN	APORTE DEL ARTÍCULO
Heathershar, Michael Anderson, Greg Hams, Bernard Schroer, Universidad de Alabama en Huntsville, 2,005	MODIFIED METHOD FOR OPTIMIZING TRANSPORT POLICY PACKAGES BY USING STRATEGIC TRANSPORT MODELS.	Evaluar los paquetes de políticas que optimizan el flujo de transporte	Desarrollaron un método abreviado para buscar el paquete de transporte óptimo basado en un número limitado de corridas del modelo. Junto con una ecuación de regresión lineal entre la variable de evaluación y las variables de la política	Al aumentar el número de políticas, la verificación del paquete de estas mediante la simulación se convierte impracticable por la gran cantidad de combinaciones de la política
Zona Logística, Edición 2,009. www.zonalogistica.com	HERRAMIENTAS LOGÍSTICAS	Mostrar y enseñar como llevar a cabo un proceso para determinar los costes que se incurren en el transporte de mercancías.	Establecer teóricamente once conceptos de costes para la formulación y evaluación del proyecto de operación de un equipo en una ruta específica, con las características de las rutas colombianas (45% en pendiente y 55% en terreno plano, en carretera pavimentada)	Servir de parámetro para establecer los costes de transporte que se incurren en la recolección y distribución del material reciclado en la empresa Recicladora Alianza Ltda.
Miguel Ángel Barrientos Martínez Geógrafo PUCV Septiembre de 2007	NETWORK ANALYST, REDES DE TRANSPORTE	Mostrar alternativas de cómo realizar y determinar rutas de transporte; distancia euclidiana y distancia planimetría	Desarrollaron dos métodos para determinar distancias de transporte por carretera y seleccionaron la más corta (distancia euclidiana)	Este artículo nos sirvió para como determinar rutas de transporte entre dos nodos las cuales fueron distancia euclidiana y distancia planimetría (google maps)

6. METODOLOGÍA

La metodología que se desarrolló en este trabajo, para la elaboración del paso a paso de la política de transporte en la empresa recicladora alianza Ltda., fue desarrollada en 4 etapas que se describen a continuación:

- Etapa 1 diagnóstico de la situación actual.
- Etapa 2 determinación de distancia recorrida en rutas.
- Etapa 3 desarrollo del modelo.
- Etapa 4 análisis de los resultados obtenidos.

ETAPA 1: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para lo anterior, se necesitó llevar a cabo las siguientes sub etapas:

Sub etapa 1: Descripción de la empresa

Se realizó un diagnóstico de la situación actual, describiendo la razón de ser de la empresa verificando: la distribución de material reciclado y otros componentes.

Sub etapa 2: Recolección de información

Debido a las deficiencias que presentaba la empresa en la información, fue necesario realizar un seguimiento de 1 año, para recolectar la información, mes a mes, acerca de cantidad vendida, frecuencia de entrega de pedidos a clientes, jerarquización de clientes y tiempo demandado para recolección. Se realizaron acompañamientos en los recorridos rutinarios para la distribución de material, con el fin de analizar la forma y las rutas escogidas para realizar la distribución. Se realizó toma de tiempos en el embalaje del material una vez es recibido del proveedor para entregárselo al cliente, con el objeto de tener en cuenta los tiempos de alistamiento del material. De igual forma, se realizó toma de tiempos en los recorridos y registro de la velocidad promedio con la que el vehículo normalmente trabajaba.

Sub etapa 3: Determinación de costos

La empresa, suministró información referente a los costos totales de forma mensual. Se realizó un análisis para determinar los costos que más incurrían

en los costos totales de la empresa. Una vez se hallaron, se segregaron bajo concepto de costos de transporte construyendo una matriz de costos.

ETAPA 2: DETERMINACIÓN DE LAS DISTANCIAS RECORRIDAS ACTUALMENTE POR LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA.

Se cuantificó por medio de un trabajo en campo, la distancia recorrida por la flota hacia los clientes durante 4 meses, se tomaron muestras de tiempos hacia cada uno de los clientes y la velocidad utilizada en la flota, estableciendo el promedio de estos dos parámetros. Con base en esta información se determinó la distancia total recorrida actualmente por la flota de la empresa recicladora Alianza Ltda.

ETAPA 3: DESARROLLO DEL MODELO

Sub etapa 1: Desarrollo del método de reducción de distancia recorrida

En esta etapa se desarrollaron modelos cuantitativos para la mejora del sistema de ruteo y encontrar el recorrido con la menor distancia posible y por lo tanto el menor costo. Debido a la situación del problema, realizamos una combinación de métodos para desarrollar el recorrido con la menor distancia posible, tales como, el algoritmo de la ruta más corta, el método del árbol de expansión mínima, el vecino más próximo y método de barrido.

Sub etapa 2: Selección del método a desarrollar por la política.

En esta sub etapa se analizaron diferentes métodos ingenieriles aprendidos como; Árbol de expansión mínima, el vecino más cercano, la ruta más corta y el método de barrido. Estos métodos se aplicaron para poder desarrollar la política de distribución de material reciclado de la empresa recicladora alianza Ltda. y se realizó la combinación para encontrar la distancia mínima en los recorridos.

Sub etapa 3: Formulación y el desarrollo del modelo de simulación

Se implementó los resultados obtenidos de las sub-etapas anteriores, en el software Promodel para ser simulada la ruta propuesta y verificar la reducción de costos de transporte. Para la realización del modelo fue necesario implementar los siguientes pasos:

- Paso 1: Formular y determinar los componentes del sistema a simular:
En este paso se definió; sistema, nombre de la simulación, objetivo de

la simulación, locaciones, arrivals, distribución de los datos, entidades, recursos, y paths Networks.

- Paso 2: Simular el sistema de distribución de material reciclable de la empresa recicladora alianza Ltda: En esta etapa se colocó a correr el modelo, y se plantearon 3 escenarios en los cuales se presentaron varias opciones para establecer la opción que genere los menores costos para empresa.

ETAPA 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Se analizó los resultados obtenidos por el modelo y se realizaron las propuestas de mejoramiento.

7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

7.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El análisis de la situación actual, fue dividido en 3 sub etapas: La primera descripción de la empresa, la segunda, recolección de la información y la tercera determinación de costos.

7.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Recicladora alianza está dedicada a la recolección, clasificación, embalaje y distribución de productos, subproductos y residuos industriales destinados a la reutilización y transformación en el sector manufacturero.

La empresa realiza sus operaciones logísticas de transporte mediante la entrega de material reciclable con base al movimiento del mercado a nivel operativo, es decir, la empresa programa las rutas de recolección y entrega de acuerdo a su día a día y a la demanda que ésta genere. No cuentan con programación de rutas, planeación y programación de la capacidad del transporte. El sistema logístico actualmente cuenta con las siguientes restricciones:

TABLA NO. 3 RESTRICCIONES DE TRANSPORTE PARA LA EMPRESA ALIANZA LTDA.

Concepto	Descripción
Capacidad del transporte	Cuenta con 12.122 m3. Donde para pacas grandes de 300- 350 kg, tienen un promedio de capacidad de 10 unidades. Para pacas pequeñas de 200 Kg, se tiene un estimado de capacidad de 16 unidades.
Tiempo	La restricción de tiempo, está basada en la duración de la jornada laboral. Deben de entregar y traer los pedidos planeados para el día, con base a la duración de ésta (9 horas, que tiene como inicio 7 am y termina a las 5 pm, con paradas de 15 min a las 9am para desayuno, 1 hora para almuerzo 12 pm y 15 min a las 3pm para descanso)
Disponibilidad	La disponibilidad está dada por la mano invisible del mercado, es decir, de acuerdo a la cantidad dispuesta a recolectar a proveedores y a entregar a clientes. En ocasiones el camión no está disponible para realizar las dos actividades, debido a que ya está programado para hacer alguna de las dos.

Fuente: Información suministrada por la empresa recicladora alianza Ltda.

Cuentan con flota propia (Chevrolet cheyenne 1994), para realizar las distribuciones. Debido a las restricciones de capacidad del transporte tales como la capacidad (cuando la demanda de recolección es mayor a la capacidad del camión), y el tiempo; En situaciones combinan sus actividades logísticas de transporte con prestación de servicios de transporte cuando no pueden abastecer las órdenes de entrega con su flota o cuando los costos asociados a estas dos actividades son menores, estos prestadores de servicio son:

- ✓ Servindustriales Ltda.
- ✓ Omar López
- ✓ Camilo Fernández
- ✓ Omar Fernández
- ✓ Hebert Fernández
- ✓ Alejandro Simons
- ✓ Cesar García

Por la naturaleza del producto, es decir, el tipo de producto con el que la empresa trabaja (material reciclable), no hay una fidelidad por parte de los clientes, debido a la existencia de muchos proveedores que pueden suplir sus necesidades.

7.1.1.1. Misión

Somos una empresa dedicada a la recolección, clasificación, embalaje y distribución de productos, subproductos y residuos industriales destinados a la reutilización y transformación en el sector manufacturero, formando parte de una cadena comercial y de servicios que contribuye al mejoramiento del medio ambiente y de la calidad de vida de la población del Valle del Cauca. Desarrollamos nuestras actividades bajo estrictas condiciones de seguridad industrial y criterios de responsabilidad social, propendiendo por el bienestar de nuestros colaboradores y un retorno justo de la inversión para nuestros inversionistas.

7.1.1.2. Visión

En el año 2019, Recicladora Alianza Ltda. será una de las empresas líderes en el Occidente Colombiano en el tratamiento de materiales reutilizables utilizados como materia prima en el sector industrial, reconocida a nivel nacional por la eficiencia en sus operaciones gracias al uso de tecnología de punta y su aporte al desarrollo social, económico y medio ambiental del país.

7.1.1.3. Código CIIU.

El código CIIU de las actividades que componen a la empresa Recicladora Alianza Ltda, es el 5155 que pertenece al comercio al por mayor de desperdicios o desechos industriales y material para reciclaje.

7.1.1.4. Materiales reciclados

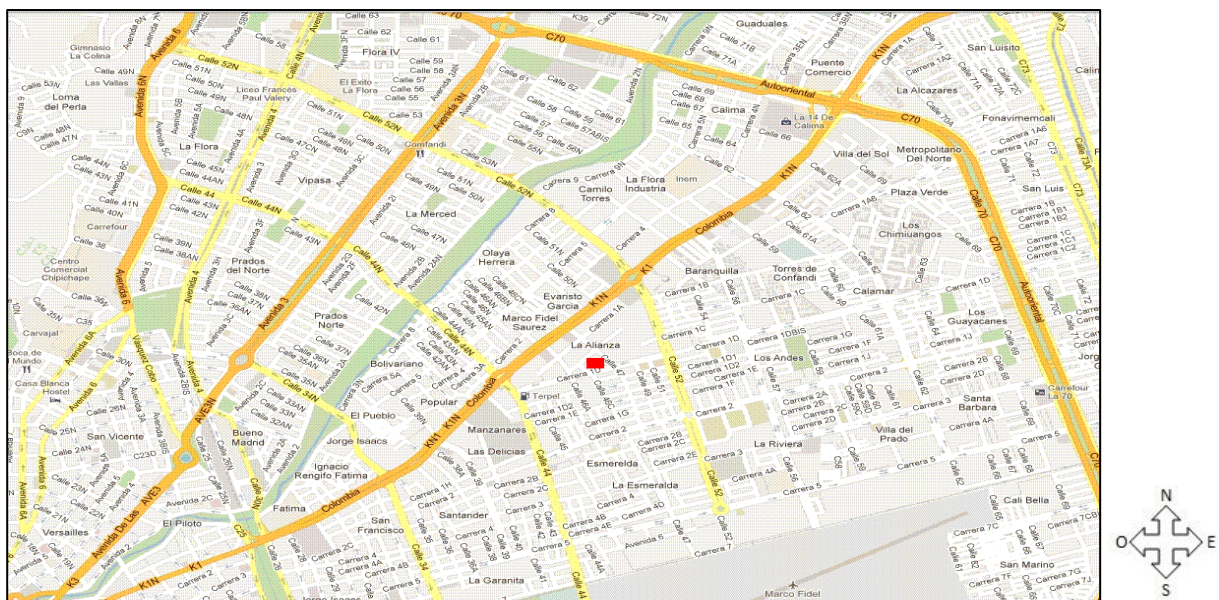
Los tipos de materiales reciclables con los que trabaja la empresa son:

- ✓ Cartón
- ✓ Archivo
- ✓ Chatarra
- ✓ Periódico
- ✓ Plástico

7.1.1.5. Ubicación y área de influencia

Pertenece al sector industrial del reciclaje. Se encuentra ubicada en la ciudad Santiago de Cali, en la dirección Cra 1D No. 46A - 127. Nace en el año 2006 por la idea de tres personas emprendedoras que contaban con una experiencia en el sector.

GRÁFICA NO 6 UBICACIÓN DE LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA.



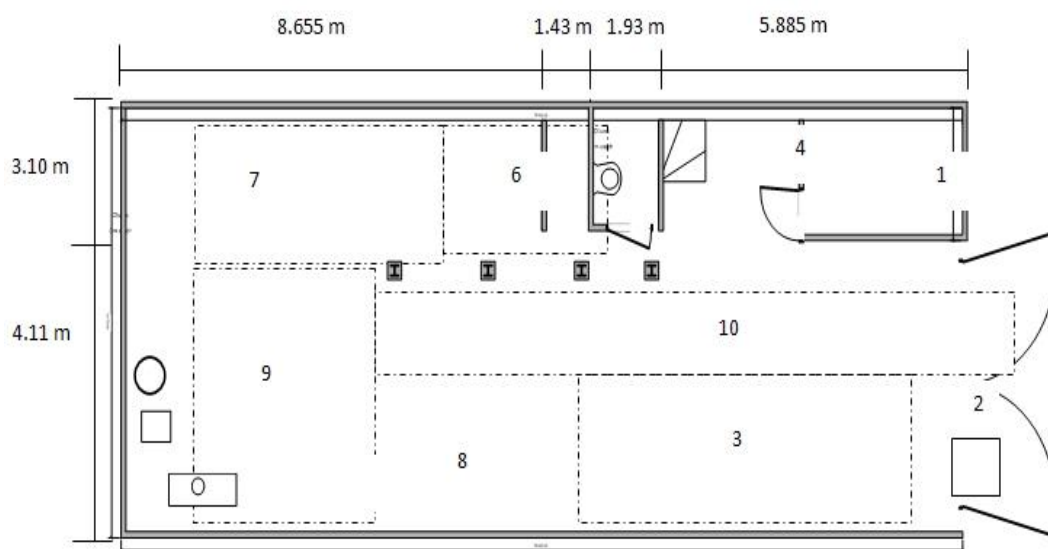
FUENTE: Información suministrada por la empresa recicladora alianza Ltda

■ Representación gráfica de la ubicación empresa recicladora alianza Ltda.
En la ciudad de Cali, valle del cauca.

7.1.1.6. Infraestructura de la Empresa Recicladora Alianza Ltda.

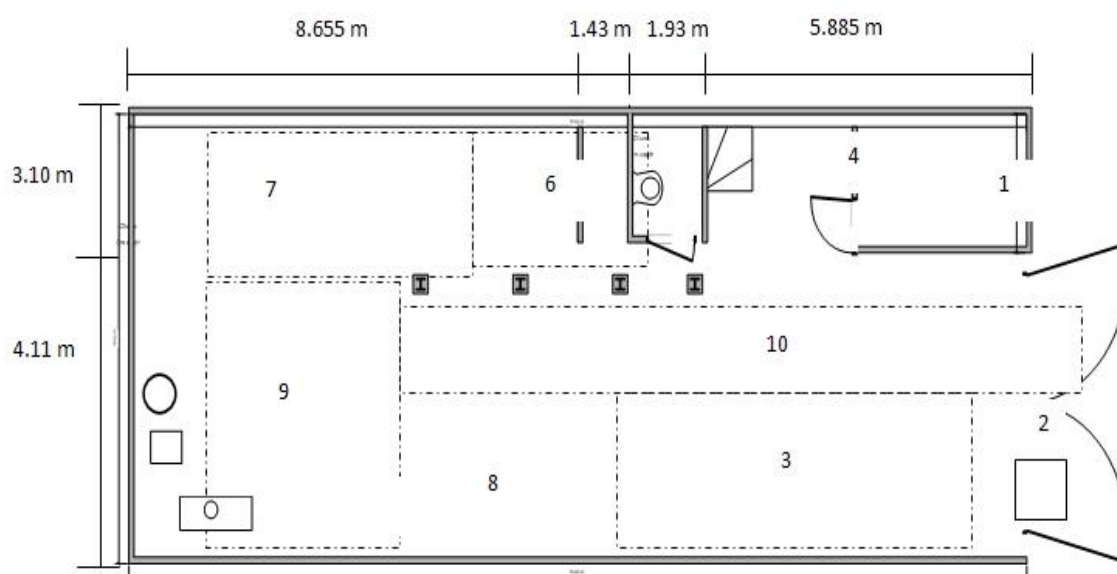
Las oficinas de la empresa se encuentran ubicadas en la bodega, donde se realizan las actividades administrativas y de operación tales como: órdenes de compra a proveedores, despachos a clientes, contabilidad, facturación, caja y toma de decisiones.

GRÁFICA NO 7 PLANO PRIMER PISO EMPRESA ALIANZA LTDA.



Fuente: recicladora alianza Ltda.

GRÁFICA NO 8 PLANO SEGUNDO PISO EMPRESA ALIANZA LTDA.



Fuente: recicladora alianza Ltda.

7.1.1.7. Operaciones de compra y envío del material reciclado.

De acuerdo a la operación de la empresa, ésta realiza la compra de material reciclado en bodega, es decir sus proveedores traen el material reciclado hasta la recicladora alianza Ltda. Luego se embala debidamente en pacas de peso según lo especificado por el cliente, y posteriormente es enviado hacia las instalaciones de los clientes.

Para la entrega de material reciclable a clientes, la empresa está sujeta a la capacidad para almacenar material una vez este ha sido embalado en su bodega el envío se activa, cuando la empresa no cuenta con capacidad para almacenar mas pacas de material reciclable, es ahí donde se llama al cliente, se coordina con él y se envía el material. La demanda de material reciclable no funciona de forma constante del cliente hacia la empresa, sino que está sujeta a la cantidad que la empresa pueda ofrecerle a los clientes.

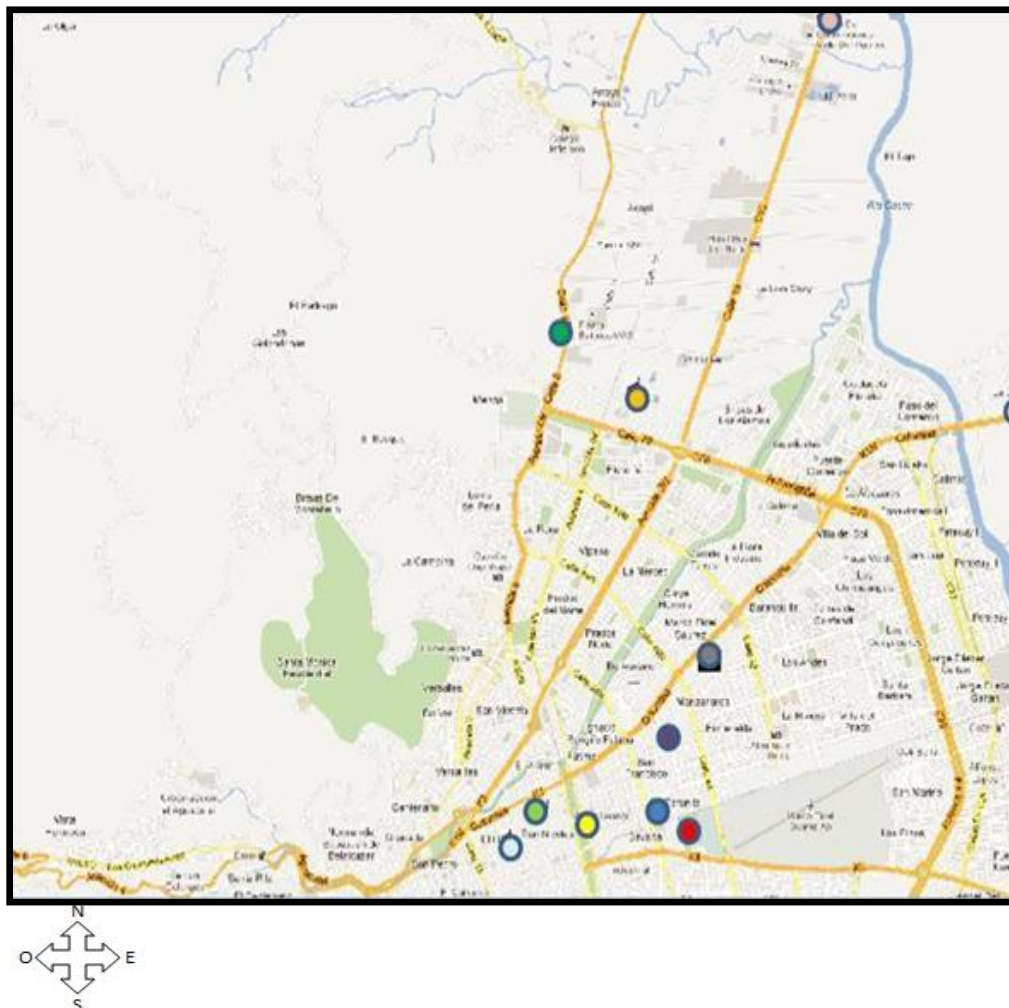
Los clientes de la recicladora alianza Ltda., son empresas dedicadas a la re manufactura del material, convierten este material reciclable en productos para el consumo y uso nuevamente.

