



**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TRAYECTOS EN
LA CIUDAD DE BOGOTÁ DESTINADO A LA COMUNIDAD EANISTA
PLATAFORMA WORRY FREE EAN ROUTES**

ELABORADO POR

STEFANY GONGORA CASTILLO

WILLIAM YECID GUTIERREZ PEÑA

ANDRES FELIPE VILLARREAL REINA

UNIVERSIDAD EAN

PROYECTO DE GRADO-PREGRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA

BOGOTÁ D.C. NOVIEMBRE- 2021

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TRAYECTOS EN
LA CIUDAD DE BOGOTÁ DESTINADO A LA COMUNIDAD EANISTA
PLATAFORMA WORRY FREE EAN ROUTES**

ELABORADO POR

STEFANY GONGORA CASTILLO

WILLIAM YECID GUTIERREZ PEÑA

ANDRES FELIPE VILLARREAL REINA

UNIVERSIDAD EAN

PROYECTO DE GRADO-PREGRADO

TUTORA

LILIANA MEZA

FACULTAD DE INGENIERÍA

BOGOTÁ, NOVIEMBRE- 2021

Tabla de Contenido

1. Resumen	7
2. Introducción.....	8
3. Objetivos.....	9
3.1 Objetivo General	9
3.2 Objetivos específicos.....	9
4. Definición del problema	10
5. Justificación	12
6. Análisis de Requerimientos	14
7. Marco de referencia	15
7.1 Universidad Ean	15
7.2 Transporte en la actualidad	15
7.3 Protocolo de enrutamiento por vector de distancia (DVRP).....	15
7.4 Búsqueda de métodos de Optimización	17
7.5 Transporte y cambio climático.....	23
7.5.1 Planes de acción para mitigar el impacto de emisiones de carbono en el medio ambiente en Colombia:.....	25
7.5.2 Planes de acción mundiales frente a la contaminación por transporte.....	26
7.6 Investigación de Operaciones.....	28
7.6.1 Algoritmos de Agrupamiento o Clustering.....	28
7.6.2 Algoritmo de agrupamiento Mixturas Finitas	29
7.6.3 Algoritmos Jerárquicos	29
7.6.4 Algoritmos Particionales	30
7.6.5 Programación Evolutiva.....	30
7.7 Optimización de rutas de Transporte	31
7.7.1 Abordar el problema de investigación.....	31
7.7.2 Herramientas para la optimización de rutas	31
7.7.3 Componentes de la gestión de Rutas:	32
7.8 Problema del transporte o distribución.....	32
7.9 Análisis de Redes	33
7.9.1 Método del recorrido Mínimo	34
7.9.2 El problema del camino más corto.....	34

7.9.3 El problema del flujo máximo capacidades.	35
7.9.4 El problema de flujo de costo mínimo	35
7.10 Beneficios de la implementación de diseño con solución informática.	36
7.10.1 Entrega a tiempo mejorada.....	36
7.10.2 Clientes.....	37
7.10.3 Mayor flexibilidad para responder a cambios inesperados.	37
7.10.4 Mayor capacidad para planificar utilizando herramientas de modelado.....	37
7.11 Fases de Planificación del transporte	37
8. Análisis de Restricciones.....	39
8.1 Ambientales.....	39
8.2 Económicas	39
8.3 Socioculturales	39
8.4 Capacidad de fabricación	39
8.5 Salud y Seguridad.....	40
8.6 Éticas	40
9. Generación de posibles soluciones	41
10. Selección de la mejor alternativa	42
11. Especificaciones de Ingeniería para la solución	43
12. Dimensionamiento de los componentes.....	45
13. Análisis Costos.....	47
14. Conclusiones.....	52
15. Recomendaciones	53
16. Referencias.....	54

Tabla de Figuras

Figura 1. Red de comunicación para mediciones en tiempo real de DVRP	16
Figura 2. Portadores de energía- Balance energético.....	27
Figura 3. Ejemplo Diagrama de flujo de algoritmo genético.....	30
Figura 4. Ejemplo problema de Transporte	33
Figura 5. Ejemplo de una red	34
Figura 6. Representación gráfica del problema del camino más corto).....	35
Figura 7. Representación gráfica de flujo máximo	35
Figura 8. Representación gráfica de un problema de flujo de costo mínimo	36
Figura 9. Esquema del modelo de 4 etapas para transporte (fase 1).....	38
Figura 10. Etapas de la fase 2	38
Figura 11. Aplicativo Móvil	45
Figura 12. Aplicativo Móvil parte dos	46

