

Urkund Analysis Result

Analysed Document: extracto_2018102223425.docx (D43026368)
Submitted: 10/25/2018 1:41:00 AM
Submitted By: jparedesq@unemi.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

[http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5384/0063823A696.pdf?
sequence=1](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5384/0063823A696.pdf?sequence=1)

Instances where selected sources appear:

1

INTRODUCCIÓN

Las empresas con relación a su logística realizan actividades como recolección, transporte, distribución y entrega final según rutas y por causas de estudio los problemas de distribución afectan directamente a la competitividad de las empresas, especialmente a aquellas dedicadas al transporte de carga. En cuanto al establecimiento de rutas para los vehículos constituyen un conjunto de problemas diarios que si no se resuelven de manera eficaz, arrastran un deterioro importante en las utilidades de las empresas.

Las empresas dividen sus operaciones en categorías que son en envíos de documentos, y mercancías. Se mencionarán los problemas que posee la empresa en la revisión documental, ya que el trabajo se va a orientar en el seguimiento de rutas para adaptar nuevos métodos o modelos de optimización y ahorro global de tiempo en cuanto a la revisión documental.

El modelo investigado de metaheurística llamado Grasp Clustering & Tabu Routing, fue delineada utilizando una metodología de fases clusterizar primero, rutear después. El procedimiento emplea como técnica el agrupamiento para la generación de clústeres; luego, en la segunda fase se aplica el algoritmo de Búsqueda Tabú para generar las rutas de distribución en cada uno de los clústeres.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema Las empresas, generalmente, diseñan sus rutas sin una planificación inicial y las que se obtienen son muy onerosas, ocasionando que se envíen vehículos extras para poder visitar a todos los clientes de una ruta o que las entregas se realicen fuera del tiempo estimado. Enfocándose en el problema de la distribución, en el que se encierra gran parte de este estudio, es indispensable acogerse al enunciado de Toth y Vigo CITATION Tot00 \n \t \l 12298 (2000):"La problemática de repartir

0: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5384/0063823A696.pdf?sequence=1>

75%

productos desde ciertos depósitos a sus usuarios finales juega un papel crucial en la gestión de varios sistemas logísticos, y su correcta esquematización puede considerar ahorros significativos. Esos potenciales ahorros justifican en gran medida la utilización de técnicas de investigación, dado que se estima que los costos del transporte incurren entre el 10% y el 20% del costo final de los bienes".

El problema de ruteo de vehículos (VRP) y sus variantes surgen de manera protagónica en áreas de logística y transporte, es el nombre universal que menciona diversas clases de problemas en los que se debe definir una serie de rutas para una flota vehicular que se basa en uno o más centros de distribución, para un número de ciudades o consumidores geográficamente dispersos. La aplicación o el manejo correcto del VRP es uno de los problemas más desafiantes que existen en su tipo, debido a optimización combinatoria y

programación no lineal y que a la vez incurre, frecuentemente, en aplicaciones industriales. Todo lo que entra inmerso en este problema de transporte es mandatorio determinar la tipología de recurso que se utilizará, la cantidad y las rutas en seguimiento, lo que se califica problema de ruteo y es considerado en muchos de las investigaciones como el problema del agente viajero (TSP, por las siglas en inglés de Traveling Salesman Problem), o generalizando, para: problemas con capacidad definida CITATION Per02 \ 12298 (Pereira, Tavares, Machado, & Costa, 2002), en la cual está generalizado el VRP CITATION Oli04 \ 12298 (Olivera, 2004).

Se sabe que para ciertos productos su costo depende, en gran medida, a la forma en que éste se mueve a través del canal de distribución. La optimización de la ruta logística puede disminuir sensiblemente el costo del producto, además de proveer valores agregados intangibles como la satisfacción del cliente y lealtad a la marca debido a entregas a tiempo y costos razonables CITATION Ode09 \ 12298 (Odette., 2009). En la actualidad, el servicio al cliente constituye un punto de vital importancia en el mercado, por lo cual las empresas se ven obligadas a realizar sus operaciones sin desmejorar la atención brindada al consumidor, considerando a ésta como el valor agregado que marca la diferencia entre el servicio que da una u otra empresa.

Otro punto muy importante a considerar es la variable tiempo, porque es ésta quien determina, en una jornada de trabajo, el aumento o disminución de costos fijos o variables. Aquellas empresas que administran flotas de camiones poseen la problemática de planificar rutas de una forma que les permitan ser eficientes.

1.2. Justificación

Partiendo desde que las empresas deben reestructurarse en el manejo de los pedidos para que se pueda realizar una planificación de rutas con un modelo fijo, la investigación documental busca analizar las metaheurísticas, sus variantes y las diversas aplicaciones, comparándolas entre ellas y tener un punto de inicio para futuros usos. 1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General Analizar los diversos modelos metaheurísticos que intervienen en el problema de ruteo de vehículos mediante la investigación documental 1.3.2. Objetivos específicos • Establecer los distintos métodos metaheurísticos que intervienen en el problema de ruteo de vehículos • Analizar distintas investigaciones sobre la aplicación de metaheurísticas para contrarrestar el problema de ruteo de vehículos. • Comparar el comportamiento de los métodos metaheurísticos en el sistema de ruteo de vehículos propuesto con diversos investigadores.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Métodos metaheurísticos Los métodos metaheurísticos son procedimientos de mejora que comienzan a partir de una solución anterior obtenida por heurísticas y tienen como objetivo explorar el espacio de búsqueda para obtener las soluciones óptimas o casi óptimas mediante un número finito de cambios iterativos; Normalmente, estos métodos obtienen tales mejoras manipulando componentes básicos de la solución inicial. Según la literatura, el