TABLA No 4 NOMBRE DE LOS CLIENTES Y DIRECCIONES

NOMBRE DE LOS CLIENTE	DIRECCIÓN
Sidoc S.A	Calle 12a # 37-15, Yumbo valle del cauca
Colombiana tissue	Transversal 1 con carrera 1, parcelación la dolores
Eternit pacifico S.A	Carrera 7 # 26 -20, Cali valle del cauca
Depran S.A.S	Calle 10 # 36-54, Yumbo valle del cauca
Rodamiento CJR	Carrera 1 # 23-53, Cali valle del cauca
Papeles & Cartón	Calle 19 # 4 - 57, Cali - valle
Copapel	Calle 40 # 2C - 46, Cali - valle
Sonoco de Colombia Ltda	Carrera 7ma # 34 - 120, Cali-valle
Cartón de Colombia	Calle 15 # 18 - 109, Yumbo - valle
carfenix S.A	Calle 36 # 7 - 10, Cali - valle

FUENTE: Información suministrada por la empresa recicladora alianza Ltda

GRÁFICA No 9. UBICACIÓN DE LOS CLIENTES EN EL MAPA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI.



Mapa de la ciudad de Cali, valle del cauca. **FUENTE:** Recicladora Alianza Ltda

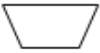
Convenciones:

●	Sonoco	●	Depoint
●	Eternit	●	Papeles y cartón
●	Carfenix	●	Colombia Tissue
●	Cartón Colombia	●	Copapel
●	Rodamientos CJR	●	Alianza
●	Sidoc		

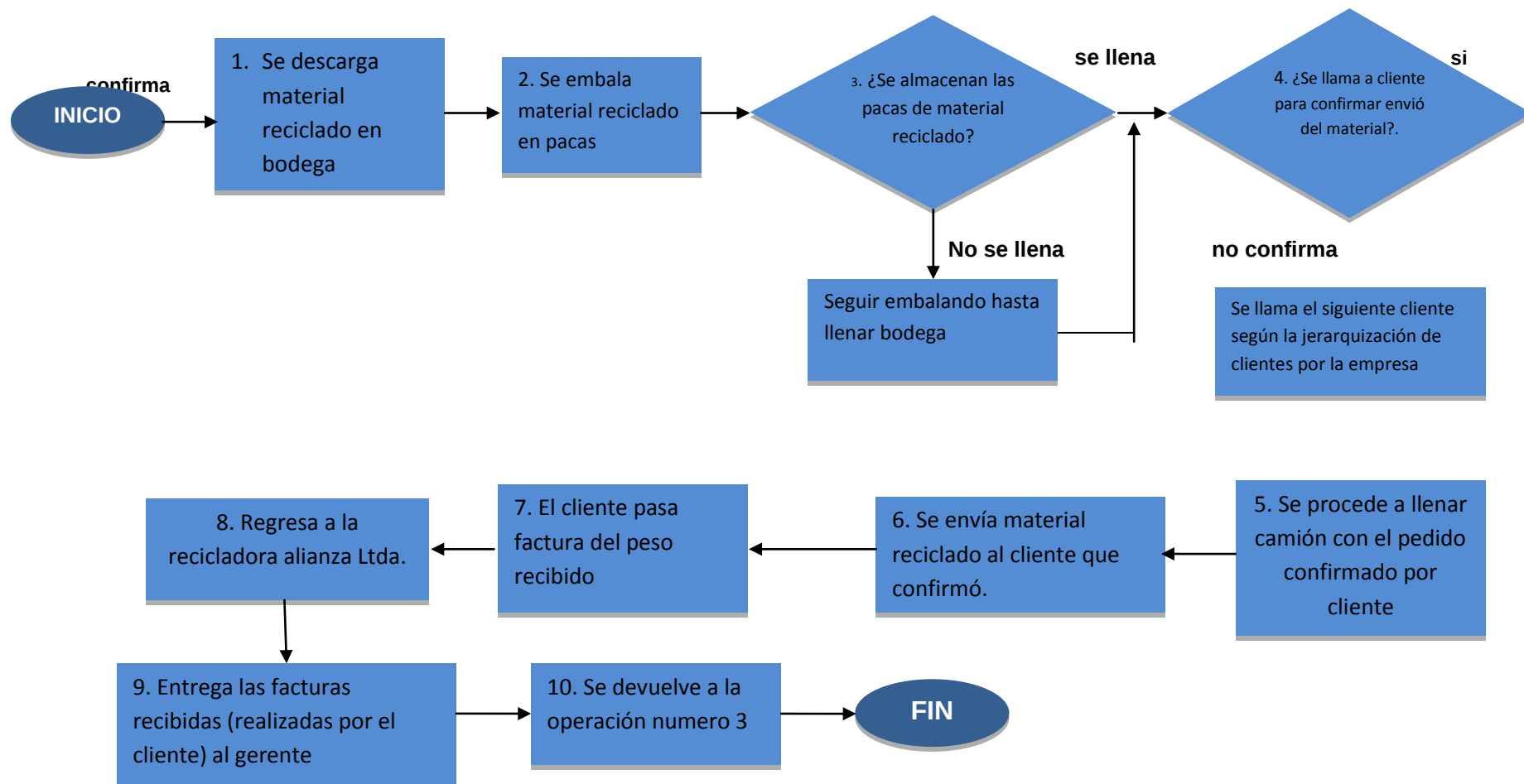
A continuación se muestra el diagrama detallado del proceso de distribución del material reciclado, como actualmente es realizado por la empresa.

- I. Se descarga el material reciclable en bodega.
- II. Se embala material por kg en pacas. El material es embalado por la maquina compresora, que funciona ejerciendo compresión dentro de una cavidad donde se deposita material que es transformado finalmente en pacas. Estas pacas pueden variar en peso, dependiendo del requerimiento del cliente con una moda de 250 Kg a 500Kg. Las pacas son finalmente amarradas con 4 zunchos de polietileno que están repartidos de forma equidistante a través de la paca. Si la bodega tiene capacidad de almacenamiento en pacas, se evalúa si se puede seguir embalando hasta completar la capacidad máxima de almacenamiento, de lo contrario, la recicladora alianza Ltda sigue recibiendo material reciclable a los proveedores.
- III. Si se cubre la capacidad máxima de bodega para pacas, se envía material a cliente.

Simbología utilizada para la realización del diagrama de flujo.

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Inicio o final de diagrama		Base de datos
	Realización de una actividad		Conexión o relación entre partes de un diagrama
	Realización de una actividad controlada		Auditoria
	Análisis de situación y toma de decisión		Indicación del flujo del proceso
	Actividad de control		Límite geográfico
	Documentación (generación, consulta etc)		

7.1.1.7.1. GRÁFICA No 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL DE DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL RECICLADO.



7.1.1.8. Proceso actual para la selección de rutas para la distribución del material reciclado

La selección de las rutas para la distribución es originada por la experiencia del conductor, quien actualmente no tiene procedimientos y rutas definidas para la entrega del material. Es decir es un proceso netamente empírico, es un problema para la recicladora alianza Ltda, ya que se generan demoras en este proceso y esto se ve reflejado en los costos y gastos. Según lo dicho por el transportista su método de selección de la ruta para la distribución del material reciclado es completamente intuitivo, el transportista nombró dos puntos que él ve fundamentales para la selección de la ruta; el primer punto es que si él ve la calle muy congestionada de vehículos pues no pasa por ahí y se desvía por otra calle, y el segundo punto que tiene en cuenta esta persona es el de los semáforos, se va por la ruta por donde menos semáforos haya, sin embargo el gerente de la recicladora alianza Ltda el señor Luis Trejos, desea definir una ruta para cada cliente y así tener más controlado el tiempo y la distancia recorrida por la flota de vehículos.

7.1.1.9. Desarrollo Tecnológico

La empresa actualmente está en un proceso de instalar nuevas tecnologías a nivel de estratégicas con asesoría externa, en donde se aplicaran estudios a las operaciones realizadas actualmente y la forma como se pueden mejorar.

7.1.1.10. Proceso de embalaje

7.1.1.10.1. Descripción del proceso productivo general

El proceso productivo de compactación de cartón en la empresa Alianza LTDA, inicia al ingresar a la bodega el cartón proveniente de los proveedores. Una vez el cartón es apilado en su almacenamiento temporal, se inicia su compactación.

El operario coloca en la compresora hojas de cartón en la parte inferior de la cavidad de la compresora para utilizarla como embalaje. Una vez hecho esto, procede a depositar cartón en la cavidad de la maquina hasta llenar. Llena la maquina, el operario prende la compresora y compacta el cartón arrojado en la cavidad de la maquina. Este proceso es repetido la veces se que se considere necesario, según los requerimientos de los clientes respecto al peso, pero en promedio se procede a hacerse 8 veces.

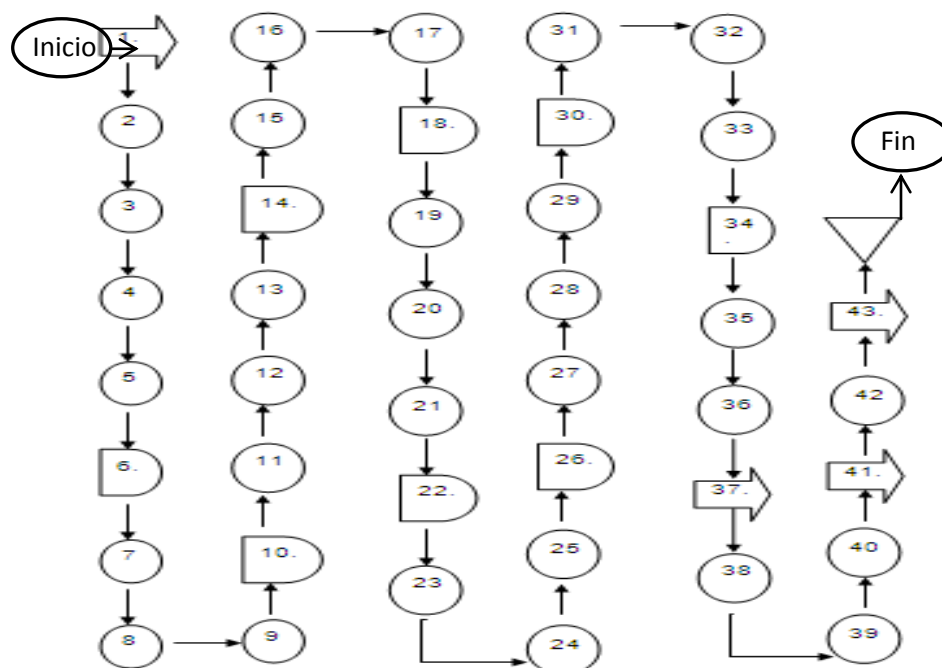
Cuando la paca (ver figura 8), ya cumple con los requerimientos en peso, se procede a embalsarse con sunchos de polietileno, donde se colocan 4 de ellos distribuidos uniformemente por la paca. La paca es llevada a su lugar de

almacenamiento. **Ver ANEXO F ejemplo de material reciclable embalado en paca.**

7.1.1.10.2. Descripción del proceso productivo detallado.

1. Trasladar tula o materia prima a lugar de compresora.
2. Abrir con bisturí la tula.
3. Colocar cartón en fondo de compresora.
4. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
5. Activar compresora.
6. Tiempo de máquina.
7. Desactivar compresora.
8. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
9. Activar compresora.
10. Tiempo de máquina.
11. Desactivar compresora.
12. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
13. Activa compresora.
14. Tiempo de máquina.
15. Desactivar compresora.
16. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
17. Activa compresora
18. Tiempo de máquina.
19. Desactivar compresora
20. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
21. Activa compresora.
22. Tiempo de máquina.
23. Desactivar compresora.
24. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
25. Activar compresora.
26. Tiempo de máquina.
27. Desactivar compresora.
28. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
29. Activa compresora.
30. Tiempo de máquina.
31. Desactivar compresora
32. Colocar materia prima en compresora, hasta llenar.
33. Activa compresora.
34. Tiempo de máquina.
35. Desactivar compresora
36. Colocar cartón encima de material comprimido de compresora.
37. Trasladarse a tomar sunchos.
38. Amarrar paca con sunchos.
39. Activar compresora y retirar paca de compresora.
40. Colocar rollo de papel y madera.
41. Trasladarse y tomar montacargas manual.
42. Acomodar paca en montacargas.
43. Trasladar paca en almacenamiento

7.1.1.10.3. Diagrama de flujo del proceso de embalaje.



7.1.1.11. Especificaciones de la flota de transporte de la Recicladora Alianza Ltda. FUENTE: Empresa Recicladora Alianza Ltda.

TABLA No 5. CAPACIDADES DE LA FLOTA DE CAMIONES DE LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA

TABLA DE CAPACIDADES DE LA FLOTA DE CAMIONES DE LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA				
PROPIETARIO	MODELO	CONFIGURACIONES	CAPACIDAD TON	CAPACIDAD EN M3
SUBCONTRATADO	2,009	DUOLIKA 5T, Motor Tipo; Cummins	3500 Kg	9.5
RECICLADORA ALIANZA Ltda.	1,987	chevrolet Chayenne 1994, Motor Tipo; Diesel	6500 Kg	20.3

FUENTE: Información suministrada por la empresa recicladora alianza LTDA.

7.1.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

En esta sub-etapa explicaremos detalladamente como se recolectó la información necesaria para llevar a cabo el modelo para la propuesta de la política de transporte.

Para la realización de la política a proponer a la recicladora alianza Ltda. Se tiene como información recolectada la jerarquía de los Clientes, frecuencia (# de veces al mes) de distribución y cantidad (Kg) de material distribuido a los clientes.

TABLA No 6. FRECUENCIA DE VISITAS A LOS CLIENTES AL MES.

TABLA DE FRECUENCIA DE VISITAS A CLIENTES (DISTRIBUCION)															
NOMBRE DEL CLIENTE	2.010			2.011											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	FRECUENCIA DE VISITAS PROMEDIO MES
Sidoc	3	4	2	5	7	6	8	6	9	7	8	6	7	6	6
Colombiana tissue	4	5	8	9	6	6	8	7	9	7	7	5	8	9	7
Eternit pacifico S.A	4	5	7	8	4	5	6	7	5	8	4	7	8	6	6
Depran S.A.S	2	3	5	4	6	1	3	3	5	2	6	4	5	7	4
Rodamiento CJR	4	2	5	7	6	4	5	3	6	8	2	5	7	6	5
Papeles & Carton	2	3	3	4	4	4	4	6	5	3	5	4	5	4	4
Copapel	3	3	4	5	6	3	5	4	6	5	7	3	3	5	4
Sonoco de Colombia Ltda	3	4	5	5	5	4	6	3	5	4	6	5	7	6	5
Carton de Colombia	2	3	3	4	5	2	3	5	4	5	4	6	2	4	4
carfenix S.A	3	4	4	4	6	3	5	3	5	5	7	4	6	5	5

FUENTE: AUTORES

Estos datos fueron recolectados en la recicladora alianza Ltda., se hizo un seguimiento los primeros 5 meses hasta febrero del año 2.011. Se llenaba una hoja de datos donde correspondían las visitas realizadas hacia los clientes, al final de mes lo unificábamos y entregábamos el reporte al gerente. A partir del sexto mes que corresponde a marzo del año 2011 esta responsabilidad fue asignada al auxiliar de transporte, a quien se le hizo su respectiva inducción, él

se encargó de llenar las hojas de datos que se le entregaban cada vez que visitaban a un cliente, al final de mes entregaba un reporte al gerente indicando cuantas veces habían visitado a las empresas ya mencionadas, y de ahí el gerente suministró esos reportes. Posteriormente consolidamos esos datos en una tabla desde el mes de octubre del año 2.010 hasta noviembre del año 2.011. Donde indica cuantas veces visitan un cliente al mes.

TABLA NO 7. CORRESPONDE AL ENVÍO DE MATERIAL RECICLADO POR TONELADA AL MES HACIA LOS CLIENTES.

TABLA DE ENVÍO DE MATERIAL RECICLADO POR TONELADA A LOS CLIENTES															
NOMBRE DEL CLIENTE	2.010			2.011											PESO PROMEDIO DE ENVÍO AL MES (TON)
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Sidoc	7,5	9,2	5,2	14	20	19	21	16	25	20	26	18,6	20	18	17
Colombiana tissue	7,6	13	15	15	17	16	22	15	23	18	19	12	20	25	15
Eternit pacifico S.A	6,8	9,5	15	20	10	14	17	15	13	25	10	14,7	16	16	14
Depran S.A.S	2	2,85	6,5	7,6	9	1,6	3,6	4,2	5,5	1,7	4,7	5,6	6,5	7,7	5
Rodamiento CJR	5,2	3,4	7,5	15	14	8,8	7,5	5,1	13	19	5,8	8,5	9,8	11	10
Papeles & Carton	2,2	3,6	3,3	6,4	6,8	6	7,2	8,4	6	5,1	9,5	6	8	5,2	6
Copapel	3,9	4,2	4,4	7,5	11	5,1	9,5	5,6	8,4	9,5	15	5,4	5,1	9	7
Sonoco de Colombia Ltda	5,1	6	6	11	12	8,8	15	6,3	9	10	17	11,5	15	11	10
Carton de Colombia	1,9	3,6	4,2	5,6	8,5	3,8	5,9	6	5,2	9	7,2	7,2	2,6	5,6	5
carfenix S.A	2,8	4,6	5,2	5,2	9	3,9	9	3,3	6	8,5	9,8	5,2	6,6	7,5	6

FUENTE: AUTORES

Estos datos fueron recolectados en la recicladora alianza Ltda., se hizo un seguimiento los primeros 5 meses hasta febrero del año 2.011. Se llenaba una hoja de datos donde correspondían las cantidades que se recibían y se despachaban hacia los clientes respectivamente, al final de mes lo unificábamos y entregábamos el reporte al gerente. A partir del sexto mes que corresponde a marzo del año 2011 esta responsabilidad fue asignada al auxiliar de bodega, a quien se le hizo su respectiva inducción, él se encargó de llenar las hojas de datos que se le entregaban cada vez que llegaba el material reciclado a la empresa, y lo que se despachaba al cliente, al final de mes entregaba un reporte al gerente indicando cuanto era la cantidad que se despachaba a las empresas ya mencionadas, y de ahí el gerente suministró esos reportes. Posteriormente consolidamos esos datos en una tabla desde el

mes de octubre del año 2.010 hasta noviembre del año 2.011. Donde indica cuanto se despacha de material reciclado a los clientes al mes. Los datos que se muestran a continuación son los datos correspondientes a la cantidad promedio de material reciclado en toneladas que se envía por viaje a cada uno de los clientes.

TABLA No 8. CANTIDAD PROMEDIO DE MATERIAL RECICLADO DESPACHADO POR VIAJE A CADA CLIENTE.

NOMBRE DEL CLIENTE	PESO POR VIAJE
Sidoc S.A	2,8 TON
Colombiana tissue	2,1 TON
Eternit pacifico S.A	2,4 TON
Depran S.A.S	1,2 TON
Rodamiento CJR	1,9 TON
Papeles & Cartón	1,5 TON
Copapel	1,6 TON
Sonoco de Colombia Ltda	2,1 TON
Cartón de Colombia	1,5 TON
carfenix S.A	1,3 TON

FUENTE: AUTORES

El gerente de la recicladora alianza Ltda., el señor Luis Trejos realizó una jerarquización de los clientes que él considera más importantes para la empresa, según la cantidad de material reciclado que se le despacha, frecuencia de visitas al mes, y además por el precio. En la tabla No 8 se enseña la jerarquización de los clientes de la recicladora Alianza Ltda:

TABLA No 9. JERARQUIZACIÓN DE LOS CLIENTES DE LA RECICLADORA ALIANZA LTDA.

NOMBRE DEL CLIENTE	JERARQUIA
Sidoc	1
Colombiana tissue	2
Eternit pacifico S.A	3
Rodamiento CJR	4
Sonoco de Colombia Ltda	5
Copapel	6
Papeles & Carton	7
carfenix S.A	8
Depran S.A.S	9
Carton de Colombia	10

FUENTE: GERENTE DE LA RECICLADORA ALIANZA LTDA.

7.1.2.1. Medición de la velocidad de la flota.

Para hallar la velocidad promedio se realizó un seguimiento de un mes a la flota de la empresa; se tomó la velocidad cada 10 minutos del recorrido de la distribución del material al cliente. Se depuró la información eliminando los picos y los datos más bajos de la toma de tiempos, quedando así como resultado promedio **25 Km por hora** como se muestra en la tabla No 9.

TABLA No 10. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA FLOTA

MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA FLOTA (Kms)			
# TOMA DE VEL.	RESULTADO	# TOMA DE VEL.	RESULTADO
1	22,5	18	25,2
2	21,6	19	22,3
3	25,6	20	23,4
4	28,6	21	24,6
5	24,3	22	25,1
6	26	23	21,3
7	25,3	24	22,6
8	26	25	27,5
9	25,3	26	28,6
10	27,3	27	26,5
11	21,3	28	25,3
12	22,6	29	21,3
13	29,5	30	24,8
14	22,3	31	25,6
15	25,8	32	25,3
16	24,3	33	26,8
17	28,7	PROMEDIO	25

FUENTE: AUTORES

7.1.2.2. Medición del trabajo en embalaje de cartón

El método utilizado para realizar la toma de tiempos fue el cronometrado, realizado a unos cuantos pasos del operario con un ángulo respectivo donde el analista pueda detectar todas las actividades realizadas en el proceso sin que haya distracciones al operario. Según la clasificación de operaciones por elementos, los tiempos promedios cronometrados (sin suplementos) de cada actividad se muestran en ANEXO C. tiempo cronometro de las actividades.

7.1.2.2.1. Suplementos utilizados para la toma de tiempos

- ✓ Suplementos por necesidades personales.
- ✓ Suplemento base por fatiga.
- ✓ Suplemento por trabajar de pie.
- ✓ Suplemento por postura anormal.
- ✓ Suplemento por uso de fuerza / energía muscular (levantar, tirar, empujar) en Kg.
- ✓ Suplemento por tensión mental.

La totalidad de las tolerancias corresponden a 36%. En procesos mecanizados estas tolerancias corresponden a un margen que está entre 12% y 20%, pero por ser un proceso manual, los operarios están más expuestos a agotamiento, el cual justifica la calificación valorada por nosotros. El 36% de tolerancias está distribuido como se muestra en el ANEXO D suplementos valorados para la empresa recicladora alianza Ltda.

7.1.2.2.2. Calificación del operario, tiempo normal y estándar.

El operario escogido (normalmente realiza la actividad, don julio) tiene un ritmo de trabajo que está entre 100 – 120, según la norma Británica en la descripción del desempeño.

En el ANEXO E tiempos normales y tiempos estándar. Se mostrará la tabla de los tiempos normales y los tiempos estándar de cada elemento, con su respectiva calificación de desempeño.