Lista de tablas

Tabla 1. Priorización de acciones	25
Tabla 2. Estimado de aspectos generales de una aplicación.....	48
Tabla 3. Costos.....	49
Tabla 4. Estimado en costos de aspectos generales de una aplicación y Costos.	50
Tabla 5. Costos en torno al proyecto.	51

1. Resumen

El documento contiene los elementos estructurales y de detalle de un proyecto, para la construcción de un software que permita a la comunidad Eanista utilizar un servicio de transporte óptimo, cómodo y eficiente, brindando diferentes alternativas de rutas y opciones de transporte las cuales disminuyen el tiempo de llegada a la universidad, además de apoyar e impulsar transportes alternativos sostenibles como la bicicleta; resultado de la unidad de estudio de Proyecto de Grado. Esta entrega, integra los elementos correspondientes al planteamiento del problema, los objetivos, justificación, un análisis de requerimientos, un sólido marco de referencia, análisis de los requerimientos, selección de la mejor alternativa, costos, conclusiones y las recomendaciones.

Palabras clave: Transporte, tiempo, software, Comunidad Eanista, Sostenibilidad.

Abstract

This document contains the structural and detailed elements of the approach of a development project, for the construction of a software that allows the Eanista community to use an optimal, comfortable and efficient transport service, offering different route alternatives and transport options. which would finally decrease the time of arrival to the university, in addition, supporting and promoting sustainable alternative transport such as bicycles would also be part of the integrated solution; which would respond to the subject Degree Project. This delivery integrates the elements corresponding to the problem statement, the objectives, justification, a requirements analysis, a solid frame of reference, requirements analysis, selection of the best alternative, costs, conclusions and recommendations.

Keywords: Transportation, time, software, Eanist Community, Sustainability.

2. Introducción

Para acceder al sistema de educación superior, los estudiantes deben cumplir roles que van de la mano con la puntualidad y diversos aspectos que denotan la constante necesidad de transportarse. Por ello, una red de transporte eficaz juega un papel fundamental en su proceso de formación. Naturalmente, se deben considerar numerosos factores para planificarlo y, por lo tanto, las rutas de transporte más adecuadas según sus necesidades. Algunos de estos van desde el número de estudiantes, sus puntos de recogida, los tiempos previstos de viaje y llegada, diferentes tipos de carreteras y límites de velocidad en la ciudad de Bogotá; además de las condiciones del tráfico durante los tiempos de viaje. Actualmente, la gestión de enrutamientos se da con bolígrafos, papeles y simples hojas de Excel que denotan la poca eficiencia de sistemas de optimización, especialmente en países como Colombia (Patel,2021).

A través de este documento, se despliega un estudio con enfoque de investigación mixto (cualitativo y cuantitativo) que daría paso a la configuración de un sistema de optimización para rutas. Para ello, es crucial priorizar la seguridad de los estudiantes en los puntos de recogida y devolución, así como al tiempo máximo que se les permite pasar en los autobuses. Es importante utilizar el número óptimo de autobuses y limitar las distancias de viaje, en un esfuerzo por garantizar el bienestar y la seguridad y la reducción de costos. Se espera que el mercado de software de optimización de rutas se acelere en un 11,4% frente a la tasa de crecimiento anual (CAGR) durante el período de pronóstico (2018-2023) y se contempla que alcance los USD 5.070 millones para 2023. Estos datos muestran claramente que las personas han comenzado a comprender la importancia de optimizar las rutas. (Schmidt,2021)

Según el Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional, en la temporada más abatida por la pandemia, dentro de las primeras medidas para contener la propagación del virus, el Gobierno Nacional limitó al 35 % la capacidad de ocupación del transporte masivo, e impartió una serie de protocolos para su funcionamiento. Las medidas resultaron poco eficientes dentro de los estándares que califican la implementación de precauciones de bioseguridad y su reinstauración en la temporada de regreso a instalaciones de forma presencial, también resultó desfavorable. La necesidad de desarrollar un sistema de gestión de trayectos que integre medidas sostenibles y garanticen la seguridad de los estudiantes de la universidad Ean, daría paso a una gama de soluciones prácticas que faciliten el transporte y todas las variables que dependan de este.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar una solución informática que garantice disminución en los tiempos de recorrido de los estudiantes de la universidad Ean que hacen uso de los medios de transporte, que sea segura, cómoda y sostenible.