término metaheurística fue usado por primera vez por Fred Glover CITATION FGI86 \n \t \l 12298 (1986) para describir una gran clase de métodos heurísticos que realizan algoritmos de búsqueda adicionales después de encontrar el óptimo local. Por lo tanto, una forma burda de definir las metaheurísticas es la heurística que guía otras heurísticas. Los métodos metaheurísticos representan un dominio de investigación esencial en los problemas de optimización combinatoria. Por esa razón, podemos encontrar una vasta colección de libros y literatura sobre diferentes enfoques sobre este tema CITATION TVi13 \t \l 12298 (Vidal, Crainic, Gendreau, & Prins, 2013). A menudo, definimos como inicialización para metaheurísticas el procedimiento donde se selecciona la mejor solución entre varias ejecuciones. El recocido simulado, los algoritmos genéticos, la búsqueda de tabú, los algoritmos de hormigas, la programación de restricciones junto con los métodos de búsqueda local son algunas de las principales técnicas conocidas para los procedimientos metaheurísticos. Distinguimos entre:

- Los métodos centrados en el vecindario, que exploran de forma iterativa los vecindarios de una sola solución. Los algoritmos de búsqueda de vecindario son esenciales en el estudio del VRPTW a gran escala, ya que la mayoría de las soluciones se basan en la búsqueda local o hacen uso de los componentes de la búsqueda local.

- Enfoque basado en la población, genera nuevas soluciones al evolucionar las actuales y crear nuevas combinaciones de ellas. Este tipo de métodos a menudo están inspirados en comportamientos naturales.
- Métodos híbridos, que combinan elementos de diferentes métodos de solución.
- Los métodos de búsqueda paralelos y cooperativos, exploran las fortalezas y capacidades de varias metaheurísticas y explotan al máximo su interacción particular.

2.1.1. Búsqueda centrada en el barrio Simulated Annealing (SA) es un método probabilístico propuesto por Kirkpatrick, Gelett Vecchi CITATION Kir83 \n \t \l 12298 (1983) La idea principal es encontrar el mínimo global de una función determinada que puede tener varios mínimos locales inviábiles CITATION Aar88 \l 12298 (Aarts & Korst, 1988) CITATION Res02 \l 12298 (Resende & Pardalos, 2002) Este método debe su nombre a la emulación del proceso físico donde un metal sólido se calienta a una temperatura máxima a la que todas las partículas se disponen al azar en un estado líquido, luego este líquido se enfría lenta y cuidadosamente a través de la reducción de la temperatura hasta que se alcanza el estado de congelación y las partículas están dispuestas en una estructura molecular de energía mínima. La SA se considera un algoritmo estocástico, que facilita un análisis teórico de su convergencia asintótica CITATION Aar05 \t \l 12298 (Aarts, Korst, & Michiels, 2005) y permite saltos ascendentes aleatorios en un patrón controlado para que pueda escapar de los óptimos locales. Entonces, la posibilidad de que la función objetivo aumente es menor hasta que no sean posibles más saltos. Además, el algoritmo se puede aplicar a una gran cantidad de problemas, incluido el problema de enrutamiento del vehículo CITATION Gen97 \l 12298 (Gendreau, Laporte, & Potvin, 1997). El algoritmo de recocido determinístico es una combinación entre el método de aceptación de umbral CITATION Due90 \l 12298 (Dueck & Scheuer, 1990), que es una modificación de la SA, y el registro para registrar el viaje. Otros métodos deterministas fueron propuestos por Tarantilis et al. CITATION Tar02 \n \t \l 12298 (2002) y Golden et al. CITATION Gol98 \n \t \l 12298 (1998) Tabu Search (TS), introducido por primera vez por Glover CITATION Glo89 \n \t \l 12298 (1989), como un método metaheurístico general para resolver problemas de optimización combinatoria. Los algoritmos TS se