7.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS LOGÍSTICOS

Debido a que actualmente la empresa se dedica a la distribución de material reciclable, y no realiza transformación de materia prima, sino comercialización, los costos totales se ven reflejados en las operaciones logísticas. A continuación se muestran los costos logísticos presentados en la empresa recicladora alianza Ltda., periodo Enero- Noviembre 2011 (Tabla No. 10):

- Transporte subcontratado. (valor de facturación y gastos administrativos por contratar).
- Costos directos de transporte propio. (salario del personal, depreciación, arrendamiento, combustible y lubricantes, mantenimiento y repuestos, llantas, papelería, impuestos, seguros, multas, daños y robos)
- Administración del transporte propio y la distribución interna (salario de supervisores, depreciación equipo de oficina, mantenimiento y equipo de oficina, mantenimiento, comunicaciones, papelería e impuestos de oficina).
- Devoluciones internas y externas.
- Pagos de nómina a los trabajadores.

Tabla No 11. Costos Logísticos desde Enero hasta noviembre del año 2.011

MES (2011)	VALOR
Enero	\$ 10.555.267,00
Febrero	\$ 8.377.105,00
Marzo	\$ 6.616.973,00
Abril	\$ 7.922.241,00
Mayo	\$ 8.212.379,30
Junio	\$ 10.265.474,13
Julio	\$ 11.354.638,99
Agosto	\$ 10.559.304,58
Septiembre	\$ 12.487.081,53
Octubre	\$ 13.627.385,23
Noviembre	\$ 14.881.719,31

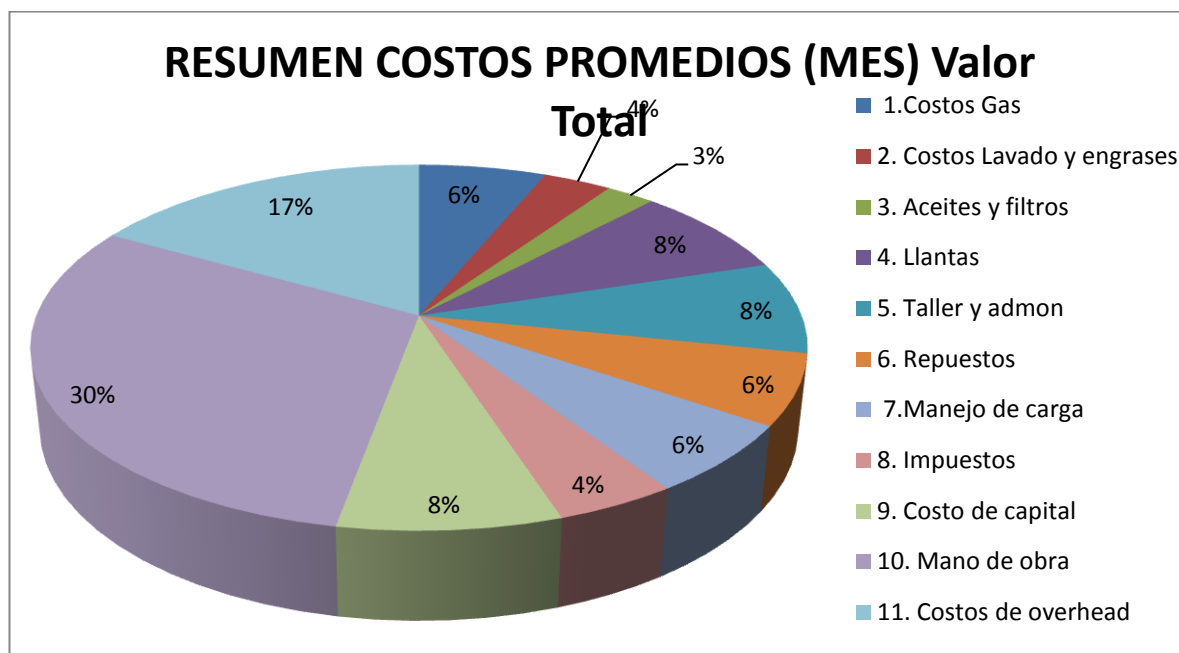
Esta información ha sido clasificada en 11 conceptos de costos² logísticos para la formulación y evaluación del proyecto de operación de un equipo de una ruta específica, los cuales son: costo de ACPM o gas, Lavado y engrase, Aceites y filtros, Llantas, Taller, Repuestos, manejo de carga – peajes, Seguros, costos de capital, mano de obra y overhead (corresponde a las erogaciones relacionadas con el funcionamiento del proyecto, estructura administrativa, y de operaciones, comunicación arrendamientos etc.). Esta información se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla No.12 Resumen costos promedios logísticos mensuales.

RESUMEN COSTOS PROMEDIOS (MES)	
Concepto	Valor Total
1.Costos Gas	\$ 655.450,25
2.Costos Lavado y engrases	\$ 350.650,58
3.Aceites y filtros	\$ 250.970,23
4.Llantas	\$ 845.650,21
5.Taller y administración	\$ 850.950,62
6.Repuestos	\$ 650.481,62
7.Manejo de carga	\$ 640.750,62
8.Impuestos	\$ 450.452,12
9.Costo de capital	\$ 826.490,95
10. Mano de obra	\$ 3.160.992,00
11.Costos de overhead	\$ 1.758.940,00
Gran Total	\$ 10.441.779,01

² www.zonalogistica.com, edición 50 – 2009. Costos Logísticos

GRÁFICA 11. RESUMEN COSTOS PROMEDIOS LOGÍSTICOS MENSUALES



Como se puede observar los costos más representativos dentro de los costos logísticos de la empresa recicladora alianza LTDA. Son los costos de mano de obra con una participación del 30 %, el cual hace referencia a los pagos de nomina de todos los empleados que intervienen en esta operación, el segundo ítem representativo, es el costo de overhead con una participación del 17%, este son todos los gastos generales que se presentan en la operación de distribución del material reciclado.

7.1.3.1. Determinación de los costos por km.

Para determinar los costos por km tomamos como base los siguientes datos:

- Frecuencia de visitas promedio a los clientes al mes. Ver tabla No 5.
- Distancia total recorrida al mes por la flota a todos los clientes. La distancia total recorrida por la flota de vehículos de la empresa recicladora alianza Ltda para visitas a todos los clientes es de 445.15 Km. Esto se determinó multiplicando el número de visitas a cada cliente por la distancia que recorre y al final se suma todos los clientes
- Costo promedio mensual. Ver tabla No 13.

Después de explicado lo anterior se tomó el costo promedio mensual que es \$10.441.779,03 y se dividió por la distancia recorrida al mes por la flota a todos los clientes, el cual es 445.15 Km, y esto da como resultado un costo promedio por Km de \$23.457.

7.2. ETAPA 2 DETERMINACIÓN DE DISTANCIA RECORRIDA EN RUTAS

En esta etapa se cuantificó la distancia recorrida por la flota y las rutas a seguir para realizar el envío del material reciclado hacia los clientes.

7.2.1. Cuantificación de las rutas actuales.

Para cuantificar las distancias en las rutas actuales de envío de material reciclado por la empresa recicladora alianza Ltda, se hizo un plan de 4 meses; donde se realizó un estudio de tiempos de envío con cronometro profesional (Cronometro Profesional Casio Hs-3, 2 Tiempos); se depuró los tiempos tomados eliminando los datos picos y datos bajos y finalmente se promediaron. Ver resultados en tabla No 12.

TABLA No 13. TOMA DE TIEMPOS DE ENVÍO DEL MATERIAL RECICLADO.

NOMBRE DEL CLIENTE	UBICACIÓN	TIEMPO TARDANZA PROMEDIO (MIN)
Colombiana tissue	Transversal 1 con carrera 1, parcelación las dolores	0:23:55
Sidoc S.A	Calle 12 A # 37 - 15, Yumbo	0:39:45
Deproin S.A.S	Calle 10 # 36- 54, Cali	0:20:12
Eternit pacifico S.A	Carrera 7 # 26 - 20, Cali	0:07:27
Rodamiento CJR	Carrera 1 # 23 - 53, Cali	0:22:13
Sonoco de Colombia Ltda	Carrera 7# 34 - 120, Cali	0:28:30
Cartón de Colombia	Calle 15 # 18 - 109, Yumbo	0:35:15
Carfenix S.A	Calle 16 # 7 - 10, Cali	0:13:32
Papeles & Cartón	Calle 19 # 4 - 57, Cali	0:18:21
Copapel	Calle 40 # 2C - 46, Cali	0:08:22

FUENTE: AUTORES

Nota: convención Hora: Minutos: Segundos

Después de lo anterior, se sacó la velocidad promedio de la flota, explicado en el numeral 7.1.2.1. (Ver tabla No 9 pag. 50 velocidad promedio), dio como resultado una velocidad promedio de 25 Km/H. Encontrada esta velocidad promedio y los tiempos de tardanza de envío de material reciclado, cuantificamos la distancia recorrida para llegar a los clientes mediante la fórmula del matemático y físico italiano Galileo Galilei (Serway tomo 1, 7ma edición, pág. 24), expresada como:

$$Vx \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde: Vx= Velocidad, dx= distancia y dt= tiempo.

$$dx = Vx * \Delta t$$

De la formula anterior despejamos la distancia e introducimos los datos a una hoja de cálculo de Excel que genero los resultados consignados en la tabla No. 13

TABLA No 14. DISTANCIA PROMEDIO RECORRIDA POR LA FLOTA DE LA PARA ENVIAR EL MATERIAL RECICLADO A LOS CLIENTES

NOMBRE CLIENTE	DISTANCIA PROMEDIO (Km)
Colombiana Tissue	9,891
Sidoc S.A	16,569
Deproin S.A.S	8,45
Eternit Pacifico S.A	3,053
Rodamientos CJR	9,294
Sonoco de Colombia	11,886
Carton de Colombia	14,763
Carfenix S.A.	5,594
Papeles & Cartones	7,648
Copapel	3,452

FUENTE: AUTORES

7.3. ETAPA 3 DESARROLLO DEL MODELO.

7.3.1. DESARROLLO DEL MÉTODO DE REDUCCIÓN DE DISTANCIA RECORRIDA.

Se aplicaron diferentes métodos con el fin de buscar la distancia mínima en la distribución de material reciclable a los clientes. A causa de la complejidad del sistema de transporte relacionado con la ubicación de nodos-empresa-nodos, se exploró diferentes metodologías y se definió la combinación de éstas para encontrar la distancia mínima a recorrer ya que estas herramientas por separado no generaban una respuesta satisfactoria para la solución del problema planteado.

Se inició acotando las posibles combinaciones de recorridos, calles y nodos que se podían generar, por medio de la herramienta google maps, que definió para cada arco dirigido (nodo – nodo) la ruta más corta, limitando el problema a las rutas más cortas generadas por la combinación de cada nodo. Posteriormente, se definió el método que podría proporcionar el recorrido más corto para el suministro de material reciclable a los clientes. Se aplicaron 3 métodos para la mejora de rutas tales como: El vecino más cercano, la ruta más corta y el árbol de expansión mínima encontrando respuestas no satisfactorias a la solución del problema por cada método por separado. La causal de dicho evento, se debe a que muchos de los nodos se encuentran en ubicaciones lejanas a la ubicación de la empresa, ocasionando en los algoritmos que no se tomen estas labores o que hagan desplazamientos de recorridos no adecuados.

Se realizó por tanto, la agrupación de nodos más cercanos, construyendo rutas por ubicación geográfica. Se aplicó para esto, el método de barrido, que proporcionó 4 rutas que agruparon los nodos más cercanos, y se obtuvo la distancia mínima a recorrer.

Para establecer, las secuencias de los recorridos de las rutas encontradas, se realizó por cada ruta, el algoritmo del árbol de expansión mínima, encontrando los arcos dirigidos para realizar el recorrido por cada ruta.

Finalmente, se realizó una simulación con 3 escenarios, para determinar la posible combinación de estrategias que permitan a la empresa disminuir sus costos logísticos.

7.3.1.1. Cuantificación de las rutas por medio de Google Maps.

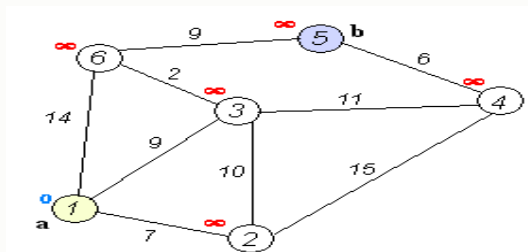
Mediante la herramienta google maps se mejoraron las distancias que actualmente realiza la empresa recicladora alianza Ltda. Se hará una descripción de que es y cómo funciona google maps y las aplicaciones que tiene.

Google maps tiene una herramienta llamada “como llegar” y sirve para determinar la rutas más corta entre dos puntos, utiliza el algoritmo Dijkstra, o también llamado algoritmo de caminos mínimos. Este es un algoritmo para la determinación del camino más corto dado un vértice origen al resto de vértices en un grafo con pesos en cada arista.

Ejemplo de cómo funciona google maps con la aplicación del algoritmo Dijkstra:

En lenguaje matemático, este algoritmo determina las distancias más cortas desde un vértice origen (llamado también fuente) hacia todos los demás en un grafo dirigido o no, con pesos en cada arista (positivos o negativos, pero que no generen ciclos negativos). En un caso particular, los vértices y las aristas (dirigidas) pueden representar las esquinas y las calles de una ciudad, respectivamente; los pesos consistirían la longitud de estas últimas.

GRÁFICA 12 EJEMPLO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO DIJKSTRA



Descripción del algoritmo con el pseudocódigo que sigue y que está representado en la imagen anterior (Grafica 10). Se asume que $d[u]$ indica la distancia desde la fuente hasta el vértice 'u', que $Adj[u]$ contiene todos los vértices 'v' para los cuales existe una arista de 'u' a 'v' y $w[u][v]$ indicará el peso de dicha arista, que $padre[u]$ indica el vértice desde el cual se llegó a 'u' y $completo[u]$ indicará si ya se ha trabajado o no con dicho vértice.

Después de explicar cómo funciona google maps (ver marco teórico 4.11.3. pag. 20) y como aplican el algoritmo de Dijkstra para conocer la ruta más corta

entre dos puntos, se realiza una descripción del pasó a paso del proceso de selección de las rutas de envío del material reciclado a los clientes de la empresa recicladora alianza Ltda

Proceso de selección de las rutas hacia los clientes:

1. Se ubica google maps en Google.
2. Se selecciona el lugar donde se realizara el trabajo, Cali valle del cauca.
3. Se selecciona una de las herramientas de google maps, la cual es “como llegar”.
4. Se digita la dirección del punto de origen A, puede ser proveedor o cliente.
5. Se digita la dirección del punto destino B, puede ser un proveedor o un cliente.
6. Después de insertar el origen A y el destino B, automáticamente google maps por medio del algoritmo de Dijkstra nos genera como resultado las tres rutas más cortas para llegar a ese destino.
7. Después de que genera el resultado las tres posibles rutas más cortas se selecciona la más corta entre ellas tres, ya que google maps indica los kilómetros de cada una de las rutas y se trabajó con la de menor distancia a recorrer, que se aprovechó para definir la política de transporte en la empresa recicladora alianza Ltda.

A continuación se muestra la matriz de distancias entre clientes.

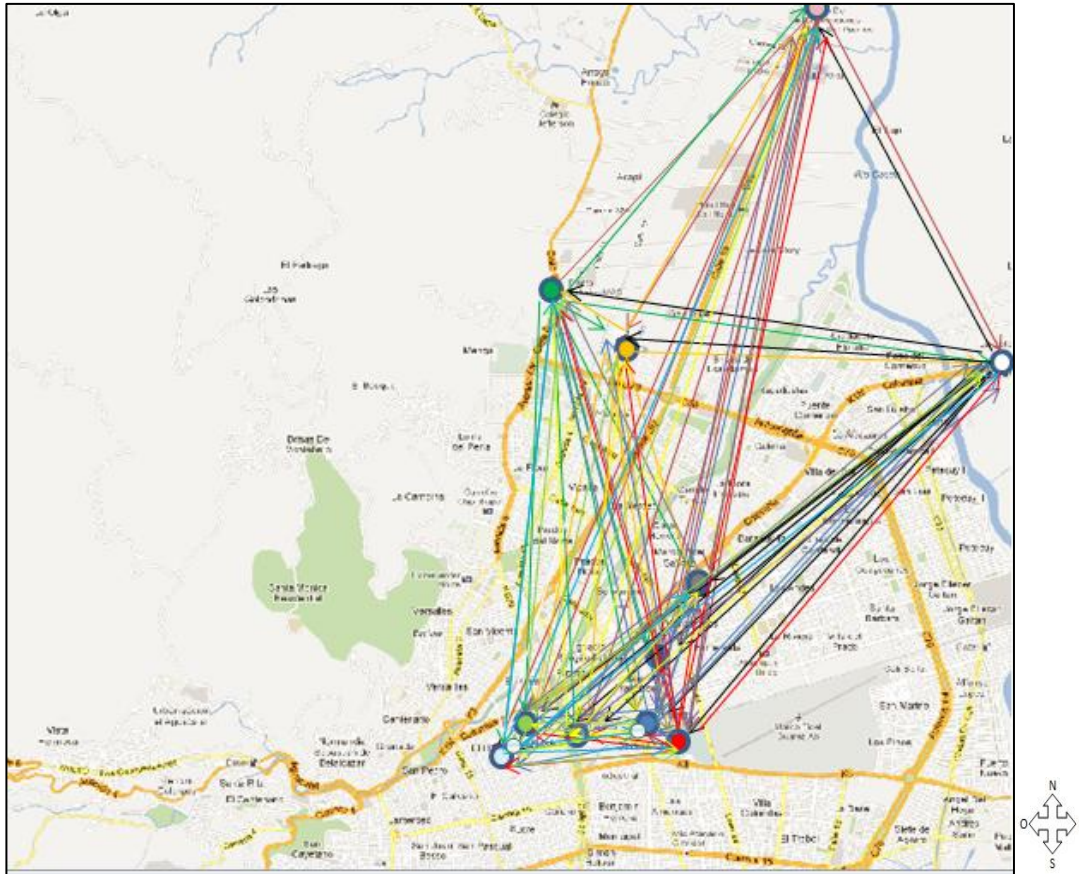
En esta tabla No 14 están especificados los kilómetros que deberá recorrer la flota de camiones de la recicladora alianza Ltda., durante el envío del material reciclado a los clientes hallado por medio de google maps.

TABLA No 15. MATRIZ DE DISTANCIAS (Km) CLIENTES POR MEDIO DE GOOGLE MAPS.

DISTANCIAS ENTRE CLIENTES (Kms)											
	RECICLADORA ALIANZA	SIDOC	COLOMBIA TISSUE	RODAMIENTOS CJR	DEPROIN	ETERNIT PACIFICO	SONOCO DE COLOMBIA	CARTON DE COLOMBIA	CARFENIX S.A	PAEPLES & CARTON	COPAPEL
RECICLADORA ALIANZA	0	11,1	8	7,7	7,4	7,4	2,3	17,6	2,3	3,6	1,3
SIDOC	5,1	0	9	6,7	1,3	5,5	6,6	12,7	6,2	6,3	5,5
COLOMBIA TISSUE	5,6	5,5	0	7,5	6	7,9	10,4	20,3	9,8	10,6	8,5
RODAMIENTO S CJR	3	6,3	9,9	0	7	1,1	2,2	16,5	2,4	0,85	3,2
DEPROIN	4,9	1,3	9,9	7,6	0	5,3	7,1	11,5	6,7	6,8	6
ETERNIT PACIFICO	2,7	5,8	9,6	1,3	5,2	0	1,2	17,7	1,4	1,3	2,4
SONOCO DE COLOMBIA	3,9	6,3	7,3	2,6	7,5	1,4	0	16,8	0,17	2,8	1,2
CARTON DE COLOMBIA	13,3	11,1	15,7	14,8	9,8	15,5	15,1	0	14,9	15	14,5
CARFENIX S.A	2,1	6,2	7,2	2,3	6,9	1,2	0,16	17	0	2,6	1
PAEPLES & CARTON	3,9	5,6	7,8	0,75	5,9	1,5	2,4	17,2	2,6	0	3,6
COPAPEL	1,2	5	5,8	2,1	5,7	2,6	1,2	17,2	1	3,1	0

FUENTE: AUTORES

GRÁFICA No 13. POSIBLES COMBINACIONES DE RUTAS GENERADAS POR GOOGLE MAPS



Mapa de la ciudad de Cali, valle del cauca. **FUENTE:** Google maps

Convenciones:

● Sonoco	● Depoint
● Eternit	● Papeles y cartón
● Carfenix	● Colombia Tissue
● Cartón Colombia	● Copapel
● Rodamientos CJR	● Alianza
● Sidoc	

La grafica No 14. Muestra todas las posibles combinaciones de rutas generadas por google maps, para llegar a cada uno de los clientes. En total son 110 rutas las que genera esta aplicación para la distribución del material reciclado. Posteriormente se realizara la aplicación de métodos ingenieriles (Método de barrido, ruta mas corta, el vecino mas cercano, y el árbol de expansión mínima) para resolver el problema.

7.3.1.2. Determinación de las rutas empresa-cliente mediante el método de Heurística euclidiana.

Esta heurística es la más sencilla de todas; consiste en encontrar la distancia entre dos puntos y multiplicar dicho resultado por el costo entre dichos nodos.

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

El resultado de la ruta euclidiana, consiste en un traslado directo del nodo A, al nodo B que se asemeja más al movimiento humano de trasladarse de un punto hacia otro. Se aplicó esta heurística para validar y/o seleccionar las mejores rutas que proporcionan estos dos métodos; google maps y heurística euclidiana.