3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información acerca del medio de transporte y los trayectos realizados por parte de los estudiantes.
- Gestionar un registro de tiempo fundamentado en el tipo de transporte y trayecto a implementar teniendo en cuenta horarios de la universidad Ean, estos van de lunes a viernes de 7:00 Am - 10:00 Pm y los sábados de 7:00 Am- 1:00 Pm.
- Diseñar una plataforma capaz de analizar metadatos de transporte y localización implementando diversas alternativas de transporte y trayectos a los estudiantes de la universidad Ean.

4. Definición del problema

Según el reporte en cifras del 2019 del Ministerio de transporte, este sector, el cual incluye también la Infraestructura, es un importante dinamizador de la economía, además, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), representa cerca del 3,9% del Producto Interno Bruto (PIB) (a precios constantes) de Colombia. En Bogotá, 22% de usuarios del transporte masivo son estudiantes y según la publicación del diario La República, el transporte es un elemento crucial en la vida estudiantil considerando que no todas las personas viven cerca de las universidades o tienen la oportunidad de movilizarse en medios como la bicicleta. Por ejemplo, en Bogotá se deben destinar alrededor de \$600.000 en transporte si se utiliza solamente el Transmilenio que cuesta \$2.500 en las estaciones y no cobra el recargo si se hace transbordo dentro del sistema.

De acuerdo con el informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que les tomó el pulso educativo a 36 países miembros de la organización, reveló que el acceso a la educación universitaria en el país es más común entre el grupo entre los 25 y 34 años de edad, que ostentan un 28%. De esta información estadística, se desprende una porción de los 7.500 estudiantes que registra la universidad Ean en su guía institucional del 2017. Estos 7.500 estudiantes registran domicilios en las 20 localidades urbanas y rurales de la ciudad de Bogotá, además de los municipios que colindan con las áreas limítrofes de la ciudad (Mosquera, Funza y Cota (Sector de Siberia)). La movilidad diaria de los estudiantes está sujeta a diferentes variables que obstaculizan el proceso y la posible incidencia de esta en su desarrollo académico, esta movilidad cada vez más lenta afecta progresivamente la calidad del aire, la salud y la gestión del tiempo de todos los estudiantes habitantes de la ciudad capital. Según estudios del Fondo para la Población de las Naciones Unidas FNUAP, los tiempos promedio más altos de viajes al trabajo son el de Río de Janeiro, con 107 minutos y el de Bogotá, con 90 minutos.

La universidad Ean es una universidad privada colombiana con domicilio en la ciudad de Bogotá, sujeta a inspección y vigilancia por medio de la Ley 1740 de 2014 y la ley 30 de 1992 del Ministerio de Educación de Colombia, sus ubicaciones están desplegadas en diferentes sedes (Ean Legacy, Sede el Nogal, Sede Av Chile y Laboratorios de la Calle 74) destinadas para el desarrollo académico los estudiantes de la ciudad de Bogotá. La puntualidad,

los costos en el transporte, la comodidad, el tiempo, las normas de bioseguridad y la sostenibilidad son algunos factores que se deben tener en cuenta para acceder a un sistema de educación eficiente que tenga la capacidad de acoger alternativas sostenibles, contemplando mejoras ambientales, gestión del tiempo traducida en dinero y abonanzar la convivencia y el impacto social de un sistema de transporte renovado, debido a que en la ciudad acceder a un transporte que cumpla con todos los aspectos mencionados anteriormente, se ha tornado en un hipotético prácticamente inabordable. A lo previamente mencionado, se suman emergencias sanitarias de importancia global que acrecientan la exposición y vulnerabilidad de los estudiantes para retomar actividades que aluden al uso exclusivo de diferentes medios de transporte.