consideran una técnica de aproximación eficiente con resultados computacionales dignos, que pueden competir con casi todas las otras técnicas de optimización y dejar atrás los enfoques clásicos. El algoritmo se realiza como una búsqueda vecina local. Puede verse como un procedimiento iterativo que analiza un conjunto de problemas donde una solución S tiene un conjunto asociado de los vecinos $N(S)$, al realizar la operación, denominaron movimientos, de una solución S a otra solución S_j dentro de un vecindario $N(S)$ de S CITATION Glo93 \l 12298 (Glover, Laguna, Taillard, & De Werra, 1993). Los movimientos ocurren desde una solución hasta su mejor vecino factible, admitiendo que puede hacer que la función objetivo disminuya. Este procedimiento de búsqueda de optimización debe su nombre a la forma en que el algoritmo evita los ciclos, las soluciones que se han examinado recientemente se denominan tabu o están prohibidas para un cierto número de iteraciones. La etiqueta tabu de una solución se elimina cuando se cumplen ciertas condiciones, llamadas criterios de aspiración. TS funciona mucho mejor que el sistema de hormigas, sin embargo, este último método es todavía muy potencial de mejora. El TS para los VRPs ha sido excepcionalmente fructífero, esto se debe a dos hechos. Primero, el método de búsqueda tabú demostró ser una excelente estrategia para resolver problemas de enrutamiento y se ha estudiado y mejorado con frecuencia desde su introducción. En segundo lugar, se han presentado muchas más estrategias de búsqueda tabú e investigación relacionada para los VRPs CITATION Aug98 \l 12298 (Augerat, Belenguer, Benavent, Corbérán, & Naddef, 1998) que cualquier otro método. Entre las diferentes estrategias de TS para el VRP podemos encontrar: La búsqueda tabular granular (GTS), introducida por Paolo Toth y Deniele Vigo CITATION Tot03 \n \t \l 12298 (2003), este método se puede aplicar de manera eficiente a una amplia clase de problemas de optimización combinatoria, ya que El algoritmo utiliza una herramienta eficaz para la intensificación y diversificación. El procedimiento de memoria adaptativa CITATION Roc95 \l 12298 (Rochat & Taillard, 1995), también aplicable a otro tipo de metaheurísticas, implementa una memoria adaptativa como un conjunto de buenas soluciones que se actualiza dinámicamente a lo largo del proceso de búsqueda. Finalmente, la estrategia de Kelly y Xu CITATION JXu96 \n \t \l 12298 (1996), que incluye una estrategia de reposicionamiento global que resuelve un modelo de flujo de red que reubica un número dado de vértices en diferentes rutas y toma en cuenta la capacidad del vehículo.

Variable Neighbourhood Search (VNS) es una metaheurística de optimización combinatoria cuya idea básica es un cambio metódico de vecindad dentro de un procedimiento de búsqueda local CITATION Han01 \l 12298 (Hansen & Mladenovic, 2001). Gendreauc y Kytöjokia CITATION Kyt07 \n \t \l 12298 (2007) presentaron un algoritmo VNS para VRP a gran escala para resolver desafíos del mundo real. El método que propusieron fue rápido y competitivo para encontrar soluciones de alta calidad para instancias con hasta 20,000 clientes dentro de un tiempo de CPU aceptable. Large Neighbourhood Search (LNS) se introdujo por primera vez para el VRPTW por Shaw CITATION Sha98 \n \t \l 12298 (1998) , este método puede considerarse como un caso especial de VNS. La estrategia propuesta por Shaw utiliza un esquema basado en restricciones para encontrar soluciones para los diferentes subproblemas TSPTW que obtienen resultados de alta calidad. Los resultados demostraron muchas ventajas al usar la búsqueda local basada en restricciones, en el formulario LNS, sobre las estrategias tradicionales de búsqueda local, no solo en el caso del VRP, sino en aplicaciones generales. Las metaheurísticas de LNS exploran una gran parte de la solución actual seleccionando una

cantidad de visitas de clientes para eliminar del plan de enrutamiento, los movimientos se realizan como en la Búsqueda local y luego las visitas eliminadas se vuelven a insertar mediante la propagación de restricciones en el árbol de búsqueda. Los movimientos realizados en LNS son generalmente muy potentes, tal potencial le da a LNS su nombre CITAION Goe08 \l 12298 (Goel & Gruhn, 2008). LNS se combina muy bien con las estrategias de CP, que se utilizan para verificar la validez de los movimientos y también para determinar los valores de las variables restringidas. La tecnología CP permite una mejora iterativa que se puede ejecutar para reducir los dominios y acelerar el procedimiento de búsqueda mediante controles rápidos de legalidad. Además, la adición de restricciones laterales se puede manejar fácilmente. Para obtener mejoras en nuestra primera solución, estamos interesados en utilizar métodos de búsqueda local y estrategias de propagación de restricciones. Nuestro desafío es obtener las mejores características y aprovechar ambos métodos. En otras palabras, usaremos LS para realizar la exploración del vecindario y el poder de propagación desde el PC. La metaheurística de Búsqueda de gran vecindario adaptativa (ALNS) CITAION Rop06 \l 12298 (Ropke & Pisinger, 2006) se propuso como una extensión del LNS, la idea principal detrás de ALNS es permitir múltiples métodos de destruir / reparar dentro de la misma búsqueda. Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) es un algoritmo de búsqueda iterativo de dos fases, aplicado a problemas de optimización combinatoria. GRASP fue introducido por primera vez por Feo y Resende CITAION Feo95 \n \t \l 12298 (1995) y ha ganado amplia popularidad en el campo de la optimización combinatoria. Las dos fases son: fase de construcción y procedimiento de búsqueda local. La fase de construcción consiste en iteraciones construidas a partir de construcciones sucesivas de una solución aleatoria codiciosa, es decir, una función codiciosa aleatoria constituye una solución inicial y proporciona una solución viable para cada iteración. Luego, en la segunda fase, la solución se mejora de forma iterativa mediante el uso de una lista tabu para abrir depósitos y la aplicación de un procedimiento de búsqueda local basado en operadores de movimiento. La solución final es el mejor resultado encontrado en todas las iteraciones. Los documentos de encuesta sobre GRASP para el VRP se presentan en CITAION Hjo95 \l 12298 (Hjorring, 1995).