Proceso de determinación de las rutas empresa – clientes:

1. Se consiguió mapa geográfico actual de la ciudad de Santiago de Cali.
2. Se trazó un plano cartesiano sobre el mapa de la ciudad de Santiago de Cali, y se determinó las coordenadas (0,0) a la empresa recicladora alianza Ltda.
3. Se marcaron todos los clientes de la recicladora alianza Ltda. en el mapa geográfico de Santiago de Cali, y posteriormente mediante el plano cartesiano se ubicaron y se determinaron las coordenadas (X,Y) de cada uno de ellos. A continuación se muestra la tabla No.15 enseñando las coordenadas de cada uno de los clientes:

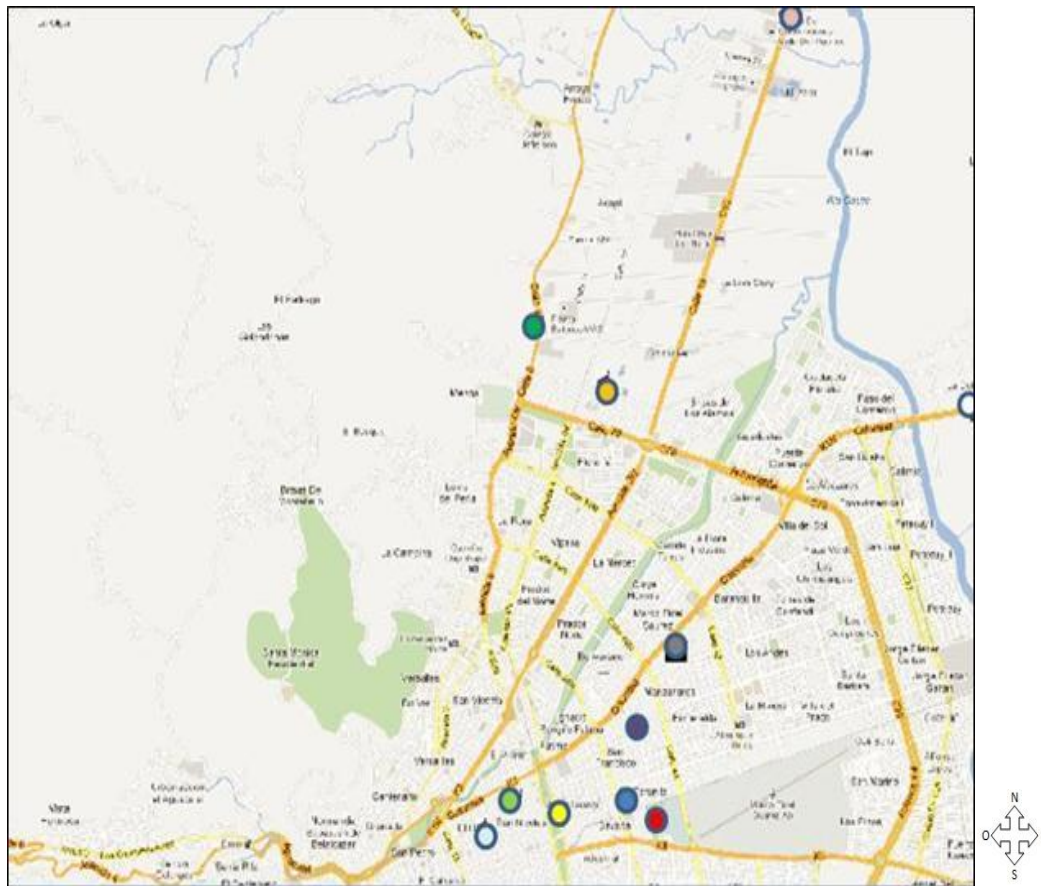
TABLA No 15 COORDENADAS EN EL PLANO (X, Y) DE LOS CLIENTES DE LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA.

Cliente	Coordenada (X,Y)
SIDOC	(3.8 , 11.1)
COLOMBIA TISSUE	(-12.5 , 10.9)
RODAMIENTOS CJR	(-10.1 , -14.2)
DEPROIN	(6.7 , 11.6)
ETERNIT PACIFICO	(-14.8 , -10.2)
SONOCO DE COLOMBIA	(-3.1 , -12.9)
CARTON DE COLOMBIA	(23.1 , 5.2)
CARFENIX S.A	(-2.8 , -11.7)
PAEPLÉS & CARTON	(-17.1 , -13.2)
COPAPEL	(-2.5 , -6.1)

Fuente: Autores

4. Como paso final se aplicó la heurística de euclidiana entre ellos, dando como resultado la siguiente matriz que se muestra en la tabla No 16.

GRAFICA No 14. UBICACIÓN DE LOS CLIENTES Y ALIANZA EN EL MAPA CON COORDENADAS (X , Y)



Mapa de la ciudad de Cali. FUENTE: GOOGLE MAPS.

Convenciones:

● Sonoco	-3.1 , -12.9	● Depoint	6.7 , 11.6
● Eternit	-14.8 , -10.2	● Papeles y cartón	-17.1 , -13.2
● Carfenix	-2.8 , -11.7	● Colombia Tissue	-12.5 , 10.9
● Cartón Colomt	23.1 , 5.2	● Copapel	-2.5 , -6.1
● Rodamientos CJR	-10.1 , -14.2	● Alianza	0 , 0
● Sidoc	3.8 , 11.1		

TABLA No 17. MATRIZ DE DISTANCIAS (Km) ENTRE EMPRESA-CLIENTES POR MEDIO DE HEURÍSTICA EUCLIDIANA. Primera fila hace referencia a las coordenadas de cada uno de los clientes de la empresa.

DISTANCIAS ENTRE PROVEEDORES Y CLIENTES (Kms)											
	RECICLADORA ALIANZA	SIDOC	COLOMBIA TISSUE	RODAMIENTOS CJR	DEPROIN	ETERNIT PACIFICO	SONOCO DE COLOMBIA	CARTON DE COLOMBIA	CARFENIX S.A	PAEPLES & CARTON	COPAPEL
RECICLADORA ALIANZA	0	(3.8 , 11.1)	(-12.5 , 10.9)	(-10.1 , -14.2)	(6.7 , 11.6)	(-14.8 , -10.2)	(-3.1 , -12.9)	(23.1 , 5.2)	(-2.8 , -11.7)	(-17.1 , -13.2)	(-2.5 , -6.1)
SIDOC	3,68271	0									
COLOMBIA TISSUE	4,04376	3,97155	0								
RODAMIENTOS CJR	2,1663	4,54923	7,14879	0							
DEPROIN	3,53829	0,93873	7,14879	5,48796	0						
ETERNIT PACIFICO	1,94967	4,18818	6,93216	0,93873	3,75492	0					
SONOCO DE COLOMBIA	2,81619	4,54923	5,27133	1,87746	5,41575	1,01094	0				
CARTON DE COLOMBIA	9,60393	8,01531	11,33697	10,68708	7,07658	11,19255	10,90371	0			
CARFENIX S.A	1,51641	4,47702	5,19912	1,66083	4,98249	0,86652	0,115536	12,2757	0		
PAEPLES & CARTON	2,81619	4,04376	5,63238	0,541575	4,26039	1,08315	1,73304	12,42012	1,87746	0	
COPAPEL	0,86652	3,6105	4,18818	1,51641	4,11597	1,87746	0,86652	12,42012	0,7221	2,23851	0

FUENTE: AUTORES

La tabla No 16. Muestra la distancia que existe en Km entre cada uno de los clientes y la recicladora alianza LTDA, estos resultados fueron generados mediante la aplicación de la heurística de distancia euclidiana en el plano. Solo contiene la mitad de la matriz ya que esta herramienta no tiene en cuenta el sentido de la vía y tampoco las calles, es decir esta conformado de arcos no dirigidos.

7.3.1.3. Selección del mejor método para determinar las rutas entre empresa-clientes.

Después de realizar la matriz de heurística euclidiana y la de google maps, se puede decir que la matriz realizada por medio de la heurística euclidiana genera distancias más cortas entre cada uno de los nodos (clientes y empresa), sin embargo, se puede observar que ésta, no puede determinar los sentidos de las vías terrestres, ni las curvilíneas propias de las carreteras en la realidad, debido a que este método sólo genera distancias rectilíneas entre dos nodos (clientes). Es decir, limita el estudio y reduce a la mitad de las combinaciones posibles, debido a que los sentidos de nodo x a nodo Y son igual en los sentidos de ida y regreso, y nos encontramos que en las vías reales no se presenta de esta manera.

Analizado lo anterior se seleccionaron las rutas generadas por medio de google maps, ya que estas tienen en cuenta los sentidos de ida y regreso de las vías de la ciudad de Santiago de Cali.

7.3.1.4. Comparación distancias actuales contra distancias por medio de google maps.

La tabla No 17 muestra las distancias actuales, distancias generadas por medio de google maps y la optimización (la diferencia entre los resultados de los métodos) en comparación entre ellas. Realizamos esta comparación para mostrar que la aplicación google maps mejora las distancias actuales de distribución del material reciclado. En promedio mejora 4.57 km tomando todas las distancias de los clientes.

TABLA No 18 COMPARACIÓN DISTANCIAS ACTUALES CONTRA DISTANCIAS POR MEDIO DE GOOGLE MAPS.

NOMBRE CLIENTE	Colombiana tissue	Sidoc S.A	Deproin S.A.S	Eternit pacífico S.A	Rodamientos CJR
DISTANCIA Km	9,9	16,6	8,5	3,1	9,3
DISTANCIA GOOGLE MAPS	5,6	5,1	4,9	2,7	3,0
OPTIMIZACION	4,3	11,5	3,6	0,4	6,3

NOMBRE CLIENTE	Sonoco de Colombia Ltda	Carton de Colombia	Carfenix S.A	Papeles & Carton	Copapel
DISTANCIA Km	11,9	14,8	5,6	7,6	3,5
DISTANCIA GOOGLE MAPS	3,9	13,3	2,1	3,3	1,2
OPTIMIZACION	8,0	1,5	3,5	4,3	2,3

FUENTE: AUTORES

Como se puede observar la herramienta google maps minimiza las distancias a recorrer por la flota de camiones para enviar el material reciclado a los clientes de la empresa recicladora alianza Ltda. El ahorro en distancia es de 45.05%, es un ahorro considerable y que puede aumentar la rentabilidad en ganancias de la recicladora alianza Ltda.

7.3.1.5. Aplicación de métodos ingenieriles para el mejoramiento de las rutas para la distribución.

Se aplicaron herramientas ingenieriles para abordar el problema. Fue necesaria la combinación de métodos para encontrar la solución que generara la mejora en la reducción de distancias recorrida para la distribución.

Se inició con el desarrollo de la ruta más corta, encontrando discrepancias en la solución, que llevó a utilizar otro método. Se prosiguió a utilizar el árbol de expansión mínima, encontrando respuestas que no satisfacían el problema, debido a que uno de los nodos nunca era tocado por su lejanía. También fue utilizado el método del vecino más próximo, pero estos tres métodos,

generaban recorridos no satisfactorios, debido a que no se obtenía la mejora esperada de la política de transporte a plantear.

Tabla No. 19. Ruta Empírica

RUTA EMPÍRICA		
NODOS DE ORIGEN	NODO DE LLEGADA	DISTANCIA (KMS)
Alianza	Copapel	1,2
Copapel	Carfenix S.A.	1
Carfenix S.A.	Sonoco de Colombia	0,17
Sonoco de Colombia	Eternit pacífico	1,2
Eternit pacífico	Rodamientos CJR	1,1
Rodamientos CJR	Papeles & Cartón	0,75
Papeles & Cartón	Sidoc	6,3
Sidoc	Deproin	1,3
Cartón de Colombia	Colombia Tissue	20,3
Colombia Tissue	Recicladora alianza	5,6
Total kms recorridos		38,92

Fuente: Autores

Aplicación del metodo vecino mas proximo

Este método genera rápidamente un camino corto, pero generalmente no el ideal.

Abajo está la aplicación del algoritmo del vecino más próximo al problema del viajante.

Estos son los pasos del algoritmo:

1. elección de un vértice arbitrario respecto al vértice actual.
2. descubra la arista de menor peso que ya este conectada al vértice actual y a un vértice no visitado V.
3. convierta el vértice actual en V.
4. marque V como visitado.
5. si todos los vértices del dominio estuvieran visitados, cierre el algoritmo.
6. vaya al paso 2.

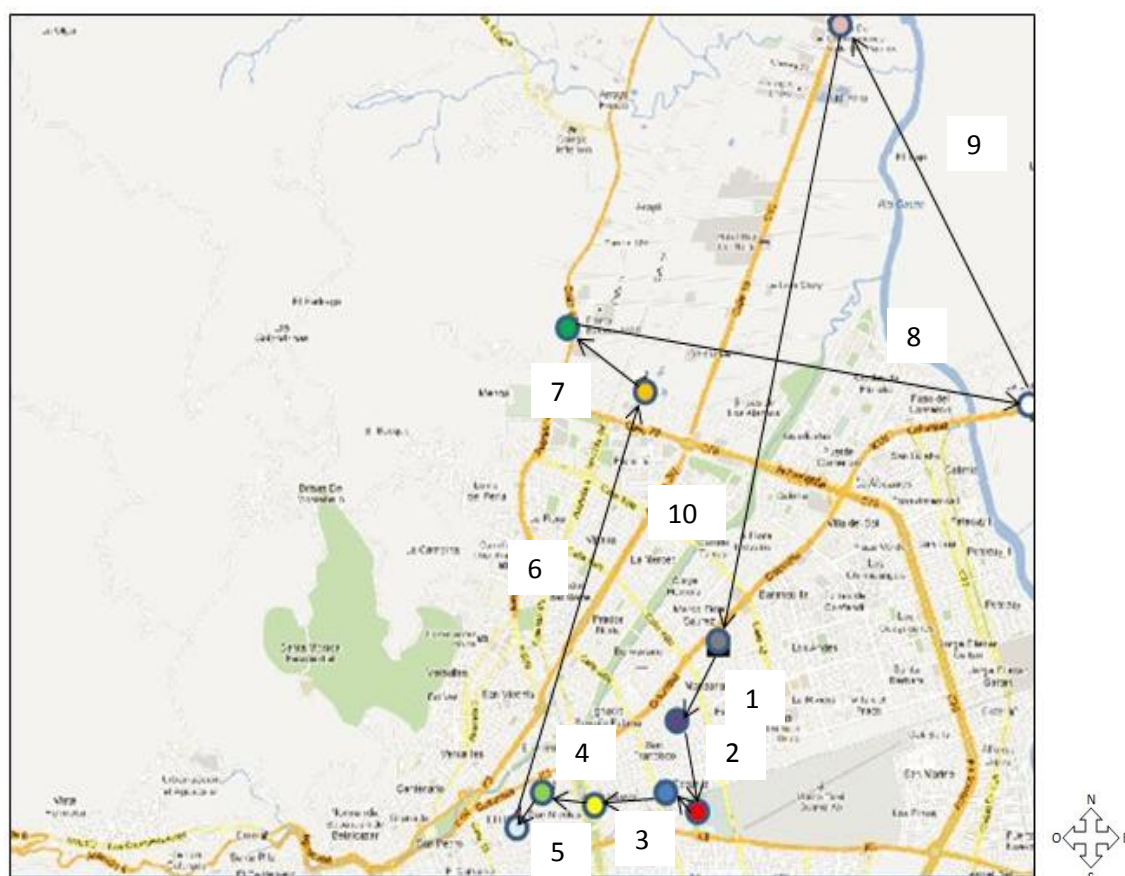
La secuencia de los vértices visitados es la salida del algoritmo.

El algoritmo del vecino más próximo es fácil de implementar y ejecutar rápidamente, pero algunas veces puede perder rutas más cortas, que son fácilmente notadas con la visión humana, debido a su naturaleza más "ávida". Como norma general, si los últimos pasos del recorrido son comparables en

longitud al de los primeros pasos, el recorrido es razonable; si estos son mucho mayores, entonces es probable que existan caminos mucho mejores.

GRÁFICA 15. RUTA VECINO MÁS PRÓXIMO

Orden de recorrido: Alianza – Copapel – Carfenix – Sonoco – Eternit – Rodamientos CJR – Papeles & Cartón – Sidoc – Deproin - Colombiana Tissue – Cartón Colombia - Alianza



Mapa de la ciudad de Cali. **Fuente:** autores

Convenciones:

● Sonoco	● Deproin
● Eternit	● Papeles y cartón
● Carfenix	● Colombiana Tissue
● Cartón Colombia	● Copapel
● Rodamientos CJR	● Alianza
● Sidoc	

Árbol de expansión mínima:

1. comenzamos seleccionando el arco de menor longitud o costo en la matriz a trabajar (ver tabla No 14, pag. 60).
2. En cada iteración se agrego el siguiente arco de menor longitud del conjunto de arcos disponibles, teniendo la precaución de no formar ningún ciclo.
3. El algoritmo finalizó cuando todos los nodos estén conectados. Si N= número de nodos entonces la solución óptima debe incluir N-1 arcos.

La tabla No 19. Muestra los resultados de la aplicación de este método.

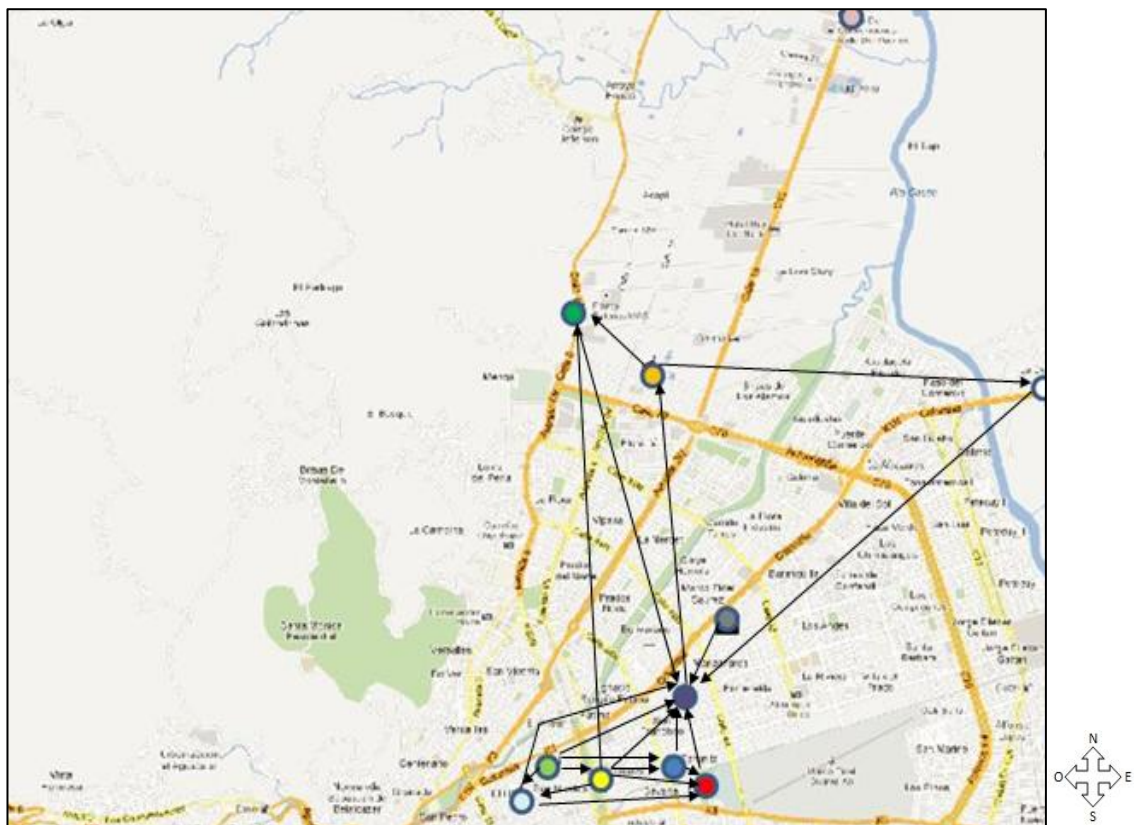
TABLA NO. 20. RUTA ÁRBOL DE EXPANSIÓN MÍNIMA

RUTA ÁRBOL DE EXPANSIÓN MÍNIMA		
NODOS DE ORIGEN	NODO DE LLEGADA	DISTANCIA (Km)
Sonoco de Colombia	Carfenix s.a	0,2
Eternit pacifico	Carfenix s.a	1,2
Carfenix s.a	Copapel	1
Sonoco de Colombia	Copapel	1,2
Eternit pacifico	Sonoco de Colombia	1,4
Eternit Pacifico	Papeles & Cartón	1,5
Rodamientos CRJ	Papeles & Cartón	0,75
Rodamientos CRJ	Eternit Pacifico	1,3
Rodamientos CJR	Copapel	2,1
Sonoco de Colombia	Papeles & Cartón	2,4
Rodamientos CJR	Carfenix S.A	2,3
Carfenix s.a	Papeles & Cartón	2,6
Eternit Pacifico	Copapel	2,6
Rodamientos CJR	Sonoco de Colombia	2,6
Papeles & Cartón	Copapel	3,1
Sidoc	Copapel	5
Sidoc	Deproin	1,3
Deproin	Eternit Pacifico	5,2
Sidoc	Colombia Tissue	5,5
Sidoc	Papeles & Cartón	5,6
Deproin	Copapel	5,7
Colombia Tissue	Copapel	5,8
Total kms recorridos		60,35

Fuente: Autores

No tiene orden recorrido, el árbol de expansión mínima genera **N** rutas hasta visitar todos los clientes, ya nosotros decidimos el orden a visitar los clientes, este depende de la jerarquización de clientes realizada por el gerente de la empresa recicladora alianza LTDA (la cual tiene en cuenta la frecuencia de visitas y la cantidad en kg de envío del material reciclable) ver tabla No 8, pag 49.