También, es crucial destacar la importancia del papel que juega la implementación de un sistema de transporte sostenible; según la estrategia de transporte presentada por el Banco Mundial en Abril del 2021, cuando el mundo emerge de la pandemia, repensar la movilidad es ahora una prioridad a fin de mejorar la resiliencia de los países y crear las condiciones para una recuperación más verde e inclusiva. Según la organización, es importante hacer énfasis en la reducción del impacto del transporte sobre el clima, siendo este uno de los temas más urgentes en la agenda.

El sector transporte representa el 23 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía, cifra que podría superar el 30 % en la próxima década bajo un escenario de prácticas habituales. Las oportunidades más significativas para hacer que el sector avance hacia la sostenibilidad climática incluyen reformas de políticas e inversiones en el diseño de redes de transporte público, la eficiencia vehicular, la gestión de la demanda, el desarrollo regional y el uso del suelo. Adicionalmente, la seguridad vial es otro desafío crucial que debe abordar el sector del transporte. Más de 1,35 millones de personas pierden la vida anualmente debido a accidentes de tránsito, y el 93 % de las muertes se producen en los países en desarrollo. Otros 50 millones de usuarios de las calles y carreteras resultan gravemente heridos todos los años; por esta razón se plantea:

¿Cómo a partir de una plataforma informática se puede disminuir los tiempos de recorrido del lugar de residencia a la universidad de la comunidad Eanista, que sea segura, cómoda y sostenible?

5. Justificación

La problemática tratada se logra identificar al momento de validar las garantías de los estudiantes al momento de transportarse hacia la universidad, a causa de diferentes factores como la inseguridad, demoras de las rutas y/o carencias de las mismas entre otras.

Se parte del establecimiento de factores demográficos, teóricos y estadísticos para soportar la investigación preliminar que otorgue suficientes elementos para el desarrollo del método de optimización, para la universidad Ean.

El transporte es uno de los factores fundamentales en la composición de una idea integrada de acceso a la educación superior, así, miles de estudiantes se transportan a diario para tomar sus clases en horarios diurnos y/o nocturnos que van desde las 7 a.m a 1p.m., 2p.m. a 6p.m. y de 6 p.m. a 10p.m. Para aquellos estudiantes que tienen domicilios en localidades retiradas de la universidad, el transporte puede configurarse como tedioso, de difícil acceso y con múltiples impedimentos que comprometen el tiempo destinado para diferentes actividades académicas. Adicionalmente, según la columna publicada en el Diario ADN en el 2020 por Felipe Bogotá, los medios sostenibles de transporte como el transporte público, bicicleta o caminar están siendo amenazados por problemas de inseguridad.

También, indica que algunas de estas problemáticas han venido registrando un crecimiento en los casos, uno de estos es el hurto; y según nuestro Informe de Calidad de Vida hubo un incremento en los hurtos del 20% de 2018 a 2019, así como el de bicicletas que pasó del 5,1% al 6,5%. Esta tendencia es complementada por lo comunicado por el distrito para 2020, donde este año comenta del incremento del robo de bicicletas en relación al año anterior en un 35%. (IEU-2020)

El columnista también menciona que, al cierre del año pasado el 33,7% de los hurtos se llevaron a cabo en las troncales o portales de TransMilenio o, al menos, 100 metros alrededor de las troncales; es una alta concentración para una de las apuestas de movilidad masiva para la ciudad. Impulsar modos sostenibles de transporte requiere un abordaje determinado de seguridad y convivencia, de lo contrario grandes inversiones en infraestructura y tecnología serán contrarrestadas por el desincentivo a usar estos medios debido a la inseguridad. Por ello los estudiantes han optado por diversas alternativas al transporte que no han sido fructíferas, no solo por presentar un mayor riesgo a su integridad sino también que no logran cumplir con

su horario académico al inicio de la jornada, por lo tanto por medio de la tecnología se logra identificar la ubicación de determinado usuario y sus necesidades de transporte para recomendar e implementar alternativas para que pueda desarrollar su movilidad a la universidad de forma más eficiente y sana, donde sí se puedan garantizar los factores tratados, además de tener en cuenta la actual emergencia sanitaria y el riesgo arraigado que conlleva al momento de usar el transporte.