2.1.2. Búsqueda por población

Los algoritmos genéticos (AG) son procedimientos de búsqueda de optimización, basados en la selección natural y los mecanismos genéticos naturales y en la resolución muy efectiva de problemas a gran escala. Las GA introdujeron un enfoque particularmente interesante para los problemas de enrutamiento de vehículos, ya que son realmente efectivos para la búsqueda global rápida de espacios grandes no lineales. John Holland CITAION Hol92 \n \t \l 12298 (1992) propuso la primera AG que permite a las computadoras derivar soluciones a problemas combinatorios difíciles de optimización, como el aprendizaje automático El proceso de evolución en la naturaleza es emulado por los algoritmos genéticos CITAION Gol89 \l 12298 (Golberg, 1989). Para decirlo de otra manera, las AG se basan en la imitación del proceso biológico de selección natural en el que sobreviven y se desarrollan las nuevas poblaciones más fuertes entre las diferentes especies. A diferencia de otros métodos heurísticos clásicos, los algoritmos genéricos utilizan la información sobre una población de soluciones, también conocidas como individuos, cuando intentan encontrar mejores soluciones. Además, el tamaño de la población, llamado generación, es una condición constante en cada iteración del algoritmo. Una AG es un procedimiento itocativo estocástico, en el cual la operación básica es combinar soluciones actuales para formar una nueva. Para

generar una nueva población, se necesita una mutación, esta está formada por un operador binario llamado crossover y un operador unario CITATION Ree93 \l 12298 (Reeves, 1993). El procedimiento de cruce toma dos individuos y genera dos nuevos individuos, respectivamente llamados padres y descendientes, mediante la combinación de diferentes partes de los padres. Se han presentado algoritmos genéticos para el VRP y VRP capacitado CITATION Pri04 \l 12298 (Prins, 2004), métodos híbridos CITATION Ber03 \l 12298 (Berger, 2003), algoritmos de búsqueda local genética CITATION Jas03 \l 12298 (Jaszkiwicz & Kominek, 2003), algoritmo de estrategias de evolución multiparamétrica CITATION Mes07 \l 12298 (Mester, Bräysy, & W. Dullaert, 2007). Algoritmos de hormigas El sistema de hormigas utilizado en el TSP fue introducido por primera vez por Dorigo, Colorni y Maniezzo CITATION Mar96 \n \t \l 12298 (1996) para resolver problemas de optimización combinatoria. Sin embargo, el primer sistema de hormigas para el VRP fue diseñado por Bullnheimer et al. CITATION Bul99 \n \t \l 12298 (1999), quienes consideraron la variante de CVRP. La motivación de este sistema recae en el comportamiento natural real de las hormigas que buscan comida, la inspiración para reproducir la forma en que una colonia de hormigas resuelve los problemas de optimización combinatoria. Es notable el hecho de que las hormigas siempre siguen el mismo camino, y sorprendentemente este es el camino más corto posible. A través de las feromonas, las hormigas pueden comunicar información sobre las fuentes de alimentos. Mientras las hormigas caminan (todas ellas se mueven a una velocidad constante), marcan el camino recorrido colocando la feromona con la información correspondiente a la calidad y cantidad de la fuente de alimento. Luego, otras hormigas seguirán el rastro de la feromona y atraerá más y más hormigas, por lo tanto, la cantidad de feromona en este camino es mayor. El concepto de aprendizaje por refuerzo CITATION Thr92 \l 12298 (Thrun, 1992) surge en el sistema de hormonas metaheurísticas. Dicha noción consiste en ajustar automáticamente algunos componentes y parámetros heurísticos a medida que el proceso evoluciona. Esto significa que el método permite a los sistemas "aprender" cómo tomar buenas decisiones basadas en su propio comportamiento e incorporar mecanismos de refuerzo para mejorar la calidad de sus acciones. Según Bullnheimer et al. CITATION Bul99 \n \t \l 12298 (1999), el sistema de hormigas consta de dos fases básicas. El primero es la construcción de la ruta del vehículo y el segundo es la actualización del sendero. En los años siguientes, se resolvió una variante más compleja del problema de enrutamiento del vehículo (VRP) con los algoritmos ant CITATION Gam99 \l 12298 (Gambardella, Taillard, & G. Agazzi, 1999). En las cuales las colonias de hormigas artificiales fueron diseñadas para optimizar sucesivamente una función objetivo múltiple, una colonia minimizó la flota requerida y la otra colonia se enfocó en minimizar las distancias. La cooperación entre las dos colonias fue posible debido a la información compartida en la feromona. Se han presentado estudios más recientes en la literatura sobre algoritmos de colonias de hormigas. Ting y Chen CITATION Tin13 \n \t \l 12298 (2013) propusieron una heurística de optimización de colonias de hormigas múltiples (MACO) y Abdulkader, Gajpal, ElMekkawy CITATION Abd15 \n \t \l 12298 (2015) propusieron un algoritmo de colonia de hormigas híbrido combinado con métodos de búsqueda local para resolver el vehículo de compartimentos múltiples Problema de enrutamiento. Estamos convencidos de que las futuras investigaciones sobre el método del sistema ant ayudarán a mejorar su calidad para resolver el VRP, incluso si ahora es incompetente con los mejores enfoques de búsqueda de tabulaciones CITATION Bul99 \n \t \l 12298 (1999).