GRÁFICA 16. RUTA ÁRBOL DE EXPANSIÓN MÍNIMA



Mapa de la ciudad de Cali. Fuente: Autores

Convenciones:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| ● Sonoco | ● Deproint |
| ● Eternit | ● Papeles y cartón |
| ● Carfenix | ● Colombia Tissue |
| ● Cartón Colombia | ● Copapel |
| ● Rodamientos CJR | ● Alianza |
| ● Sidoc | |

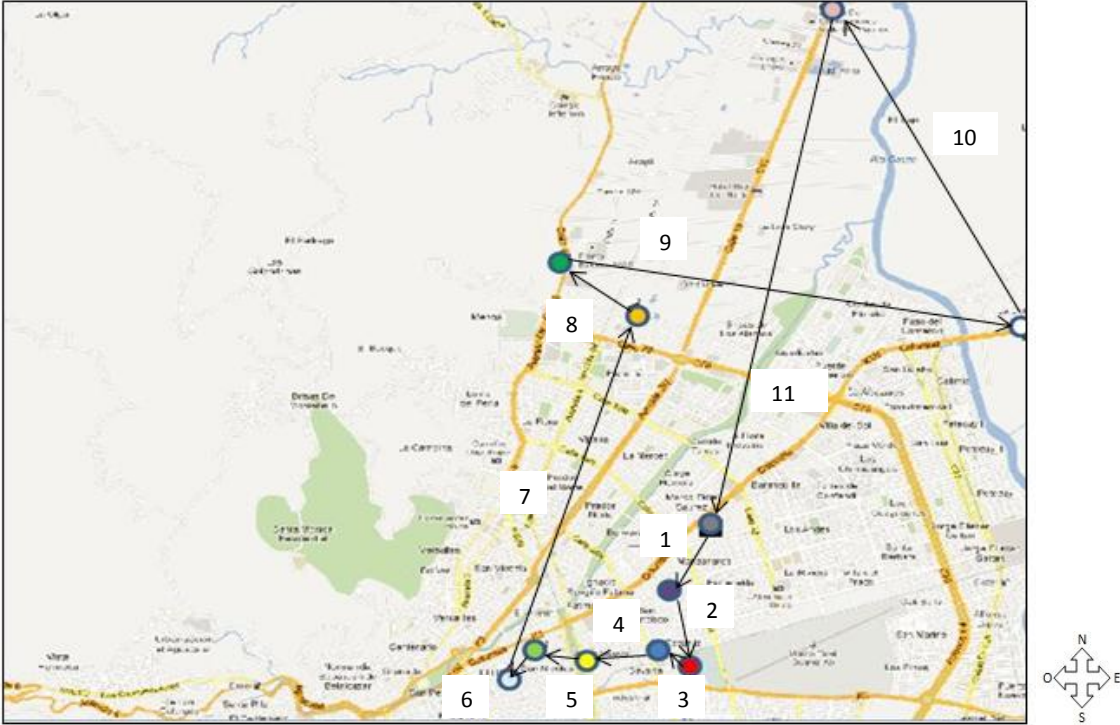
Ruta Crítica: Esta técnica se aplicó para observar cuál es la ruta más corta para distribuir el material reciclado a los clientes. Esta técnica se desarrolló mediante el software wingsb, se introdujeron los datos de entrada; la matriz de distancias (ver tabla No 14, pag. 60). Posteriormente se dio solve and analyze dando como resultado la siguiente tabla No 20.

TABLA NO. 21. RUTA CRÍTICA.

RUTA CRÍTICA		
NODOS DE ORIGEN	NODO DE LLEGADA	DISTANCIA (KMS)
Alianza	Copapel	1,2
Copapel	Carfenix	1
Carfenix s.a	Sonoco de Colombia	0,17
Sonoco de Colombia	Eternit pacifico	1,2
Eternit pacifico	Rodamientos cjr	1,1
Rodamientos CJR	Papeles & cartón	0,75
Papeles & cartón	Sidoc	6,3
Sidoc	Deproin	1,3
Deproin	Colombia Tissue	6
Colombia tissue	Cartón de Colombia	15,7
Cartón de Colombia	Alianza	17,6
Total kms recorridos		51,12

Fuente: Wingsb

GRÁFICA 17. RUTA CRÍTICA



Mapa de la ciudad de Cali. Fuente: Autores

Convenciones:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| ● Sonoco | ● Depoint |
| ● Eternit | ● Papeles y cartón |
| ● Carfenix | ● Colombia Tissue |
| ● Cartón Colombia | ● Copapel |
| ● Rodamientos CJR | ● Alianza |
| ● Sidoc | |

7.3.1.6. Método del barrido

El método llamado de barrido del plano (plane sweep) está compuesto por los siguientes elementos esenciales, los cuales detallaremos a continuación:

- Línea de barrido.
- Eventos.
- Actualización de eventos.

Una vez se realizó el análisis anterior, se determinó utilizar el método de barrido para asociar por zonas a los nodos y optimizar el flujo del recorrido. Se obtuvo la segmentación de recorridos por zonas de clientes, fueron encontradas 4 rutas o lágrimas. Se realizó 2 métodos de barrido diferentes para la segmentación por rutas o lágrimas de transporte.

Se describe a continuación el paso a paso que fue necesario, para el diseño de la política de transporte:

Desarrollo el algoritmo de barrido.

- En un mapa a escala de la ciudad de Santiago de Cali se ubicaron los 10 clientes y la empresa recicladora alianza Ltda.
- Se ubicó una regla de 50 cm de forma horizontal en la mitad del plano.
- Se comenzó a girar la regla al sentido de las manecillas del reloj, posteriormente se encontraron los puntos (que representan los 10 clientes y la empresa recicladora alianza Ltda.) y se fueron agrupando hasta que este grupo de puntos no sobre pase la capacidad del camión de la empresa recicladora alianza Ltda. (Teniendo en cuenta que tiene una capacidad de 6.500 Toneladas como muestra en la tabla no 4 capacidades de la flota de camiones de la empresa recicladora alianza Ltda.).
- Después de realizar totalmente el punto 3 (hasta que la regla del giro de 360 grados por el plano a escala de la ciudad de Santiago de Cali), se obtuvo como resultado las siguientes lágrimas:

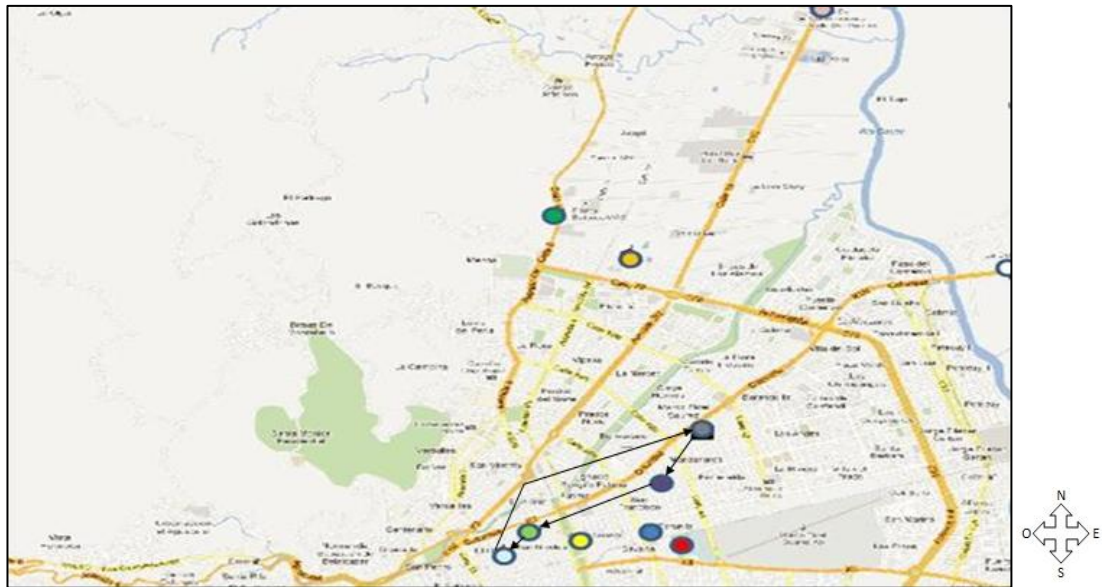
Primera segmentación a través del método de barrido: aquí se realizó la segmentación iniciando al sentido a favor de las manecillas de reloj. Se generaron 6 rutas, las cuales son; ruta 1: cartón Colombia y tissue, ruta 2: carfenix y Sonoco, ruta 3: Copapel y Eternit, ruta 4: Depoint, ruta 5:

Segunda segmentación a través del método de barrido: aquí se realizó la segmentación iniciando al sentido contrario de las manecillas de reloj. Se generaron 4 rutas, las cuales son; ruta 1: Copapel, Rodamientos cjr y papeles & cartón, ruta 2: Sonoco, Carfenix y Eternit, ruta 3: Tissue, cartón Colombia y Sidoc, ruta 4: Depoint. Esta segmentación se acepto por generar menos rutas o lagrimas que la anterior segmentación.

Para definir el sentido y el orden a seguir dentro de cada sub-ruta o sub recorrido, se definió realizar por cada lagrima, un árbol de expansión mínima, con el objetivo de encontrar la secuencia de nodos en cada lagrima, utilizando todos los nodos de forma eficiente. Fue así como se definió los sub recorridos y la secuencia de los mismos, nombrados a continuación:

Ruta 1: Empresa Alianza LTDA – Copapel – Rodamientos CJR – Papeles y cartón – Empresa Alianza LTDA.

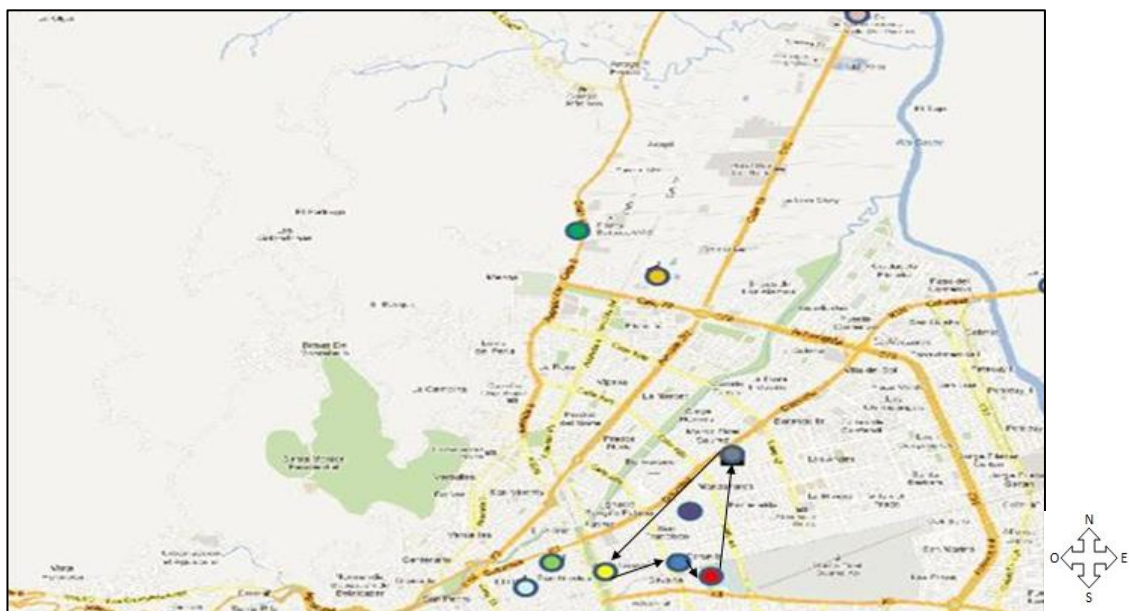
GRÁFICA 19. RUTA 1



Mapa de la ciudad de Cali. Fuente: Autores

Ruta 2: Empresa Alianza – Sonoco – Carfenix – Eternit – Empresa Alianza

GRÁFICA 20. RUTA 2



Fuente: Autores

Ruta 3: Empresa Alianza – Colombia tissue – Cartón de Colombia – Sidoc – Empresa Alianza LTDA.

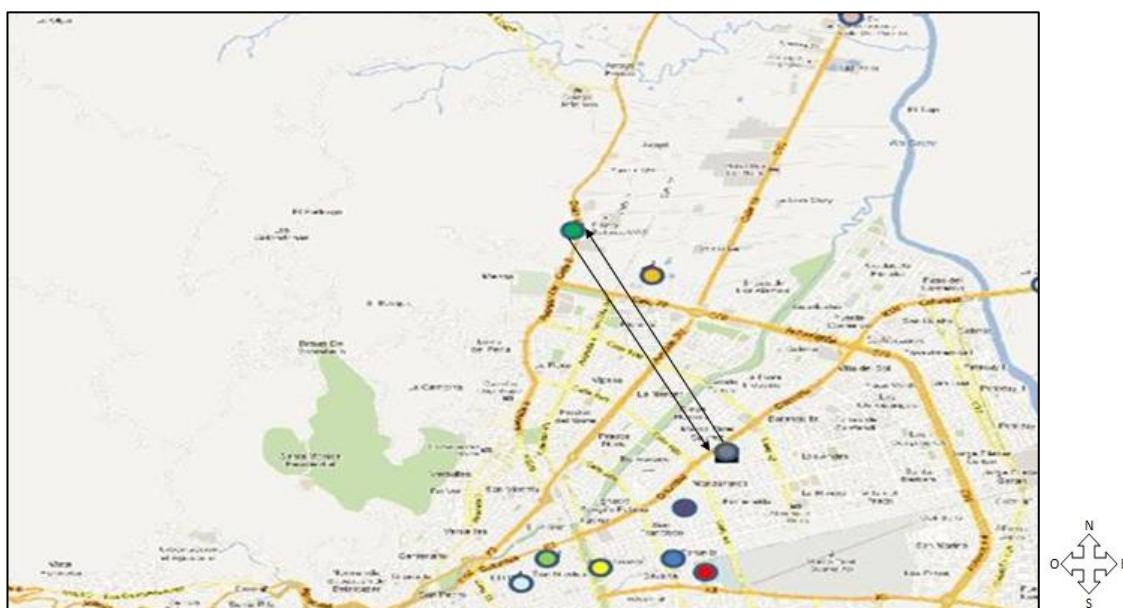
GRÁFICA 21. RUTA 3.



Fuente: Autores

Ruta 4: Empresa Alianza – Deproin – Empresa Alianza.

GRÁFICA 22. RUTA 4.



Fuente: Autores

7.3.2. SELECCIÓN DEL MÉTODO A DESARROLLAR PARA LA POLÍTICA.

En esta etapa se investigaron modelos matemáticos como; programación lineal entera y binaria, y algoritmos genéticos como las redes neuronales artificiales y la colonia de hormigas, sin embargo todas estas posibilidades fueron descartadas por la complejidad y/o comportamiento de las variables que componen la política de transporte de la empresa recicladora alianza Ltda. Además de la dificultad de encontrar casos de estudio anteriormente realizados semejantes a nuestro problema y también por la falta de conocimientos hacia estos temas (algoritmos genéticos y su programación).

Después de haber descartados los modelos anteriores nos inclinamos hacia la simulación, ya que aquí tenemos muy buenas bases para poder llevar a cabo el desarrollo de nuestro problema en él. Para desarrollar la simulación de la política de transporte se evaluaron los programas de simulación como Crystall Ball, arena y Promodel, posteriormente se procedió a aprender su funcionamiento, evaluarlos entre sí y analizar las ventajas y desventajas de cada uno; como resultado se eligió el software Promodel a emplear porque posee una facilidad de manejo y además se tenía previo conocimiento del programa. Las ventajas y desventajas que proporciona el programa Promodel seleccionado para la simulación son las siguientes:

7.3.3. FORMULACIÓN Y DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN EN PROMODEL

7.3.3.1. Nombre de la simulación

Simulación de la política de transporte en la distribución del material reciclado en la empresa recicladora alianza Ltda.

7.3.3.2. Descripción del sistema

La política de transporte tiene como finalidad estandarizar las rutas hacia todos los clientes de la empresa recicladora alianza Ltda. Y a su vez minimicen los costos que se incurren en estas dos operaciones comparándolo con la política actual.

7.3.3.3. Objetivo de la simulación

Formular una simulación de una política de transporte tiene como finalidad mejorar los costos incurridos en distribución del material reciclado de la empresa recicladora alianza Ltda.

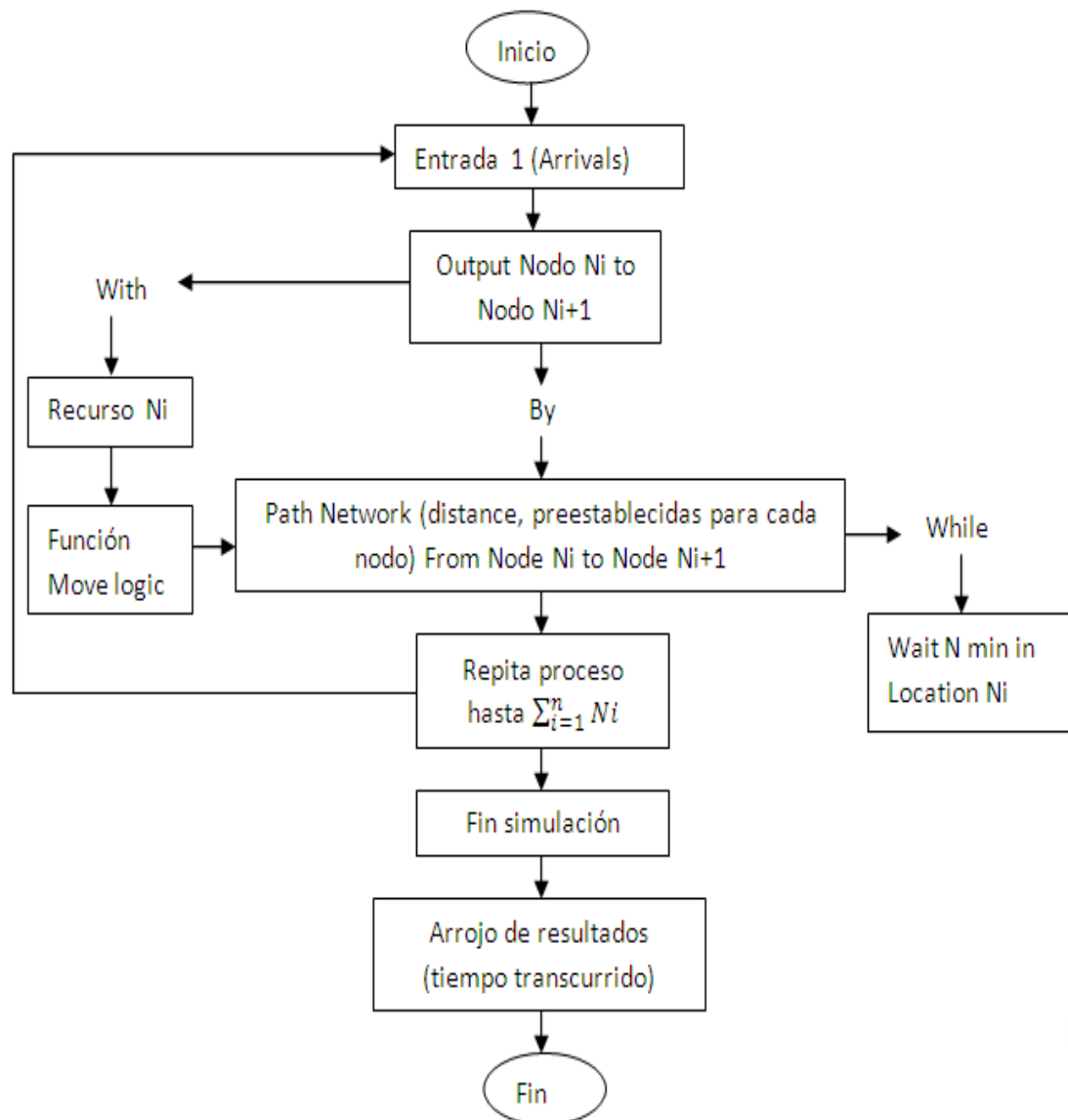
7.3.3.4. Sistema a simular

Definimos el sistema a simular como el conjunto de elementos (clientes), que se interrelacionan para determinar el funcionamiento de la política de transporte planteada, en búsqueda de dar posibles soluciones a situaciones descritas y requeridas por la empresa recicladora Alianza LTDA.

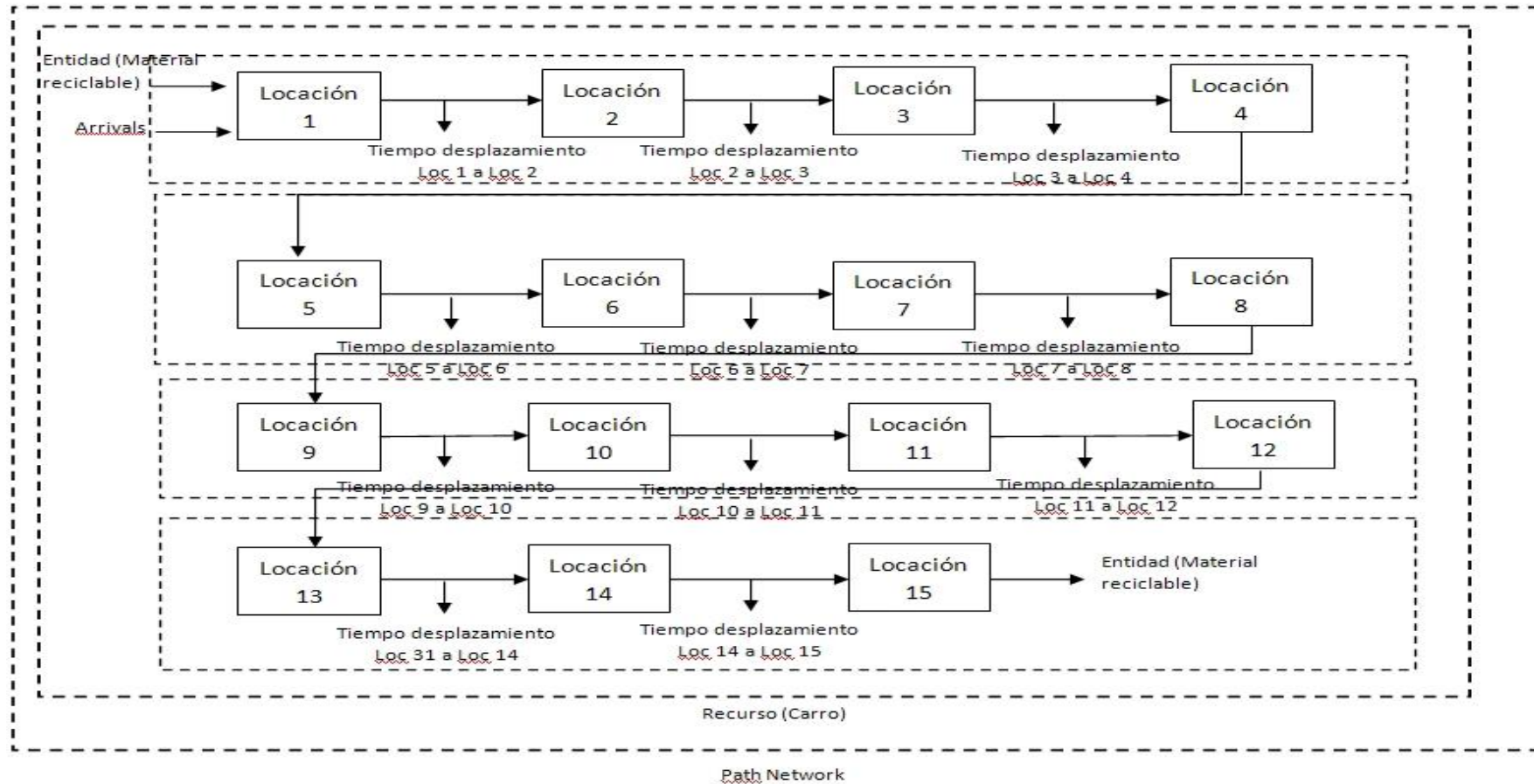
7.3.3.5. Estado de la Simulación

El tipo de simulación para la política de distribución es terminal, debido a que la terminación de la ruta da por finalizada la simulación.