6. Análisis de Requerimientos

Validando las necesidades de transporte de los estudiantes de la universidad EAN, se ha definido que la intención principal del servicio está enfocado en aumentar la calidad de los viajes de los estudiantes y al mismo tiempo aportar para la disminución de huella de carbono que producen los estudiantes al momento de desplazarse desde sus hogares hasta la universidad y en sentido contrario, por lo que la verificación de los parámetros de diseño se puede concluir que las opciones que son factibles están encaminadas a la tecnología y su innovación, eso debido a que cuando se validan diferentes entornos como la construcción de nuevos corredores, cambios viales entre otras opciones de construcción, se corrobora que existen diversas dificultades que impidieron el buen desarrollo de dichos proyectos, por lo que serían opciones descartadas inicialmente.

Otras opciones están en la creación de nuevas rutas que puedan transportar a los estudiantes sin embargo, es bien conocido los cambios continuos de horarios que tienen los estudiantes por lo que tendría una baja eficiencia a lo largo de su utilización dichas rutas, sin embargo se puede desplegar una rama de la opción mencionada, es decir se podría generar un transporte para los estudiantes en formato asincrónico en el cual no se vean obligados a tener un horario, sino que el transporte se acople a ellos, de esa manera y teniendo conocimiento del gran parque automotriz con el que cuentan los estudiantes que asisten a la universidad, se plantea que cada estudiante que emplea su transporte y que tenga la disposición podrá optar por prestar un servicio de transporte a otros estudiantes, donde por medio de una plataforma tecnológica se establecerá la ubicación de los estudiantes que requieren un transporte y los estudiantes que cuentan con uno para de esa manera conectarlos y verificar las posibilidades de establecer horarios que sean de utilidad para ambas partes, y así mismo evitar que un solo estudiante circule en un solo vehículo particular, disminuyendo las emisiones por estudiante que produce.

7. Marco de referencia

7.1 Universidad Ean

Es una universidad privada colombiana con domicilio en la ciudad de Bogotá, fundada en 1967 por Hildebrando Perico Afanador junto con Cecilia Crissien de Perico, Carlos Ramírez Cardona, Álvaro Rubio Salas y Carlos Alfonso Crissien Aldana. (Universidad Ean-2018)

La universidad cuenta con acreditación de Alta Calidad por parte del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y a nivel internacional por parte del *Accreditation Council for Business Schools and Programs (ACBSP)* y el *Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)*. Dentro de sus sedes se encuentra Campus El Nogal: Cl 79 # 11-45, Sede Av. Chile: Cl 72 # 9-71, Laboratorios de Ciencias Básicas: Cl 74 # 9-49 y la sede: Ean Legacy: Carrera 11 No. 78-47.