Las metaheurísticas híbridas combinan características de varias metodologías de solución para aprovechar las diferentes fortalezas CITATION Van01 \l 12298 (Van Breedam, 2001). Los elementos de una metaheurística se pueden incluir en un método completamente diferente o los algoritmos se pueden llamar de manera consecutiva. Los híbridos no solo combinan conceptos metaheurísticos, también pueden combinar módulos algorítmicos de procedimientos de búsqueda, programación matemática, programación de restricciones, etc. Es difícil definir el alcance de las metaheurísticas híbridas, ya que el término puede abarcar numerosas estrategias y la idea sigue siendo muy general. En esencia, es posible considerar cualquier método metaheurístico como un híbrido, ya que describen una combinación de heurísticas. Sin embargo, para eliminar el concepto de hibridación, lo definimos como una metaheurística que apunta a explotar la ventaja de combinar diferentes ideas de métodos de solución para analizar una gran variedad de estrategias de solución para lograr mejores resultados. Hay una lista extensa de métodos híbridos descritos en la literatura de VRP CITATION All15 \l 12298 (Allahyari, Salari, & Vigo, 2015). Estas estrategias pueden incluir conceptos combinados de centro de vecindario, como SA / Tabu propuesto por Osman CITATION Osm93 \n \t \l 12298 (1993), Tabu / ILS, etc. O métodos basados en la búsqueda local con procedimientos de reinicio, vecindarios variables o penalizaciones en los atributos de las soluciones. Además, podemos encontrar una combinación de búsqueda poblacional y por vecindario, por ejemplo, GA / LS, GA / Tabu, etc. Los híbridos representan un campo de investigación extremadamente prometedor para el VRP, especialmente debido a la tendencia hacia un número cada vez mayor de métodos y atributos de solución.

2.1.4. Búsqueda paralela y cooperativa.

La búsqueda metaheurística paralela CITATION Alb05 \l 12298 (Alba, 2005) consiste en la inspección eficiente del trabajo simultáneo o cooperativo para resolver un problema de optimización, generalmente en diferentes procesadores. Se han definido diferentes tipos de estrategias basadas en la cooperación según cómo se obtiene el paralelismo, cómo se realiza la búsqueda y cómo se comunican las tareas. El objetivo principal es resolver casos de problemas más grandes que los obtenidos mediante métodos secuenciales, y hacerlo en un tiempo razonable CITATION Cra10 \l 12298 (Crainic & Toulouse, 2010). Las estrategias de búsqueda paralelas crean un gran interés en el campo del problema de enrutamiento, ya que demostró ser mucho más robusto que los métodos secuenciales. Además, el paralelismo ofrece un rendimiento típicamente alto en una gran variedad de características de instancias y configuraciones de problemas.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

El análisis de documentos es una forma de investigación cualitativa en la que estos archivos son interpretados por el investigador para dar voz y significado en torno a un tema de evaluación CITATION Bow09 \l 12298 (Bowen, 2009). Hay muchas razones por las cuales los investigadores eligen usar el análisis de documentos. En primer lugar, el análisis de documentos es una forma eficiente y efectiva de recopilar datos porque los documentos son recursos manejables y prácticos. Los documentos son comunes y vienen en una variedad de formas, haciendo de los documentos una fuente de datos muy accesible y confiable. La obtención y el análisis de documentos suele ser mucho más rentable y eficiente en tiempo

que realizar su propia investigación o experimentos (Bowen, 2009). Además, los documentos son fuentes de datos estables y "no reactivas", lo que significa que pueden leerse y revisarse varias veces y permanecer sin cambios por la influencia del investigador o el proceso de investigación (Bowen, 2009, p. 31). El análisis de documentos se usa a menudo debido a las muchas formas diferentes en que puede apoyar y fortalecer la investigación. El análisis de documentos se puede utilizar en muchos campos de investigación diferentes, ya sea como método principal de recopilación de datos o como complemento de otros métodos. Los documentos pueden proporcionar datos de investigación complementarios, haciendo del análisis de documentos un método útil y beneficioso para la mayoría de las investigaciones. Los documentos pueden proporcionar información de antecedentes y una amplia cobertura de datos y, por lo tanto, son útiles para contextualizar la investigación dentro de su tema o campo (Bowen, 2009). Los documentos también pueden contener datos que ya no se pueden observar, proporcionan detalles que los informantes han olvidado y pueden hacer un seguimiento del cambio y el desarrollo. El análisis de documentos también puede indicar preguntas que deben formularse o situaciones que deben ser observadas, haciendo que el uso del análisis de documentos sea una manera de asegurar que su investigación sea crítica y completa (Bowen, 2009). La búsqueda bibliográfica se realizó como parte de este proceso de investigación. Este tipo de método consiste en revisar textos, documentos, artículos, folletos, publicaciones periódicas y referencias científicas impresas. Apoyar el desarrollo de la investigación temática. Esta investigación se basa en el redescubrimiento de la información y los métodos aplicados para cumplir los objetivos propuestos originalmente son lógicos y cognitivos. Las técnicas utilizadas fueron las mejores técnicas para interpretar, textos, informes, folletos y todo el material documental. Las principales fuentes y documentos cubiertos son informes, artículos científicos y libros de la base de datos de Scopus.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL TEMA