Grafica 23. Diagrama de Flujo de la simulación



Gráfica 24. Representación el sistema a simular.

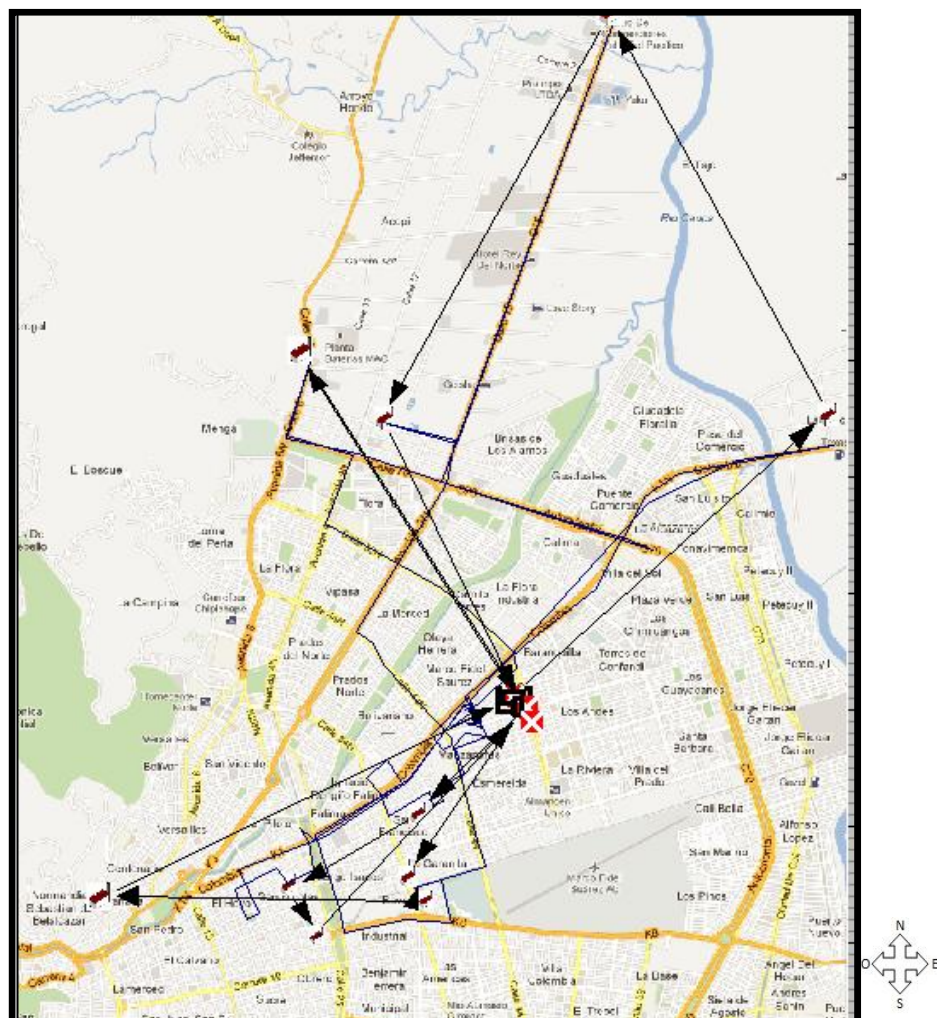


FUENTE: AUTORES

7.3.3.5. Definición de los componentes del sistema

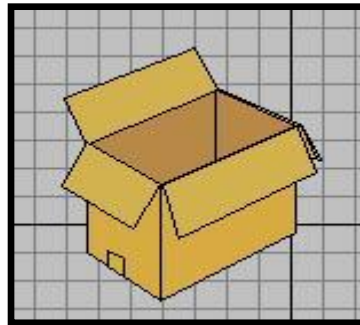
7.3.3.5.1. Sistema: Está conformado por una flota de vehículos, cantidad de material reciclado a distribuir hacia los clientes.

GRÁFICA NO 24 SISTEMA A SIMULAR.



7.3.3.5.2. Entidades: es la materia prima de un producto o servicio que va a ser procesada en una localización. Las entidades se pueden transformar durante la simulación.

Las entidades de nuestro sistema a simular son las pacas de material reciclado que se envía a los clientes. Las entidades están representadas en el sistema como:



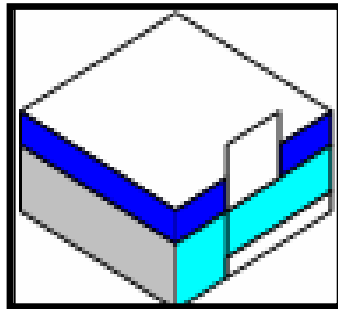
Gráfica 25. Material reciclado

Icon	Name	Speed (mpm)	State	Notes...
	Material_reciclable	50	Time Series	

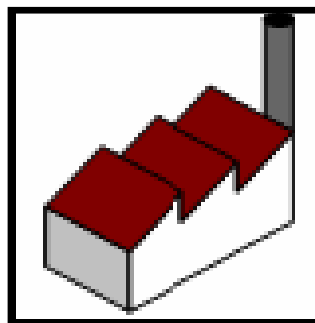
Gráfica 26 Tabla de entidades en el software Promodel

7.3.3.5.3. Localizaciones: Representan el lugar donde la entidad realizará un proceso o algún otro tipo de actividad.

7.3.3.5.4. Las localizaciones de nuestro sistema son; los 10 clientes de la empresa recicladora alianza Ltda, y la empresa Recicladora Alianza Ltda. Las cuales están representadas:



Gráfica 27. Representación de la empresa Recicladora Alianza Ltda en el software Promodel.



Gráfica 28. Representación de los 10 clientes de la empresa Recicladora Alianza Ltda.

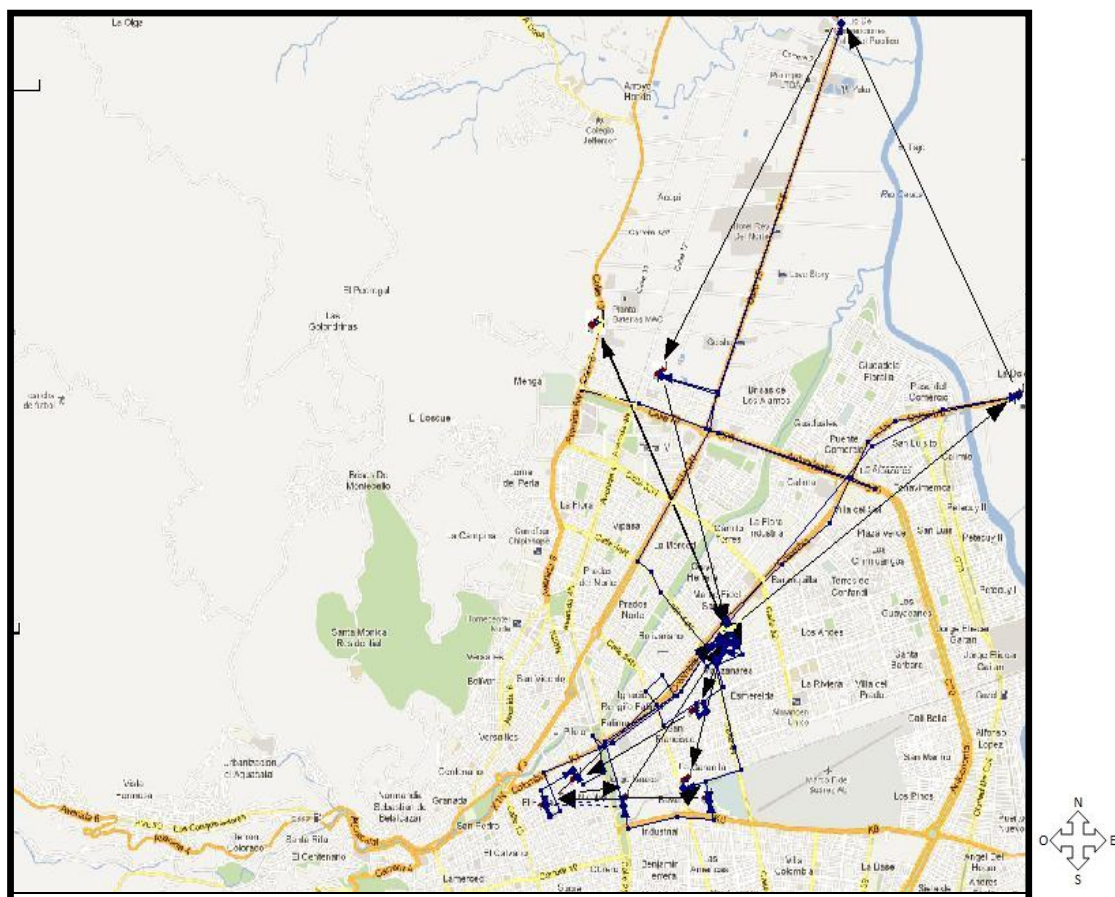
File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help							
Locations							
Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...	Notes...
	Colombia_tissue	2,4	1	None	Time Series	Oldest	
	Sidoc_S.A	2,8	1	None	Time Series	Oldest	
	Deproin_S.A.S	1,2	1	None	Time Series	Oldest	
	Eternit_pacifico_S.A	2,4	1	None	Time Series	Oldest	
	Rodamientos_CJR	1,9	1	None	Time Series	Oldest	
	Sonoco_de_Colombia_Ltda	2,1	1	None	Time Series	Oldest	
	Carton_de_Colombia	1,5	1	None	Time Series	Oldest	
	Carfenix_S.A	1,3	1	None	Time Series	Oldest	
	Papeles_y_Carton	1,5	1	None	Time Series	Oldest	
	Copapel	1,6	1	None	Time Series	Oldest	
	Empresa_Alianza	3,0	1	None	Time Series	Oldest	

Gráfica 29. Tabla de locaciones en el software Promodel

7.3.3.5.5. Path Networks: todo proceso necesita un diagrama de recorrido para los recursos (personas, máquinas, flota de camiones, etc.) que

se utilizan para movilizar las entidades (las pacas de material reciclado). También se utiliza para informar al modelo cuanto tiempo se demora una localización a otra.

Las path networks utilizadas en nuestro sistema a simular son las rutas que existen entre los 10 clientes y la empresa recicladora Alianza Ltda, hallada previamente por medio del método de barrido y el árbol de expansión mínima (las 4 rutas halladas). Estas Rutas se definieron dentro del programa de Promodel, con las distancias reales y con el sentido de las vías según el mapa actual de Santiago de Cali.



Gráfica 30. Las path networks están representadas por la línea de color azul oscuro en el software Promodel

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Lagrima_1	Passing	Speed & Distance	14	15	22	15

Gráfica 31. Tabla de Path Networks en el software Promodel

From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	1.2
N2	N3	Bi	2.1
N3	N4	Bi	0.75
N4	N5	Bi	3.6
N5	N6	Bi	2.3
N6	N7	Bi	0.16
N7	N8	Bi	1.2
N8	N9	Bi	2.4
N9	N10	Bi	5.6
N10	N11	Bi	15.7
N11	N12	Bi	5.5
N12	N13	Bi	5.1
N13	N14	Bi	14.3
N14	N15	Bi	13.6

Gráfica 32. Tabla de datos entre nodos de la Path Networks en el software Promodel.

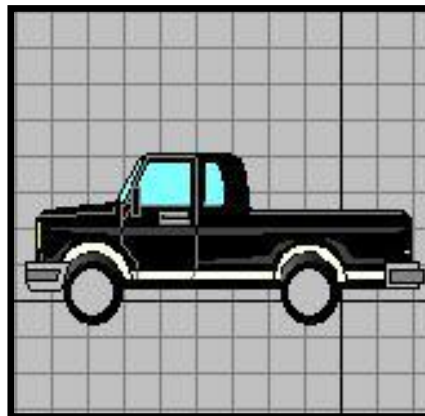
Node	Location
N1	Empresa_Alianza
N2	Copapel
N3	Rodamientos_CJR
N4	Papeles_y_Carton
N5	Alianza_1
N6	Sonoco_de_Colombia_Ltda
N7	Carfenix_S.A
N8	Eternit_pacifico_S.A
N9	Alianza_2
N10	Colombia_tissue
N11	Carton_de_Colombia
N12	Sidoc_S.A
N13	Alianza_3
N14	Deproin_S.A.S
N15	Alianza_4

Gráfica 33. Tabla de interfaces en el software Promodel.

7.3.3.5.6. Recursos: un recurso es una persona, un equipo o un vehículo que desempeña o realiza diferentes operaciones a las entidades, como

transporte de un nodo a otro y operaciones puntuales a la entidad. Para utilizar los recursos previamente se debió definir una red (path networks).

Los recursos utilizados en el sistema a simular son la flota de vehículos de la empresa recicladora Alianza Ltda que son utilizados para la distribución del material reciclado hacia los clientes. Son pacas de 350 kg (Ver anexo F).



Gráfica 34. Representación del vehículo utilizado para la distribución del material reciclado en el software Promodel.

Resources									
Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Carro_1	1	None	By Unit	Lagrima_1, N1	None	0	1	

Gráfica 35. Tabla de Recursos en el software Promodel.

7.3.3.5.7. Proceso: El menú de proceso es uno de los más importantes debido a que en él se programa la operación. Normalmente todo el proceso tiene un diagrama de proceso o de operaciones; esta información se transcribe del diagrama al computador. Antes de diseñar el proceso se deben crear las entidades, recursos, localizaciones y las path networks que requiere el modelo a simular. Se debe tener claro como es el proceso de una forma detallada para poder simular.

Routing for Material_reciclable @ Loc4 [1]

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Material_reciclable	EXIT	FIRST 1	

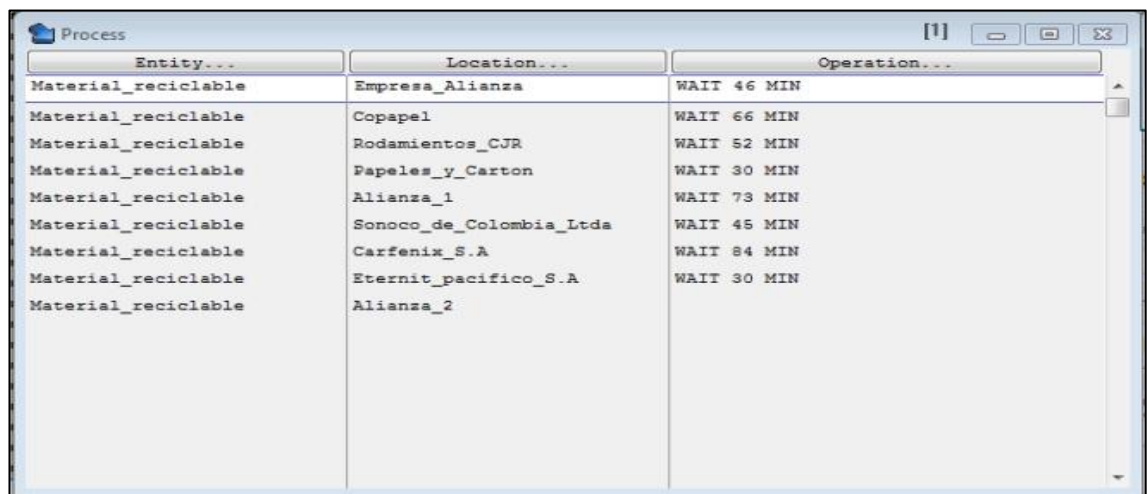
Process [15]

Entity...	Location...	Operation...
Material_reciclable	Empresa_Alianza	WAIT 56 MIN
Material_reciclable	Copapel	WAIT 66 MIN
Material_reciclable	Rodamientos_CJR	WAIT 52 MIN
Material_reciclable	Papeles_y_Carton	WAIT 30 MIN
Material_reciclable	Loc1	WAIT 73 MIN
Material_reciclable	Sonoco_de_Colombia_Ltda	WAIT 45 MIN
Material_reciclable	Carfenix_S.A	WAIT 84 MIN
Material_reciclable	Eternit_pacifico_S.A	WAIT 84 MIN
Material_reciclable	Loc2	WAIT 84 MIN
Material_reciclable	Colombia_tissue	WAIT 52 MIN
Material_reciclable	Carton_de_Colombia	WAIT 98 MIN
Material_reciclable	Sidoc_S.A	WAIT 30 MIN
Material_reciclable	Loc3	WAIT 42 MIN
Material_reciclable	Deproin_S.A.S	WAIT 30 MIN
Material_reciclable	Loc4	

Grafica 36. Tabla de Procesos del escenario 1 en el software Promodel.

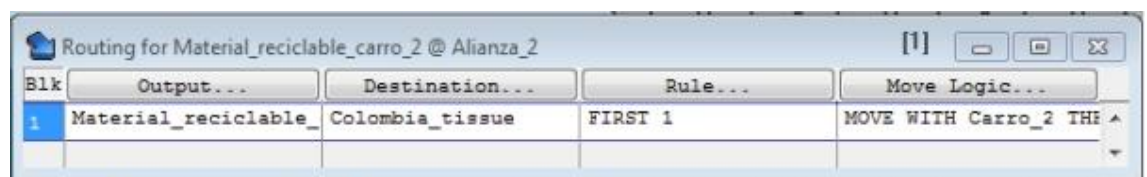
Routing for Material_reciclable @ Empresa_Alianza [1]

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Material_reciclable	Copapel	FIRST 1	MOVE WITH Carro_1 THE

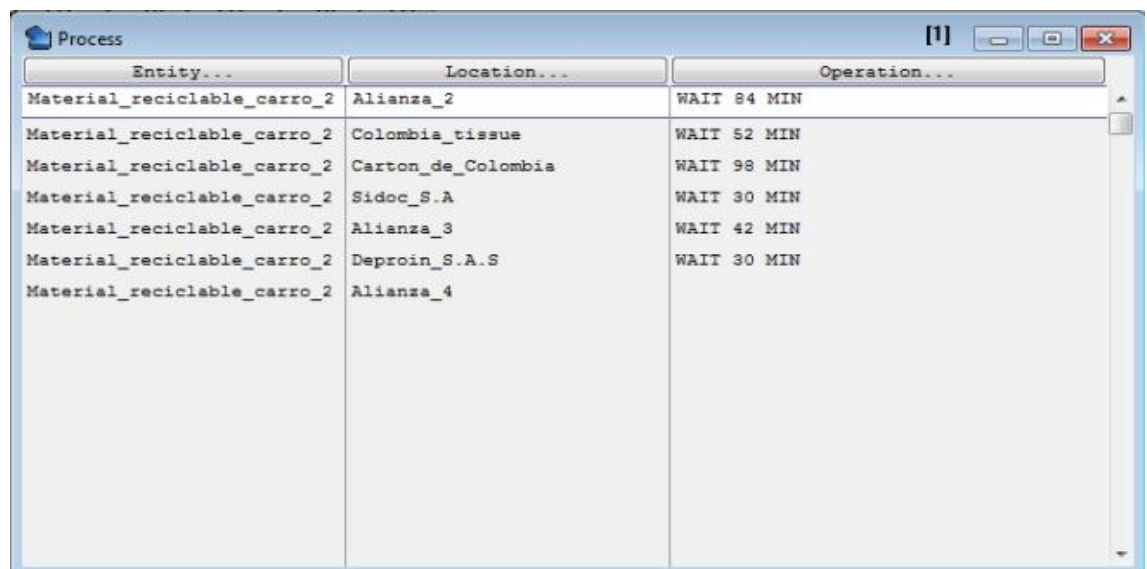


Entity...	Location...	Operation...
Material_reciclable	Empresa_Alianza	WAIT 46 MIN
Material_reciclable	Copapel	WAIT 66 MIN
Material_reciclable	Rodamientos_CJR	WAIT 52 MIN
Material_reciclable	Papeles_y_Carton	WAIT 30 MIN
Material_reciclable	Alianza_1	WAIT 73 MIN
Material_reciclable	Sonoco_de_Colombia_Ltda	WAIT 45 MIN
Material_reciclable	Carfenix_S.A	WAIT 84 MIN
Material_reciclable	Eternit_pacifico_S.A	WAIT 30 MIN
Material_reciclable	Alianza_2	

Gráfica 37. Tabla de Proceso del escenario 2 en el software Promodel.



Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Material_reciclable	Colombia_tissue	FIRST 1	MOVE WITH Carro_2 THE

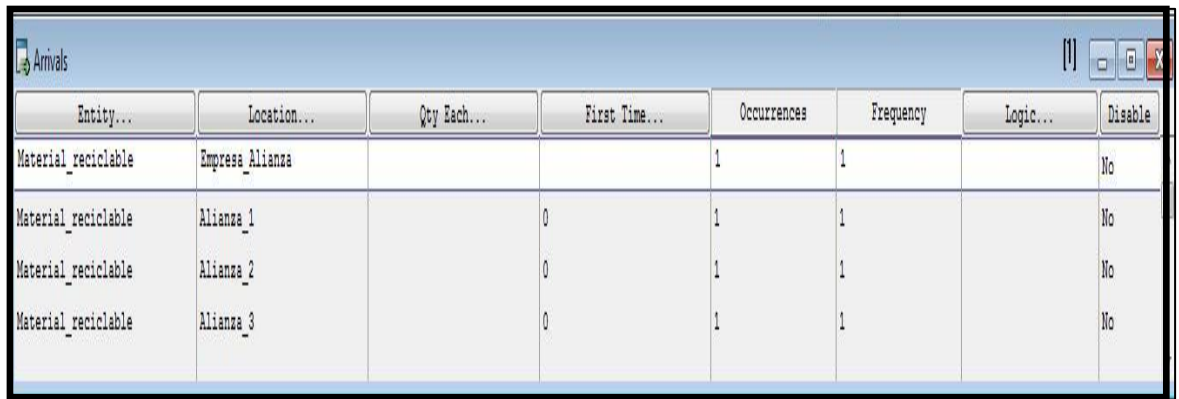


Entity...	Location...	Operation...
Material_reciclable_carro_2	Alianza_2	WAIT 84 MIN
Material_reciclable_carro_2	Colombia_tissue	WAIT 52 MIN
Material_reciclable_carro_2	Carton_de_Colombia	WAIT 98 MIN
Material_reciclable_carro_2	Sidoc_S.A	WAIT 30 MIN
Material_reciclable_carro_2	Alianza_3	WAIT 42 MIN
Material_reciclable_carro_2	Deproin_S.A.S	WAIT 30 MIN
Material_reciclable_carro_2	Alianza_4	

Gráfica 38. Tabla de Proceso del escenario 3 en el software Promodel.

7.3.5.7. Llegadas: todo sistema tiene como partida a donde llega el material (información, personas, etc.) para que el proceso pueda empezar

desarrollarse. Para el caso de la simulación hacen referencia a las pacas de material reciclable disponibles para ser entregadas por la flota a los clientes.



Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Disable
Material_reciclable	Empresa_Alianza			1	1		No
Material_reciclable	Alianza_1		0	1	1		No
Material_reciclable	Alianza_2		0	1	1		No
Material_reciclable	Alianza_3		0	1	1		No

Gráfica 39. Tabla de los Arrivals en el software Promodel.

Después de realizar todos los parámetros a tener en cuenta en la simulación, se procede a describir e identificar los valores de entrada para cada una de las localizaciones del modelo a simular; es decir, identificar el tipo de distribución y la interrelación de la información dentro de las decisiones que el sistema toma.

7.3.5.7.1. Resultados

Para la simulación del modelo, se tuvo los siguientes supuestos:

- No se tienen en cuenta los horarios laborales.
- No se tiene en cuenta los tiempos por semáforos y trancones.
- No se tienen restricciones de día y de noche.
- No se tiene en cuenta los tiempos de descanso y almuerzo.

Se plantearon tres escenarios, donde se evaluó los costos asociados en cada decisión. Y se tomó el escenario más favorable para la empresa, los cuales son:

Escenario 1: Diseño de ruta propuesto con un vehículo (vehículo actual). En este escenario, se evaluó el tiempo y los costos establecidos para realizar el recorrido a todos los clientes, por medio de las cuatro rutas halladas en el vehículo de la empresa.

Escenario 2: Diseño de ruta propuesto con dos vehículos (Vehículo actual y contratación con terceros por el servicio). Este escenario se analizó de acuerdo

a la necesidad particular de la empresa Recicladora Alianza LTDA, en su afán de definir el mejor escenario al momento de reducción de costos. En este escenario, se evaluó el tiempo y los costos establecidos para realizar el recorrido a todos los clientes, por medio del vehículo de la empresa y la subcontratación de un servicio particular. El vehículo propio recorrerá las rutas 1 y 2 (debido a que la distancia es más corta con respecto a la ubicación geográfica de la empresa y costes asociados a desplazamientos) y el vehículo subcontratado recorrerá las rutas 3 y 4 (debido a las distancias más lejanas con respecto a la ubicación geográfica de la empresa).

Escenario 3: Diseño de ruta propuesto con dos vehículos (vehículo actual y la compra de un nuevo vehículo). Este escenario se analizó de acuerdo a la necesidad particular de la empresa Recicladora Alianza LTDA, en su afán de definir el mejor escenario al momento de reducción de costos. En este escenario, se avaluó el tiempo y los costos establecidos para realizar el recorrido a los clientes por medio de los dos vehículos.

Escenario 1. Diseño de ruta propuesto con un vehículo (vehículo actual).

General Report (Normal Run - Rep. 1)									
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	
proyecto.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Carfenix S.A	13,95	1,00	1,00	82,79	0,10	1,00	0,00	9,85	
Carton de Colombia	13,95	1,00	1,00	92,53	0,11	1,00	0,00	11,00	
Colombia tissue	13,95	2,00	1,00	45,23	0,05	1,00	0,00	2,70	
Copapel	13,95	1,00	1,00	74,46	0,09	1,00	0,00	8,90	
Deproin S.A.S	13,95	1,00	1,00	33,89	0,04	1,00	0,00	4,05	
Empresa Alianza	13,95	3,00	1,00	51,67	0,06	1,00	0,00	2,06	
Eternit pacifico S.A	13,95	2,00	1,00	86,85	0,10	1,00	0,00	5,14	
Loc1	13,95	3,00	1,00	74,04	0,09	1,00	0,00	2,95	
Loc2	13,95	3,00	1,00	89,01	0,11	1,00	0,00	3,55	
Loc3	13,95	3,00	1,00	43,51	0,05	1,00	0,00	1,73	
Loc4	13,95	3,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Papeles y Carton	13,95	1,00	1,00	24,02	0,03	1,00	0,00	2,87	
Rodamientos CJR	13,95	1,00	1,00	47,48	0,06	1,00	0,00	5,63	
Sidoc S.A	13,95	2,00	1,00	33,67	0,04	1,00	0,00	2,01	
Sonoco de Colombia Ltda	13,95	2,00	1,00	48,73	0,06	1,00	0,00	2,91	

Gráfica 40. Tabla resultado escenario 1 en el software Promodel.

Total de tiempo transcurrido cargue y descargue: 13,79 Horas

Total de tiempo transcurrido (Tomadas de la distancias de google): 71,1 Km

Costo Km /mes: \$63.470

Distancia recorrida:

$$dx = 71,1 \text{ km}$$

Costos Asociado km:

$$CKm = dx * Cx$$

$$CKm = \$ 63.470 * 71,1 \text{ Km} = \$ 4.551.433,70$$

Costos Asociado carga y descarga:

$$13,7 \text{ Horas} * \$13.170 = \$ 181.733,11$$

Costo total

$$CT = \$ 181.733,11 + \$4.551.433,70$$

$$CT = \$ 4.733.166,81$$

Se tiene un costo de \$ 4.733.166,81 por costos variables mensuales para el escenario 1.

General Report (Normal Run - Rep. 1)									
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States			
proyecto lagrimas 1 y 2.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Alianza 1	7,10	3,00	1,00	73,00	0,17	1,00	0,00	5,71	
Alianza 2	7,10	3,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Alianza 3	7,10	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Alianza 4	7,10	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Carfenix S.A	7,10	1,00	1,00	84,00	0,20	1,00	0,00	19,71	
Carton de Colombia	7,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Colombia tissue	7,10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Copapel	7,10	1,00	1,00	66,00	0,15	1,00	0,00	15,48	
Deproin S.A.S	7,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Empresa Alianza	7,10	3,00	1,00	46,00	0,11	1,00	0,00	3,60	
Eternit pacifico S.A	7,10	2,00	1,00	30,00	0,07	1,00	0,00	3,52	
Papeles y Carton	7,10	1,00	1,00	30,00	0,07	1,00	0,00	7,04	
Rodamientos CJR	7,10	1,00	1,00	52,00	0,12	1,00	0,00	12,20	
Sidoc S.A	7,10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sonoco de Colombia Ltda	7,10	2,00	1,00	45,00	0,11	1,00	0,00	5,28	

Gráfica 41. Tabla escenario 2 Rutas 1 y 2 en el software Promodel.

Total de tiempo transcurrido cargue y descargue: 17,7 Horas

Total de tiempo transcurrido (Tomadas de la distancias de google pág. 60):
15,91 Km

Costo Km /mes: \$63.470

Costo tiempo de carga y descarga por hora: \$13.170

Distancia recorrida:

$$dx = 15,91 \text{ km}$$

Costos Asociado carga y descarga:

$$17,7 \text{ Horas} * \$13.170 = \$ 233.781,70$$

Costos Asociado por km:

$$Ckm = dx * Cx$$

$$CTm = 15,91 \text{ Km} * 63.470 \frac{\$}{\text{km}}$$

$$Ckm = \$ 1.003.077,77$$

$$CT = \$ 233.781,70 + \$ 1.003.077,77$$

$$CT = \$ 1.236.859,47$$

Se tiene un costo de \$ 1.236.859,47 por costos variables mensuales para el escenario 2 en la ruta 1 y 2.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals				
escenario 2 Lagrima 3 y 4 final.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization		
Alianza 1	7,25	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Alianza 2	7,25	3,00	2,00	84,02	0,39	2,00	0,00	0,00	12,88	
Alianza 3	7,25	3,00	2,00	42,00	0,19	1,00	0,00	0,00	6,44	
Alianza 4	7,25	3,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
Carfenix S.A	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Carton de Colombia	7,25	1,00	2,00	98,11	0,45	1,00	0,00	0,00	45,12	
Colombia tissue	7,25	2,00	2,00	101,05	0,46	2,00	0,00	0,00	23,24	
Copapel	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Deproin S.A.S	7,25	1,00	2,00	30,10	0,14	1,00	0,00	0,00	13,84	
Empresa Alianza	7,25	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Eternit pacifico S.A	7,25	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Papeles y Carton	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Rodamientos CJR	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sidoc S.A	7,25	2,00	2,00	30,13	0,14	1,00	0,00	0,00	6,93	
Sonoco de Colombia Ltda	7,25	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Gráfica 42. Tabla escenario 2 rutas 3 y 4 en el software Promodel.

Total de tiempo transcurrido cargue y descargue: 16,05 Horas

Total de tiempo transcurrido (Tomadas de la distancias de google): 55,8

Km

Costo Km /mes: \$50.000

Costo tiempo de carga y descarga por hora: \$13.170

Distancia recorrida:

$$dx = 55,8 \text{ km}$$

Costos Asociado carga y descarga:

$$16,05 \text{ Horas} * \$13.170 = \$ 211.497,26$$

Costos Asociado por km:

$$C_{km} = dx * C_x$$

$$CT_m = 55,8 \text{ Km} * \$50.000$$

$$C_{km} = \$ 2.790.000,00$$

$$CT = \$ 211.497,26 + \$ 2.790.000$$

$$CT = \$ 3.001.497,26$$

Se tiene un costo de \$ 3.001.497,26 por costos variables mensuales para en escenario 2 en la ruta 3 y 4.

$$\text{Costo total escenario 2: } \$ 3.001.497,26 + \$ 1.236.859,47 = \$ 4.238.356,73$$

Se tiene un costo total de \$ 4.238.356,73 por costos variables mensuales para en escenario 2

Escenario 3: Diseño de ruta propuesto con dos vehículos (vehículo actual y la compra de un nuevo vehículo).

General Report (Normal Run - Rep.1)								
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States		
proyecto lagrimas 1 y 2.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Alianza 1	7,10	3,00	1,00	73,00	0,17	1,00	0,00	5,71
Alianza 2	7,10	3,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Alianza 3	7,10	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alianza 4	7,10	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carfenix S.A	7,10	1,00	1,00	84,00	0,20	1,00	0,00	19,71
Carton de Colombia	7,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colombia tissue	7,10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Copapel	7,10	1,00	1,00	66,00	0,15	1,00	0,00	15,48
Deproin S.A.S	7,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Empresa Alianza	7,10	3,00	1,00	46,00	0,11	1,00	0,00	3,60
Eternit pacifico S.A	7,10	2,00	1,00	30,00	0,07	1,00	0,00	3,52
Papeles y Carton	7,10	1,00	1,00	30,00	0,07	1,00	0,00	7,04
Rodamientos CJR	7,10	1,00	1,00	52,00	0,12	1,00	0,00	12,20
Sidoc S.A	7,10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonoco de Colombia Ltda	7,10	2,00	1,00	45,00	0,11	1,00	0,00	5,28

Gráfica 43. Tabla escenario 3 rutas 1 y 2 en el software Promodel.

Primeros 5 años, compra del vehículo Furgon a crédito \$31.000.000 a una tasa de 4,79% pagadera mes vencido:

Tabla No 22. de amortización Costos primeros 5 años.

Mes	Valor neto	Interés	Cuota	Cuota Total	Saldo
1	\$ 31.000.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 30.483.333,33
2	\$ 30.483.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 29.966.666,67
3	\$ 29.966.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 29.450.000,00
4	\$ 29.450.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 28.933.333,33
5	\$ 28.933.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 28.416.666,67
6	\$ 28.416.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 27.900.000,00
7	\$ 27.900.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 27.383.333,33
8	\$ 27.383.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 26.866.666,67
9	\$ 26.866.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 26.350.000,00
10	\$ 26.350.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 25.833.333,33
11	\$ 25.833.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 25.316.666,67
12	\$ 25.316.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 24.800.000,00
13	\$ 24.800.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 24.283.333,33
14	\$ 24.283.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 23.766.666,67
15	\$ 23.766.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 23.250.000,00
16	\$ 23.250.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 22.733.333,33
17	\$ 22.733.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 22.216.666,67
18	\$ 22.216.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 21.700.000,00
19	\$ 21.700.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 21.183.333,33
20	\$ 21.183.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 20.666.666,67

21	\$ 20.666.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 20.150.000,00
22	\$ 20.150.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 19.633.333,33
23	\$ 19.633.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 19.116.666,67
24	\$ 19.116.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 18.600.000,00
25	\$ 18.600.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 18.083.333,33
26	\$ 18.083.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 17.566.666,67
27	\$ 17.566.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 17.050.000,00
28	\$ 17.050.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 16.533.333,33
29	\$ 16.533.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 16.016.666,67
30	\$ 16.016.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 15.500.000,00
31	\$ 15.500.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 14.983.333,33
32	\$ 14.983.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 14.466.666,67
33	\$ 14.466.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 13.950.000,00
34	\$ 13.950.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 13.433.333,33
35	\$ 13.433.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 12.916.666,67
36	\$ 12.916.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 12.400.000,00
37	\$ 12.400.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 11.883.333,33
38	\$ 11.883.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 11.366.666,67
39	\$ 11.366.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 10.850.000,00
40	\$ 10.850.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 10.333.333,33
41	\$ 10.333.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 9.816.666,67
42	\$ 9.816.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 9.300.000,00
43	\$ 9.300.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 8.783.333,33
44	\$ 8.783.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 8.266.666,67
45	\$ 8.266.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 7.750.000,00
46	\$ 7.750.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 7.233.333,33
47	\$ 7.233.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 6.716.666,67
48	\$ 6.716.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 6.200.000,00
49	\$ 6.200.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 5.683.333,33
50	\$ 5.683.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 5.166.666,67
51	\$ 5.166.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 4.650.000,00
52	\$ 4.650.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 4.133.333,33
53	\$ 4.133.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 3.616.666,67
54	\$ 3.616.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 3.100.000,00
55	\$ 3.100.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 2.583.333,33
56	\$ 2.583.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 2.066.666,67
57	\$ 2.066.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 1.550.000,00
58	\$ 1.550.000,00	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 1.033.333,33
59	\$ 1.033.333,33	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ 516.666,67
60	\$ 516.666,67	\$ 247.483,33	\$ 516.666,67	\$ 764.150,00	\$ (0,00)

Total de tiempo transcurrido cargue y descargue: 17,7 Horas

Total de tiempo transcurrido (Tomadas de la distancias de google): 15,91 Km

Costo Km /mes: \$63.470

Cuota amortización: \$764.150,00

Costo tiempo de carga y descarga por hora: \$13.170

Distancia recorrida:

$$dx = 15,91 \text{ km}$$

Costos Asociado carga y descarga:

$$17,7 \text{ Horas} * \$13.170 = \$ 233.781,70$$

Costos Asociado por km:

$$C_{km} = dx * C_x$$

$$CT_m = 15,91 \text{ Km} * 63.470 \frac{\$}{\text{km}}$$

$$C_{km} = \$ 1.003.077,77$$

$$CT = \$ 233.781,70 + \$ 1.003.077,77 + \$ 764.150,00$$

$$CT = \$ 2.001.008,00$$

Se tiene un costo de \$ 2.001.008,00 por costos variables mensuales para en escenario 2 en la ruta 1 y 2.

Una vez se ha realizado el pago del vehículo durante los 5 años de amortización los costos asociados al vehículo serían:

Total de tiempo transcurrido cargue y descargue: 17,7 Horas

Total de tiempo transcurrido (Tomadas de la distancias de google): 15,91 Km

Costo Km /mes: \$63.470

Costo tiempo de carga y descarga por hora: \$13.170

Distancia recorrida:

$$dx = 15,91 \text{ km}$$

Costos Asociado carga y descarga:

$$17,7 \text{ Horas} * \$13.170 = \$ 233.781,70$$

Costos Asociado por km:

$$C_{km} = dx * C_x$$

$$CT_m = 15,91 \text{ Km} * 63.470 \frac{\$}{\text{km}}$$

$$C_{km} = \$ 1.003.077,77$$

$$CT = \$ 233.781,70 + \$ 1.003.077,77$$

$$CT = \$ 1.236.859,47$$

Se tiene un costo de \$ 1.236.859,47 por costos variables mensuales para en escenario 3 en la ruta 1 y 2

escenario 2 Lagrima 3 y 4 final.MDD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Alianza 1	7,25	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Alianza 2	7,25	3,00	2,00	84,02	0,39	2,00	0,00	12,88	
Alianza 3	7,25	3,00	2,00	42,00	0,19	1,00	0,00	6,44	
Alianza 4	7,25	3,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Carfenix S.A	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Carton de Colombia	7,25	1,00	2,00	98,11	0,45	1,00	0,00	45,12	
Colombia tissue	7,25	2,00	2,00	101,05	0,46	2,00	0,00	23,24	
Copapel	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Deproin S.A.S	7,25	1,00	2,00	30,10	0,14	1,00	0,00	13,84	
Empresa Alianza	7,25	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Eternit pacifico S.A	7,25	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Papeles y Carton	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Rodamientos CJR	7,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sidoc S.A	7,25	2,00	2,00	30,13	0,14	1,00	0,00	6,93	
Sonoco de Colombia Ltda	7,25	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Gráfica 44. Tabla escenario 3 rutas 3 y 4 en el software Promodel.

Total de tiempo transcurrido cargue y descargue: 16,05 Horas

Total de tiempo transcurrido (Tomadas de la distancias de google): 55,8

Km

Costo Km /mes: \$56.077

Costo tiempo de carga y descarga por hora: \$13.170

Distancia recorrida:

$$dx = 55,8 \text{ km}$$

Costos Asociado carga y descarga:

$$16,05 \text{ Horas} * \$13.170 = \$ 211.497,26$$

Costos Asociado por km:

$$Ckm = dx * Cx$$

$$CTm = 55,8 \text{ Km} * \$56.077$$

$$Ckm = \$ 3.129.096,60$$

$$CT = \$ 211.497,26 + \$ 3.129.096,86$$

$$CT = \$ 3.340.593,86$$

Se tiene un costo de \$ 3.340.593,86 por costos variables mensuales para en escenario 3 en la ruta 3 y 4.

Costo total escenario 3 durante los 5 años de amortización: \$ 3.340.593,86 + \$ 2.001.008 = \$5.341.601,86

Costo total escenario 3 después del pago del vehículo: \$ 3.340.593,86 + \$ 1.236.859,47 = \$ 4.577.453,33

Se tiene un costo total de \$5.341.601,86 durante amortización y \$ 4.577.453,33 por costos variables mensuales para en escenario 3 después de los 5 años de pago del vehículo.