7.2 Transporte en la actualidad

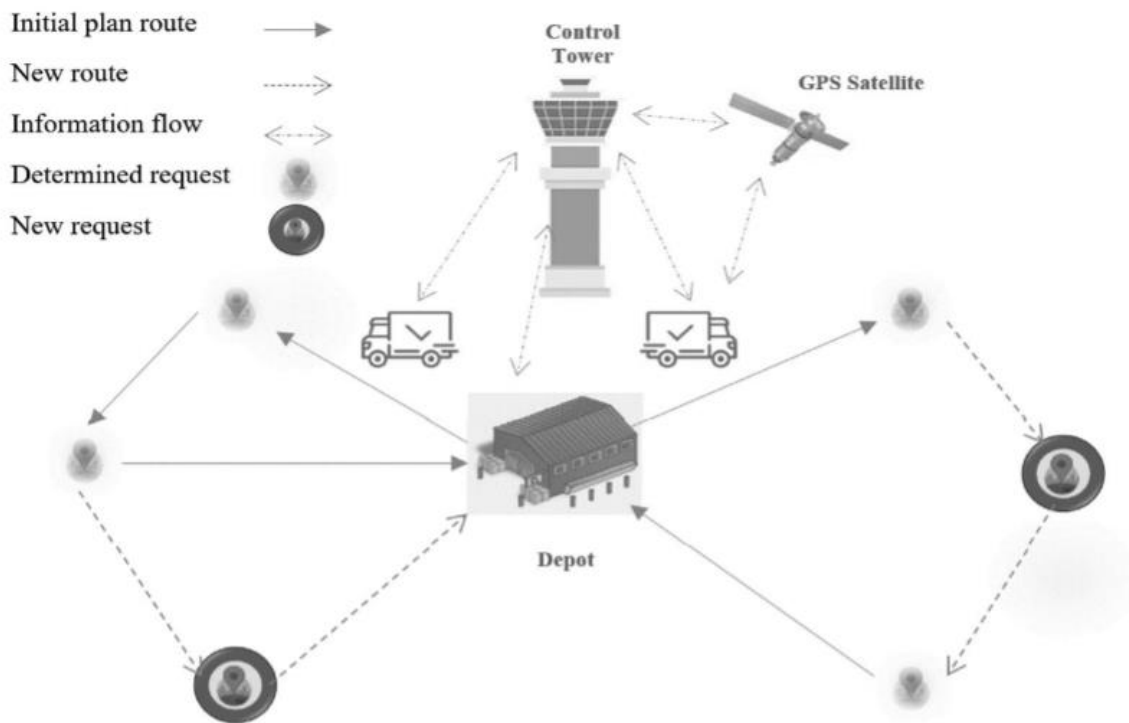
Las problemáticas identificadas alrededor del difícil acceso al transporte para estudiantes universitarios denotan una serie de eventos vinculados que se reconocen y precisan es contextos diferentes sin ignorar las causas raíces que responden al surgimiento de este mismo, por ello, diversos estudios sobre enrutamiento dinámico destinado para diferentes ciudades y/ o demarcaciones demográficas, aportarían como sustento de investigación y soporte científico para establecer el impacto de las variables que integran el estudio holístico de la problemática.

7.3 Protocolo de enrutamiento por vector de distancia (DVRP)

El Departamento de Ingeniería Industrial, de Sistemas y de Fabricación de Estado Unidos, a través de su investigación “*Un algoritmo metaheurístico de dos etapas para el enrutamiento dinámico de vehículos problema en el enfoque de Industria 4.0*” introduce el protocolo de enrutamiento por vector de distancia (DVRP) y la incidencia propicia de la industria 4.0; el aparato se define como uno de los dos principales protocolos de enrutamiento para métodos de comunicación que utilizan paquetes de datos enviados a través del Protocolo de Internet (IP). El DVRP requiere un hardware de enrutamiento para informar las distancias de varios nodos dentro de una red o topología IP con el fin de determinar las mejores y más eficientes rutas para los paquetes de datos. Para el DVRP, los clientes cambian a medida que avanza el sistema. En consecuencia, se considera que las aplicaciones DVRP operan sobre una base dinámica en varios sistemas de la vida real. Hasta la fecha, se ha utilizado un enfoque de

evaluación basado en el tiempo para evaluar los sistemas DVRP re-optimizados periódicamente. La integración del protocolo va de la mano con la industria 4.0, concepto que fue presentado en 2011 por Henning Kagermann (Paprocki, 2016). La Industria 4.0 se conoce alternativamente como la “Cuarta Revolución Industrial”, “Fabricación inteligente”, “Internet industrial” o “Industria integrada” Este concepto es cada vez más popular y ha estado recibiendo atención en todo el mundo. Sin embargo, los expertos de la industria no han identificado una definición precisa de Industria 4.0. Según Lopes de Sousa Jabbour, Jabbour, Godinho Filho, & Roubaud, (2018), “la característica central de la Industria 4.0 es la conectividad entre máquinas, pedidos, empleados, proveedores y clientes para Internet de las Cosas y dispositivos electrónicos”.