Kuo CITATION Kuo10 \n \t \l 12298 (2010) propuso un modelo para calcular el consumo total de combustible, el tiempo total de transporte y la distancia total de transporte para el problema de enrutamiento del vehículo (VRP) cuando se le da un plan de enrutamiento del vehículo. El modelo propuesto también satisface el criterio de no pasar, que es el sentido común. Además, no se pudieron encontrar ejemplos en la literatura que tomó en cuenta el consumo de combustible en el VRP. Luego se propuso un algoritmo de Simulated Annealing (SA) para optimizar la planificación de rutas. En la figura 1 se presenta el modelo utilizado en para el trabajo del autor

Figura 11 Modelo propuesto. Obtenido de Kuo (2010) De acuerdo con los resultados experimentales, el método propuesto produce un mejor plan de enrutamiento con menor consumo de combustible pero tiempos de transporte y distancias de transporte más prolongados. Por lo tanto, puede haber una compensación entre el consumo de combustible, los tiempos de transporte y las distancias de transporte. El uso del método propuesto resultaría en tiempos de transporte más largos y un aumento consecuente en la demanda de tiempo del vehículo y costos de mano de obra. Esto disminuiría la eficiencia de la operación de

transporte. La optimización del plan de enrutamiento con múltiples criterios sería otra opción. Sin embargo, a medida que crece la preocupación por el calentamiento global, reducir la descarga de carbono se ha convertido en un tema importante para todas las industrias. Minimizar el consumo de combustible será cada vez más importante en comparación con otros criterios.

Los resultados muestran que el método propuesto proporciona una mejora del 24.61% en el consumo de combustible sobre el método basado en minimizar el tiempo de transporte y una mejora del 22.69% sobre el método basado en minimizar las distancias de transporte. Si bien estos tres factores tienen un gran impacto en el consumo de combustible del transporte, otros factores también deben tenerse en cuenta, como los tipos de vehículos y los gradientes de las carreteras. Si una flota de vehículos se compone de varios tipos diferentes de vehículos, o si algunas de las secciones de la carretera están a través de montañas con pendientes pronunciadas, se debe modificar el modelo de cálculo propuesto o el algoritmo SA. Además, el algoritmo SA propuesto en esta investigación tenía como objetivo proporcionar una prueba para el modelo de cálculo de consumo de combustible propuesto en su versión general (o simple). Kergosien, Lenté, Piton y Billaut CITATION Ker10 \n \t \l 12298 (2010) han considerado un problema dinámico de transporte de pacientes entre unidades de atención en un complejo hospitalario francés. La función objetivo era minimizar el costo total de transporte. Se ha desarrollado un algoritmo Tabu Search. El algoritmo admite una memoria adaptativa que almacena rutas y que consiste en realizar iterativamente un algoritmo de búsqueda tabú: para mejorar el conjunto de soluciones iniciales, para la exploración de vecindarios y, finalmente, para mejorar la solución final. Este método presenta la ventaja de la flexibilidad y la solidez: flexibilidad porque se puede adaptar fácilmente para tener en cuenta las tareas previas, a fin de respetar las opciones de los operadores; robustez, ya que si la solución actual se vuelve inviable debido a eventos inesperados (como demandas de emergencia), se puede encontrar rápidamente una nueva solución, con la ayuda de la memoria adaptativa. Nuestros resultados muestran que el método propuesto puede encontrar rápidamente buenas soluciones y puede proporcionar Ayuda al operador en tiempo real para asignar vehículos a las nuevas demandas de transporte. Fleszar, Osman e Hindi CITATION Fle09 \n \t \l 12298 (2009), el objetivo de su investigación es minimizar el número de vehículos y luego minimizar la distancia total (o tiempo) recorrida. Cada ruta comienza en el depósito y termina en un cliente, visitando a varios clientes, cada uno en ruta, sin regresar al depósito. La demanda de cada cliente debe ser cumplida completamente por un solo vehículo. La demanda total atendida por cada vehículo no debe exceder la capacidad del vehículo. Además, en una variante del problema, el tiempo de viaje de cada vehículo no debe exceder un límite superior. Se propone una heurística de Variable Neighbourhood Search (VNS) efectiva para este problema. Los vecindarios se basan en la inversión de segmentos de rutas (sub-rutas) y en el intercambio de segmentos entre rutas. Los resultados computacionales en dieciséis instancias de problemas de referencia estándar muestran que el VNS propuesto es comparable en términos de calidad de solución a las heurísticas publicadas de mejor desempeño. Gran parte del poder de la VNS propuesta se debe a la definición de la estructura del vecindario, que se basa en la inversión de segmentos de rutas (sub-rutas) y el intercambio de segmentos entre rutas. El tamaño de los vecindarios es limitado ya que solo permite intercambios que son factibles en términos de capacidad del vehículo. Sin embargo, sería interesante averiguar si permitir que se viole esta