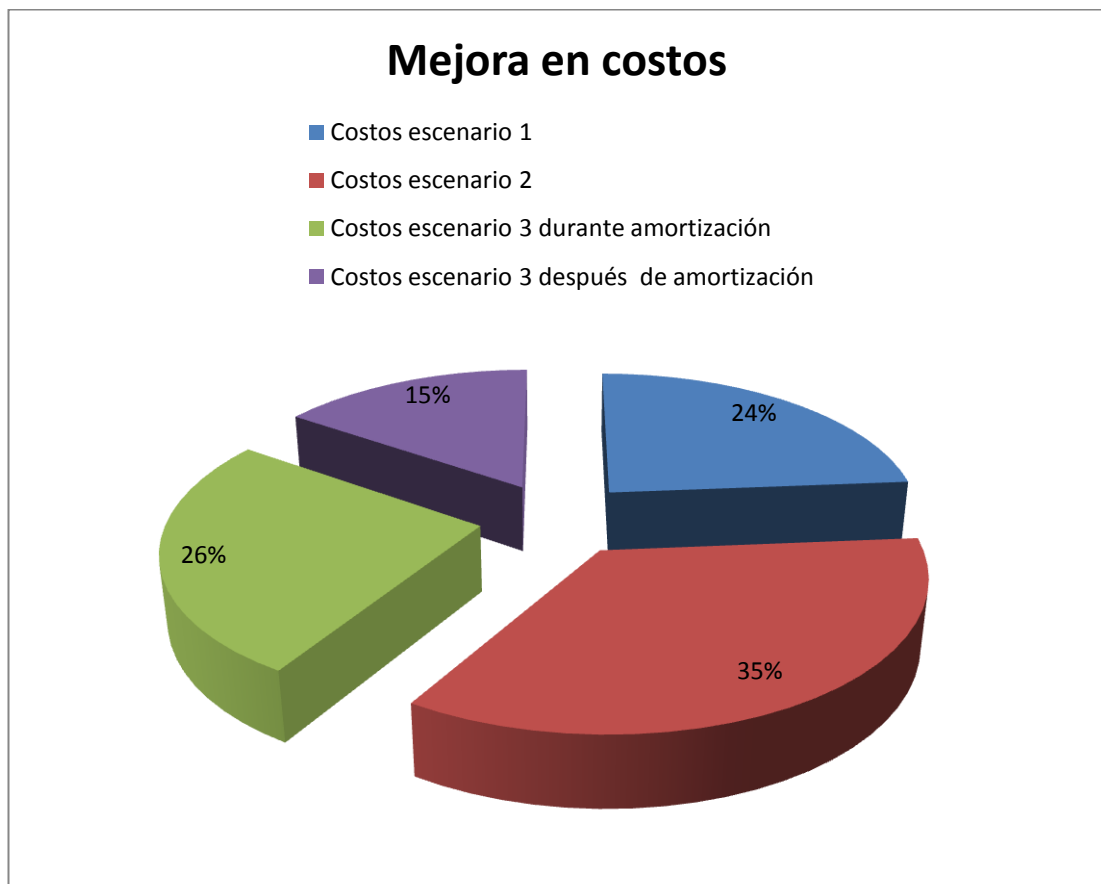
Tabla 23. Comparación de los costos totales en cada escenario

Costos	Fijos	Variables	Totales
Costos Actuales	4.225.646,33	6.467.103,10	10.692.749,43
Costos escenario 1	4.225.646,33	4.733.166,80	8.958.813,13
Costos escenario 2	4.225.646,33	3.908.299,70	8.133.946,03
Costos escenario 3 durante amortización de deuda	4.225.646,33	4.577.453,30	8.803.099,63
Costos escenario 3 después de amortización de deuda	4.225.646,33	5.341.601,86	9.567.248,19

Resumiendo tenemos:

Tabla 24. Porcentaje de reducción de costos por cada escenario

Escenario	Mejora en costos
Costos escenario 1	16%
Costos escenario 2	24%
Costos escenario 3 durante amortización	18%
Costos escenario 3 después de amortización	11%



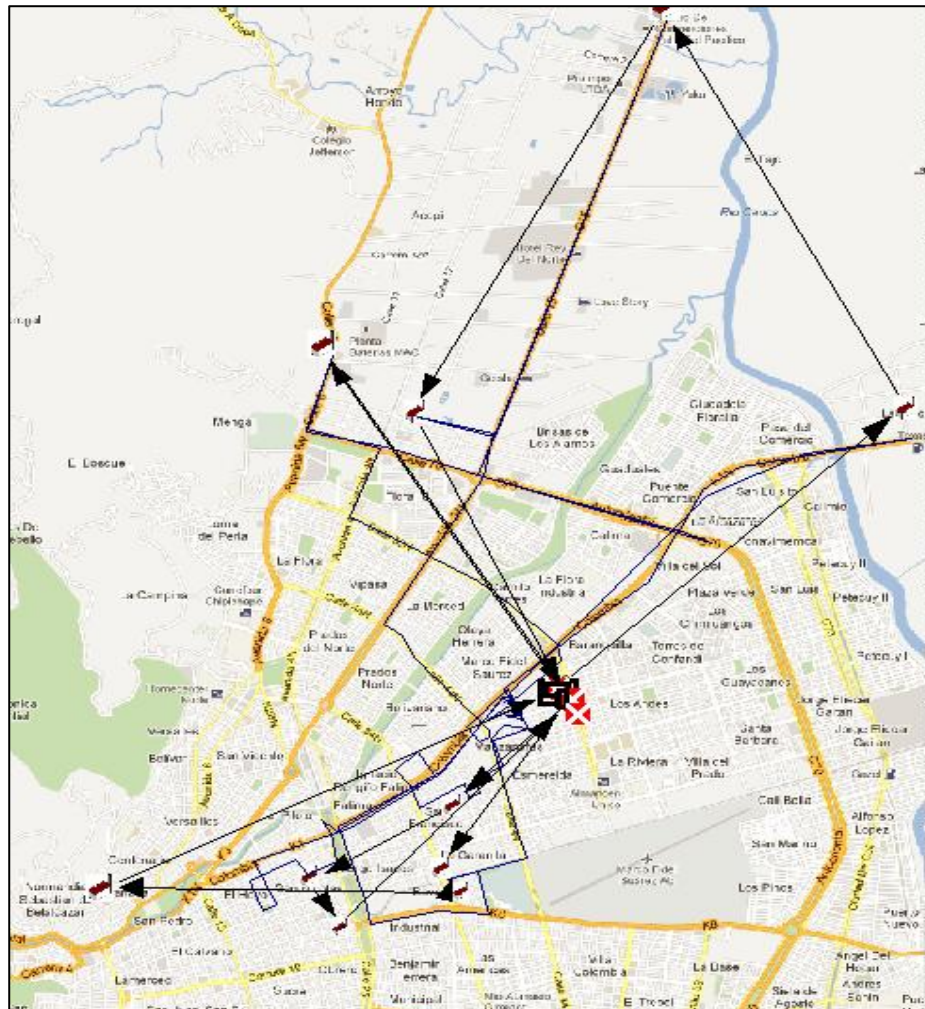
Gráfica 45. Análisis de reducción de costos en cada propuesta

De acuerdo al análisis anterior que comprendió las variables de costo de transporte y costo de km recorrido, es conveniente para la empresa definir sus recorridos de acuerdo al diseño de ruta propuesto, Que se detalla a continuación:

Política de transporte propuesta:

- Después de realizar el diseño de ruta por medio del método del barrido y el árbol de expansión mínima, se debe realizar los recorridos de entrega de material reciclable a los clientes principales de la empresa, por medio de las cuatro rutas establecidas como los muestra la grafica 43, con el fin de minimizar las distancias a recorrer de acuerdo al número de las posibles rutas que se generan para realizar dichos recorridos. Esta configuración presentada, nos proporciona la menor distancia a recorrer de acuerdo a las posibles combinaciones de rutas o configuraciones para realizar los recorridos.
- Por otra parte, es necesario realizar estos recorridos, combinando su sistema de transporte con la subcontratación de servicio de transporte

con terceros. De acuerdo a los resultados obtenidos es un 24% más rentable, combinar estos costos de subcontratación con los de la flota propia.



Gráfica 46. Diseño de rutas más cortas para la entrega de material reciclable a clientes.

Por otra parte, esta es más efectiva si es combinada con la subcontratación de flotas que presten el servicio de distribución de material reciclable. Se escoge por tanto el escenario dos como la mejor propuesta en la reducción de costos totales para la empresa Alianza LTDA.

8. CONCLUSIONES

- Se hace necesario mejorar los procesos logísticos, por la implicación que tienen éstos sobre los costos totales. Para el caso concreto de la empresa Recicladora Alianza LTDA, representan el 59%, el cual representan costos significativos en la operación de la empresa.
- Se realizó para la mejora planteada al problema propuesto (disminución de costos de transporte en la empresa Recicladora Alianza LTDA.), la combinación de métodos ingenieriles que permitieron comparar la reducción de distancias y generar la mejor solución al problema.
- El resultado de este trabajo plantea una metodología que plantea la necesidad de estandarizar los procesos de distribución de material reciclado para la reducción de los costos totales de transporte de la empresa Recicladora Alianza LTDA. que se ven reflejados en la reducción de desplazamientos y por ende en costos logísticos.
- Se redujo los costos totales de la empresa con la formulación de escenarios que permitieran ofrecer variadas soluciones a la empresa, encontrando que se reducen significativamente los costos en un 24%, comparados con el promedio de los costos actuales, contratando servicios de transporte que permitan realizar parte de la distribución de material reciclado a los clientes combinado con la distribución de la flota privada.

9. RECOMENDACIONES

En especial dentro de la empresa recicladora alianza Ltda. Como inicio para un proyecto de mejora se realizan las siguientes recomendaciones:

- Normalizar el proceso administrativo de distribución con el cliente, es decir realizar contratos por escrito con el cliente para que no hayan dificultades a la hora de enviar el material reciclado, y no se presenten altercados entre los dos.
- Mantener un programa de 5S dentro de la empresa, para que la labor sea mejor y más eficiente, es decir no se presenten tiempos muertos o tiempos que no agreguen valor a la naturaleza de la empresa.
- También seguir los requerimientos legales establecidos que aunque actualmente no son exigidos por las entidades reguladoras, son esenciales para mantener la calidad del servicio. Como son los certificados de saneamiento y de seguridad industrial.
- Se recomienda que se mantenga un registro continuo de las labores y los procesos de la empresa para que haya un control. Los formatos deben diligenciarse y mantener un registro mensual de estos procesos; cantidad de material de envío, frecuencia de visitas a los clientes, costos y gastos mensuales, control de la periodicidad de mantenimiento de los equipos de la empresa (vehículo, maquina compactadora, computadores, etc.).
- Se recomienda a la empresa que realice un estudio de mercadeo para buscar nuevos clientes y nuevos proveedores (sobre todo este), con el fin de tener un respaldo para cuando se presente una eventualidad.
- Realizar la normalización y estandarización de todos los procesos tanto como administrativos como productivos, bajo la asesoría de una persona especializada en el tema. Para que la empresa comience a buscar las certificaciones tanto como de calidad (ISO 9.000), Salud ocupacional (OHSAS 18.000) Y Ambiental (ISO 14.000).

- Se recomienda realizar cursos de capacitaciones a todas las personas de la empresa para que haya un ambiente de confianza y mejor comunicación entre todos los empleados de la empresa recicladora alianza Ltda.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Aldo Frabregas Ariza, Rodrigo Wachipar Rojas, Carlos Atemina Arboleda Y Alfonso mancilla Herrera **SIMULACION DE SISTEMAS PRODUCTIVOS CON ARENA..** Ediciones unisorte año 2.003.
- Bernal García, Juan Jesús, Martínez María-Dolores, Dpto. de Métodos Cuantitativos e Informáticos. Universidad Politécnica de Cartagena **NETWORK OPTIMIZATION MODELS IN SPREADSHEET.** Año 2005.
- Blanco Rivero, Luis Ernesto Fajardo Piedrahita, Iván Darío, **SIMULACION CON PROMODEL. CASOS DE PRODUCCION Y LOGISTICA.** editorial: escuela colombiana de ingeniería. segunda edición marzo 2.003.
- Bowersox, Donald, Closs David y Cooper M. Bixby. **ADMINISTRACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA CADENA DE SUMINISTROS.** Segunda edición, 2008.
- Csineros Estupiñan Mireya. **COMO ELABORAR TRABAJOS DE GRADO.** Primera Edición año 2006.
- Eduardo García Dunna, Heriberto García Reyes, Eduardo García Dunna Heriberto García Reyes Leopoldo E Cárdenas Barrón. **SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE SISTEMAS CON PROMODEL.** Primera edición año 2.006. Por Pearson educación de México S.A. de C.A.
- Heather shar, Michael Anderson, Greg Harris, Bernard schroer Universidad de Alabama en Huntsville. **MODIFIED METHOD FOR**

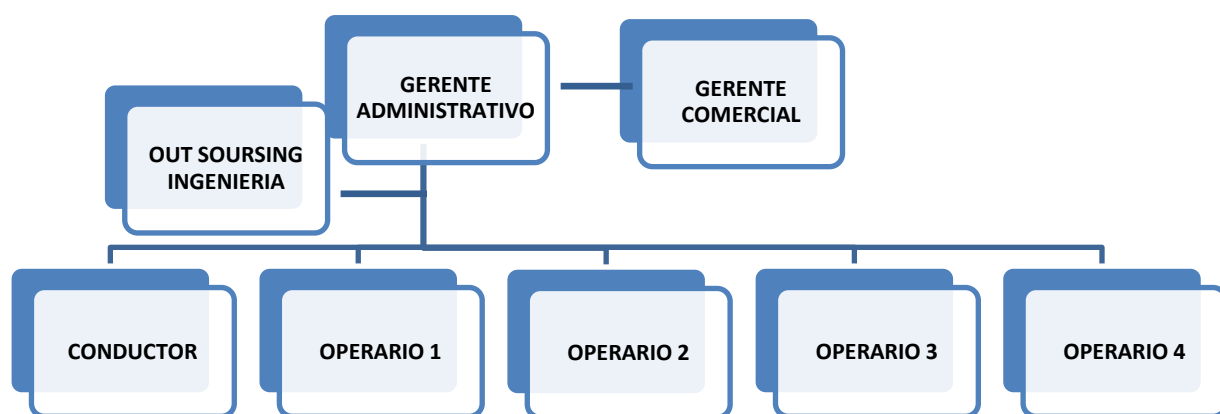
OPTIMIZING TRANSPORT POLICY PACKAGES BY USING STRATEGIC TRANSPORT MODELS. Año 2005.

- Herrera Óscar J, Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad Distrital. **ESTABLISHMENT OF THE RUTE MODEL WITH SEVERAL SOURCES WITH LOAD ALLOCATION.** Bogotá, 11 Mayo 2008.
- James Tomalá Robles y Johnny Pincay Villa. **DISEÑO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE RUTEO EN UN SERVICIO DE COURIER.** escuela superior de politécnica del litoral, (ESPORAL), Guayaquil – Ecuador 2010.
- José G. Hernández R. universidad metropolitana, escuela de ingeniería **SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRANSPORTE DE MÚLTIPLES PRODUCTOS: UNA APROXIMACIÓN CON PROGRAMACIÓN META.** caracas Venezuela 2004.
- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1486.** Cuarta actualización. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.
- Manuel Estrada. **EFFICIENT STRATEGIES ANALYSIS LOGISTICS DISTRIBUTION OF PARCEL.** universidad autónoma de México, 2007.
- Paula Zabala, departamento de computación facultad de ciencias exactas y naturales universidad de Buenos Aires. **PROBLEMAS DE RUTEO DE VEHÍCULOS.** Agosto de 2006.
- Raymond A. Serway, John W. Jewett. **FISICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA SERWAY Y BEICNER.** Quinta edición tomo 2.

- Ronald H. Ballou. **LOGÍSTICA: ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO**. Quinta edición y editorial Pearson Educación. Año 2008.
- Toth y Vigo. **EL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS EN LA LITERATURA**. Año 2.000.
- Yepes V. Medina, Colomer J.V. y García Alberto. **OPTIMIZACIÓN DEL PROBLEMA GENERALIZADO DE LAS RUTAS CON RESTRICCIONES TEMPORALES Y DE CAPACIDAD (CVRPSTW)**. Actas del IV Congreso de Ingeniería del Transporte. Vol. 2, pp. 705-710. Valencia. Año 2.002
- Yepes V. Medina. **OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA ECONÓMICA APLICADA A LAS REDES DE TRANSPORTE DEL TIPO VRPTW**. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos, Universidad Politécnica de Valencia. Año 2.004.
- Yepes V. Medina. **PROBLEMAS DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA**. Año 2.009
- www.zonalogistica.com. **HERRAMIENTAS LOGÍSTICAS**. zona logística, edición 2009.

ANEXOS

ANEXO A. ORGANIGRAMA de la empresa Recicladora Alianza Ltda.



FUENTE: Información suministrada por la empresa recicladora alianza Ltda

ANEXO B. TIEMPO CRONOMETRO DE LAS ACTIVIDADES.

ELEMENTOS	³ T1	T2	T3	T4	T5	T6	Tiempos cronometrados promedios (min)
1. Colocar cartón abajo de compresora	0,25	0,49	0,26	0,35	0,49	1,1	0,48
2. Depositar cartón en la maquina primera vez	8,14	9,36	10,4	9,27	10,3	7,4	9,14
3. Tiempo de maquina primera vez	1,08	1,1	1,09	1,13	1,09	1,2	1,11
4. Depositar cartón en la maquina segunda vez	3,57	6,14	6,41	5,32	5,32	3,5	5,04
5. Tiempo de maquina segunda vez	1,1	1,12	1,15	1,11	1,12	1,1	1,12
6. Depositar cartón en tercera vez	3,33	6,13	5,54	5,53	5,32	3,5	5,30
7. Tiempo de maquina tercera vez	1,08	1,12	1,1	1,1	1,1	1,1	1,09
8. Depositar cartón en maquina cuarta vez	2,55	5,42	5,31	3,32	2,36	2,5	3,58
9. Tiempo de maquina cuarta vez	1,07	1,08	1,07	1,08	1,13	1,1	1,08
10. Depositar cartón en maquina quinta vez	3,41	4,17	3,46	3,95	3,54	4,2	4,19
11. Tiempo de maquina quinta vez	1,07	1,05	1,06	1,07	1,03	1,1	1,06
12. Depositar cartón en maquina sexta vez	2,59	2,24	3,17	2,52	1,38	2,6	2,41
13. Tiempo de maquina sexta vez	0,59	1,04	1	1,03	1,04	0,6	1,28
14. Depositar cartón en maquina séptima vez	1,48	3,07	2,13	5,56	2,13	1,6	3,06
15. Tiempo de maquina séptima vez	0,55	0,5	0,56	1,01	0,58	0,6	1,03
16. Depositar cartón en maquina octava vez	2,02	1,32	2,43	1,4	1,56	1,6	2,12
17. Tiempo de maquina octava vez	0,55	0,56	0,56	0,54	0,52	0,5	0,54
18. Tiempo maquina final	0,48	0,32	0,29	0,36	0,39	0,4	0,37
19. Alistar sunchos	0,32	0,36	0,39	0,45	0,35	0,4	0,37
20. Amarrar paca	6,35	8,36	6,28	7,5	11,1	8,2	8,36
21. Activar maquina para retiro de paca	0,35	0,52	0,2	0,3	0,36	0,4	0,36
22. Transladar paca a producto terminado	1,25	1,57	2,4	2,56	3,45	3,4	2,44

TIEMPO CRONOMETRO TOTAL PROCESO PROMEDIO

55,52

Fuente: Los autores

³ T1: Tiempo 1 y así sucesivamente con cada uno de ellos.

ANEXO C. SUPLEMENTOS VALORADOS PARA LA EMPRESA RECICLADORA ALIANZA LTDA.

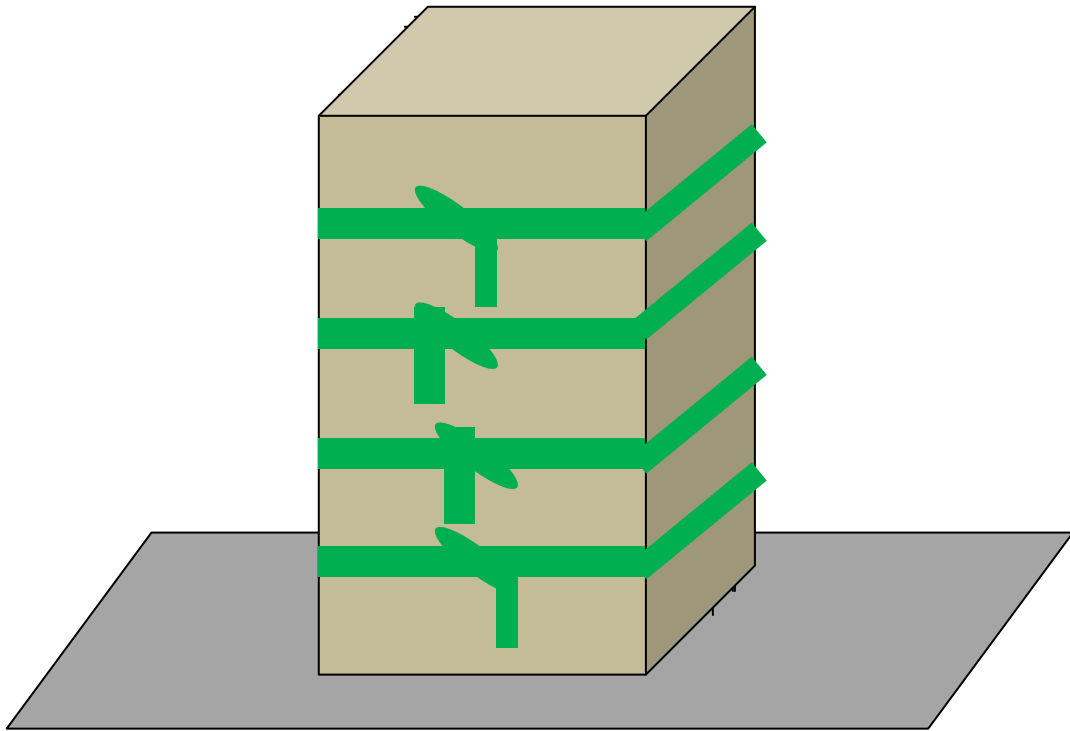
SUPLEMENTOS	PORCENTAJE (%)
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Trabajar de pie	2
Postura Anormal	2
Uso de fuerza/ energía muscular	22
Tensión mental	1
TOTAL SUPLEMENTOS	36

Fuente: Autores

ANEXO D. TIEMPOS NORMALES Y TIEMPOS ESTÁNDAR

ELEMENTOS	Tiempos cronometrados promedios	Calificación de desempeño	Tiempo Normal	Tiempo Estándar (min)
1. Colocar cartón abajo de compresora	0,48	100%	0,48	0,76
2. Depositar cartón en la maquina primera vez	9,14	100%	9,14	14,28
3. Tiempo de maquina primera vez	1,11	75%	0,83	1,30
4. Depositar cartón en la maquina segunda vez	5,04	100%	5,04	7,87
5. Tiempo de maquina segunda vez	1,12	75%	0,84	1,31
6. Depositar cartón en tercera vez	5,30	100%	5,30	8,28
7. Tiempo de maquina tercera vez	1,09	75%	0,82	1,28
8. Depositar cartón en maquina cuarta vez	3,58	100%	3,58	5,59
9. Tiempo de maquina cuarta vez	1,08	75%	0,81	1,27
10. Depositar cartón en maquina quinta vez	4,19	100%	4,19	6,55
11. Tiempo de maquina quinta vez	1,06	75%	0,79	1,24
12. Depositar cartón en maquina sexta vez	2,41	100%	2,41	3,77
13. Tiempo de maquina sexta vez	1,28	75%	0,96	1,50
14. Depositar cartón en maquina séptima vez	3,06	100%	3,06	4,78
15. Tiempo de maquina séptima vez	1,03	75%	0,77	1,21
16. Depositar cartón en maquina octava vez	2,12	100%	2,12	3,31
17. Tiempo de maquina octava vez	0,54	75%	0,40	0,63
18. Tiempo maquina final	0,37	75%	0,28	0,43
19. Alistar sunchos	0,37	100%	0,37	0,58
20. Amarrar paca	8,36	100%	8,36	13,06
21. Activar maquina para retiro de paca	0,36	75%	0,27	0,42
22. Transladar paca a producto terminado	2,44	75%	1,83	2,85

ANEXO E. EJEMPLO DE MATERIAL RECICLABLE EMBALADO EN PACA.



FUENTE: AUTORES