Figura 1. Red de comunicación para mediciones en tiempo real de DVRP (Department of Industrial, Systems, and Manufacturing Engineering-2020)



Fuente: Lopes de Sousa Jabbour, Godinho Filho, & Roubaud, (2018)

Según el estudio sobre la eficiencia del protocolo DVRP, es necesario enfatizar en el hecho de que la metodología involucrada en el proceso puede conducir a soluciones altamente óptimas. Los algoritmos se establecen para tiempos de ejecución específicos Como DVRP es

un problema del mundo real, los algoritmos de dos etapas se pueden aplicar a casos más nuevos y más grandes estudios para determinar su eficacia en la resolución de problemas de gran envergadura. Teniendo en cuenta que los tiempos de ejecución son relativamente pequeños, debería ser posible ejecutar grandes tamaños de conjuntos de datos. La investigación también podría ampliarse para incluir el concepto de ventanas de tiempo suaves (VRPTW), el cual se define como un modelo que se aplica a cadena de suministros y transporte escolar. Para futuras investigaciones, un enfoque interesante sería utilizar este algoritmo bajo el supuesto de que la demanda del cliente debe ser entregada en una ventana de tiempo específica. Además, de tener en cuenta el uso de tiempos de carga y descarga y como última sugerencia para más estudio, la metodología también puede centrarse en datos difusos con demandas probabilísticas.

7.4 Búsqueda de métodos de Optimización

Actualmente, la búsqueda de métodos para resolver problemas de optimización es cada vez más importante y la atención se ha centrado más en el uso de métodos de optimización combinatoria debido a su complejidad en la obtención de soluciones. Estas técnicas se clasifican como técnicas de optimización local convencionales (heurísticas) y Técnicas inteligentes de optimización local (metaheurísticas). La heurística se deriva del griego Eureka, que fue el término utilizado por Arquímedes cuando descubrió su principio de densidad, de modo que su significado se encuentra orientado al término, “¡lo hice!”. Así, "una técnica heurística es un método que busca buenas soluciones cercanas a lo óptimo, a un costo computacional razonable, no puede garantizar la optimización” (Hillier, Frederick, 2006).

Las técnicas heurísticas para el problema de enrutamiento descrito el estudio de Enrique de la Hoz Domínguez, se pueden clasificar en cuatro categorías:

- Construcción y método de Ahorros Clarke y Wright, cuyas bases son los ahorros generados por la inserción de nuevos clientes en cada vehículo para completar una solución final.
- Métodos de agrupar primero, luego enrutamiento, agrupación de clientes en varios subconjuntos, cada subconjunto asignado a un vehículo y luego resuelve cada TSP (modelo de referencia de ingeniería de software que provee un énfasis en los procesos, los productos y el trabajo en equipo) correspondiente.

- Métodos heurísticos para enrutamiento primero, luego grupo son los que comienzan a resolver los TSP que han definido clientes y luego iniciar la ruta encontrada para asignar un tramo a cada vehículo.
- Los métodos de mejora, como los intercambios Or-Opt. Las metaheurísticas han surgido a lo largo de las últimas dos décadas y se basa en tomar una solución factible y encontrar su óptima mediante el uso de mejoras heurísticas integradas en un marco más amplio REF.

Las técnicas de metaheurística más conocidas utilizadas para resolver el problema de generación de rutas de vehículos (VRP) son la hormiga colonia, búsqueda de dispersión, algoritmos genéticos y búsqueda tabú en este trabajo analizamos los resultados obtenidos de la solución al VRP aplicando diferentes tipos de metaheurísticas.

También está el algoritmo propuesto por Christofides, Mingozzi y Toth, que opera en dos etapas. Se determina en la primera fase el número de rutas a utilizar, junto con un cliente a inicializar cada una de las rutas. Luego, en la segunda fase, estas rutas se crean y se insertan los otros clientes allí. En la primera fase del algoritmo se aplica un algoritmo de inserción secuencial para ruta compacta. Se presta atención a la ubicación de los clientes dentro de cada ruta, ya que en esta etapa solo los clientes iniciales son destinados a cada ruta y el número de rutas hasta la solución final.

De esa manera, las rutas estudiantiles correlacionada junto con la logística tiene como objetivo administrar, gestionar, procesar y además de desarrollar de una manera eficiente y segura los diferentes trayectos que sean necesarios por parte de los usuarios estudiantiles, y que al mismo tiempo logre minimizar costos y tiempos en los trayectos, y así garantizar la seguridad y la satisfacción por parte de los estudiantes que hagan uso de dichos transportes.