restricción en una solución intermedia, a costa de aumentar considerablemente el tiempo de cómputo, puede conducir al descubrimiento de mejores soluciones, ya que entonces se permitiría una mayor libertad de búsqueda. El trabajo presentado demuestra el poder de VNS, siendo, como se muestra, capaz de encontrar soluciones excelentes para un problema de optimización combinatoria sumamente difícil. Este poder debería convertirlo en una metaheurística útil para resolver muchos problemas en el transporte y la logística. Demir, Bektaş y Laporte CITATION Dem12 \n \t \l 12298 (2012) han descrito un algoritmo heurístico para resolver el PRP. El algoritmo itera entre un VRPTW y un problema de optimización de la velocidad, el primero se resolvió mediante un ALNS mejorado y el último se resolvió mediante un procedimiento de tiempo polinomial. El ALNS mejorado utiliza operadores de extracción e inserción nuevos, así como existentes, que mejoran la calidad de la solución. Estos operadores se pueden utilizar en ALNS para resolver otros tipos de problemas. La SOA, por otro lado, mejora la solución producida por la ALNS y minimiza los costos de consumo de combustible y los salarios de los conductores al optimizar las velocidades de los vehículos. El algoritmo de optimización de velocidad tiene un tiempo de ejecución insignificante y es lo suficientemente genérico como para ser usado como una rutina independiente para otros tipos de problemas de enrutamiento con el fin de optimizar la velocidad. Para evaluar completamente la efectividad del algoritmo heurístico, hemos generado diferentes conjuntos de instancias basadas en datos geográficos reales y hemos compilado una biblioteca de instancias de PRP. Los autores han presentado los resultados de una extensa experimentación computacional utilizando la heurística propuesta y la hemos comparado con las soluciones producidas utilizando la formulación de programación lineal entera del PRP. Los resultados muestran que el algoritmo propuesto es altamente efectivo para encontrar soluciones de buena calidad en casos con hasta 200 nodos. Layeb, Ammi y Chikhi CITATION Lay13 \n \t \l 12298 (2013) presentaron un nuevo algoritmo GRASP para resolver el problema de enrutamiento del vehículo capacitado. El enfoque propuesto se basa, en primer lugar, en una nueva heurística constructiva; La primera fase de esta heurística es la construcción de un tour gigante sujeto al valor de densidad de cada cliente. El recorrido se divide de acuerdo con las demandas de los clientes y la capacidad disponible del vehículo. En segundo lugar, para mejorar la calidad de la solución encontrada en la fase de construcción, hemos utilizado un recocido simulado adaptativo basado en varios operadores de vecindarios como la segunda fase del algoritmo GRASP. Los resultados obtenidos en dos puntos de referencia diferentes son muy alentadores y demuestran la calidad del enfoque propuesto. Estos resultados muestran que GRASPVRP es mejor que algunos otros enfoques, como Tabu Search (TS) y Simulated Annealing (OSA), el programa SEPAS basado en la programación de memoria adaptativa; nuestro algoritmo ocupa el tercer lugar según lo informado por la prueba de Friedman. Alba & Dorronsoro CITATION Alb04 \n \t \l 12298 (2004) presenta diferentes algoritmos basados en cGA para resolver el problema de enrutamiento del vehículo. La técnica de AG celular utilizada mantiene la diversidad de la población durante más tiempo con respecto a los GA panmícticos (población única) debido al uso de pequeños vecindarios superpuestos. Esta característica con frecuencia evita que el algoritmo se atasque en óptimos locales. En primer lugar, se ha propuesto un enfoque inicial y simple de una CGA para resolver el VRP. Se ha demostrado que agregar un paso de búsqueda local a ese enfoque simple es suficiente para obtener un algoritmo realmente poderoso. El paso de búsqueda local se compone de métodos simples

como 2-Opt o λ -Interchange. Con ellos hemos obtenido los mejores resultados conocidos para todas las instancias propuestas, especialmente con cGA2o1i. Los algoritmos propuestos se comparan con un algoritmo TS capaz de encontrar los mejores resultados conocidos para todas las instancias del punto de referencia CMT, a un algoritmo genético propuesto por Prins, a un algoritmo genético híbrido y también a dos algoritmos de hormigas, así como contra otras heurísticas ad hoc. Se ha demostrado que cGA2o1i es más rápido que los algoritmos en comparación con él en este documento para muchos casos. Además, las cGA estudiadas en esta investigación tienen la ventaja de su simplicidad y precisión con respecto a las técnicas existentes. Los algoritmos son solo un primer enfoque, susceptibles de mejora. Por lo tanto, como trabajo futuro, se puede pensar en probar otras técnicas de búsqueda locales, como usar solo el intercambio λ solo sin 2-Opt. Otro posible trabajo futuro puede ser tratar de ajustar mejor los parámetros de la CGA y probar los algoritmos en puntos de referencia más grandes.

Bell, J & McMullen CITATION Bel04 \n \t \l 12298 (2004) aplicaron el método meta-heurístico de optimización de colonias de hormigas múltiples (MACO) a un conjunto establecido de problemas de enrutamiento de vehículos (VRP). El procedimiento simula los procesos de toma de decisiones de las colonias de hormigas cuando buscan alimento y es similar a otras técnicas de aprendizaje adaptativo e inteligencia artificial, como la búsqueda de tabú, el recocido simulado y los algoritmos genéticos. Las modificaciones se realizan en el algoritmo ACO utilizado para resolver el problema del vendedor ambulante tradicional para permitir la búsqueda de las múltiples rutas del VRP. La experimentación muestra que el algoritmo tiene éxito en encontrar soluciones dentro del 1% de las soluciones óptimas conocidas y se encuentra que el uso de múltiples colonias de hormigas proporciona una técnica de solución comparativamente competitiva, especialmente para problemas más grandes. Además, el tamaño de las listas de candidatos utilizadas dentro del algoritmo es un factor importante para encontrar soluciones mejoradas, y los tiempos computacionales para el algoritmo se comparan favorablemente con otros métodos de solución. En resumen, los enfoques meta-heurísticos del VRP a menudo incorporan métodos de mejora y construcción de soluciones como se describió anteriormente. Sin embargo, generalmente las soluciones de mejor calidad que los algoritmos que aplican la construcción de soluciones sencillas y técnicas de mejora por su cuenta. Sin embargo, esto a menudo conlleva una mayor complejidad en la implementación y un mayor tiempo de cómputo.

Bräysy y Gendreau CITATION Brä05 \n \t \l 12298 (2005) identificaron varias técnicas que parecen dar buenos resultados cuando se aplican dentro de los diferentes enfoques meta-heurísticos. Algunas de estas técnicas son: 1) guardar las mejores soluciones encontradas durante la búsqueda, 2) variar la estructura del vecindario, siendo el tamaño del vecindario típicamente pequeño, 3) usar una estructura de memoria para facilitar la búsqueda, 4) aplicar una estrategia específica para reducir el número de rutas en la solución y 5) hibridación de diferentes heurísticas y meta-heurísticas. En la tabla 1 se presenta el resumen de la revisión literaria realizada en el presente trabajo.

Tabla 11 Revisión literaria de métodos metaheurísticos Autor

Año	Objetivo	Método MetaHeurístico	Resultado
Kuo 2010	Calcular el consumo total de combustible, el tiempo total de transporte y la distancia total de transporte para el problema de enrutamiento del vehículo (VRP)	Simulated Annealing	Mejora del 24.61% en el consumo de combustible sobre el método basado en minimizar el tiempo de transporte y una mejora del

22.69% sobre el método basado en minimizar las distancias de transporte. Kergosien, Lenté, Piton y Billaut 2010 Minimizar el costo total de transporte de pacientes entre unidades de atención de un complejo hospitalario Tabu Search Los experimentos computacionales muestran que el método puede proporcionar soluciones de alta calidad para este problema de transporte dinámico. Fleszar, Osman & Hindi 2009 Minimizar el número de vehículos y luego minimizar la distancia total (o tiempo) recorrida Variable Neighbourhood Search Los resultados computacionales en dieciséis instancias de problemas de referencia estándar muestran que el VNS propuesto es comparable en términos de calidad de solución a las heurísticas publicadas de mejor desempeño. Demir, Bektaş & Laporte 2012 Proponer un algoritmo extendido de "Adaptive Large Neighborhood Search" (ALNS) para el PRP Adaptive Large Neighborhood Search Los resultados muestran que el algoritmo propuesto es altamente efectivo para encontrar soluciones de buena calidad en casos con hasta 200 nodos. Layeb, Ammi & Chikhi 2013 Proponer un algoritmo GRASP basado en una nueva heurística y el recocido simulado para resolver el problema de enrutamiento de vehículos Greedy Randomized Adaptive Search Procedure Estos resultados muestran que GRASPVRP es mejor que algunos otros enfoques, como Tabu Search (TS) y Simulated Annealing Alba & Dorronsoro 2004 Presentar diferentes algoritmos basados en cGA para resolver el problema de enrutamiento del vehículo algoritmos genéticos Los algoritmos propuestos se comparan con un algoritmo TS capaz de encontrar los mejores resultados conocidos para todas las instancias del punto de referencia CMT, a un algoritmo genético propuesto por Prins, a un algoritmo genético híbrido y también a dos algoritmos de hormigas, así como contra otras heurísticas ad hoc Bell, J & McMullen 2004 Utilizar el MACO para resolver el VRP optimización de colonias de hormigas múltiples (MACO) La experimentación muestra que el algoritmo tiene éxito en encontrar soluciones dentro del 1% de las soluciones óptimas conocidas y se encuentra que el uso de múltiples colonias de hormigas proporciona una técnica de solución comparativamente competitiva, especialmente para problemas más grandes

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

El propósito del presente trabajo de investigación fue recopilar información y analizar diversos modelos de ruteo vehicular aplicados en la línea de tiempo en empresas de transporte de carga, para poder cumplir con este objetivo se han llegado a los principales resultados: Se han establecido métodos heurísticos para el ruteo de vehículos los cuales son: Simulated Annealing, Tabu Search, Variable Neighbourhood Search, Large Neighbourhood Search, Greedy Randomized Adaptive Search Procedure, Algoritmos Genéticos, híbridos y modelos de búsqueda paralela y cooperativa. En base a estos modelos se realizó la investigación documental donde se explora a fondo las aplicaciones de estos métodos heurísticos y su impacto en el área de distribución y transporte, llegando a la conclusión de que los enfoques metaheurísticos aportan a la creación y mejora de procesos transformados en soluciones óptimas en esta problemática.

Hit and source - focused comparison, Side by Side:

Left side: As student entered the text in the submitted document.

Right side: As the text appears in the source.

Instances from: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5384/0063823A696.pdf?sequence=1>

1

75%

productos desde ciertos depósitos a sus usuarios finales juega un papel crucial en la gestión de varios sistemas logísticos, y su correcta esquematización puede considerar ahorros significativos. Esos potenciales ahorros justifican en gran medida la utilización de técnicas de investigación, dado que se estima que los costos del transporte incurren entre el 10% y el 20% del costo final de los bienes”.

1: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5384/0063823A696.pdf?sequence=1>

75%

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 ahorros. Esos potenciales ahorros justifican en gran 47

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” 11 .