Es ampliamente conocido que en las grandes ciudades el problema que se deriva de la gran dispersión de los alumnos que asisten a una institución educativa, en este caso especialmente en las zonas centrales o determinadas sectores empresariales con una gran variabilidad en la población y gran congestión, esto conlleva a retrasos en términos de tiempo al momento de asistir a las clases. Además de establecer la importancia de las variables cuantitativas que pueden afectar el estudio, incluidas las prioridades de verificación de algunos estudiantes, el número de estudiantes según la carretera y el horario de la escuela y los padres, entre otros.

Aparte de estas variables, pocos han avanzado en la mejora de la logística móvil, siguen surgiendo problemas en el tránsito y el transporte móvil, "a pesar de su avance en la cuarta generación y el megaproyecto de Infraestructura lleva al país a avanzar en esta materia, continúan surgiendo problemas en el tránsito y transporte" (Cuervo, 2019 P 6). Especialmente en la ciudad de Bogotá. El problema es tan grande que "más de 11000 personas han perdido la vida en el transcurso del siglo XXI" por problemas de movilidad (Bocarejo, 2016 P 1). De esta forma se puede deducir la gran superficie vial que tiene la capital nacional debido a que alberga a la mayor población del país, lo que significa que los caminos y enlaces viales de la ciudad son particularmente fundamentales no solo para el buen desarrollo de una ciudad. camino escolar pero también por su buen funcionamiento vial en general en la ciudad.

Sin embargo, es importante resaltar que el problema vial no solo se ve en el interior de la ciudad sino también en sus periferias, la congestión del tráfico en las entradas y salidas de la ciudad puede acentuarse en los pueblos vecinos, dificultando aún más los desplazamientos casa-trabajo. A medida que se trasladan de los suburbios a la ciudad, obligados a cambiar entre diferentes tipos de transporte, se llaman a sí mismos taxis, ciclos, autobuses y similares para llegar a su destino. Por lo tanto, los inconvenientes de la movilidad de la ciudad para el desplazamiento de los estudiantes no solo recae las vías sino también en los diferentes sistemas de transporte que dispone la ciudad y el impacto que va a generar dichos transportes, además lograr verificar si la infraestructura con la que cuenta la ciudad de la ciudad se está desarrollando con la finalidad de tener un mayor flujo vial, e inclusive "del aumento del parque automotor por el crecimiento económico de la ciudad y las conductas de algunos usuarios en las vías, hacen que persista la congestión." (Bocarejo, 2016 P). Donde las decisiones tomadas por los conductores al momento de conducir también afectan de manera significativa los atascos viales y retrasos en la movilidad peatonal.

Por lo tanto, obligan a los estudiantes a permanecer en una alternancia de sistemas de transportes debido los déficits de las rutas y sus respectivos problemas para conectar las líneas entre dichos sistemas, obviando temas financieros en el cual estudiantes con facilidades económicas se puedan desplazar en vehículos particulares, es bien conocido que un gran porcentaje de estudiantes que no cuentan con esta opción de transporte se ven enfrentados a las situaciones ya manifestadas. Complementando a los problemas de movilidad de los estudiantes se suma, la inseguridad como otro factor clave en las diferentes situaciones y vivencias diarias dentro del transporte, donde tan solo en el sistema principal de transporte de la ciudad se sabe

que “Sin importar la hora del día o la noche o si los articulados o estaciones están llenas o vacías en cualquiera de los anteriores casos son focos de inseguridad demasiado evidentes”, (Silva, 2017 P 13). Circunstancias que están reflejadas no solo en el sistema de transporte Transmilenio sino en cualquier medio de circulación, donde también se destacan los estudiantes que se desplazan en bicicletas y caminando a sus destinos, también se han visto afectados por la inseguridad.

Por lo que, las circunstancias descritas conducen a algunos problemas, destacando el aumento en el tiempo de viaje cada año, como lo demuestra el *NRIX Global Traffic Scorecard 2018*, un estudio que se realizó en más de 200 ciudades en casi 40 países de todo el mundo, los resultados concluyen que Bogotá es la tercera ciudad con mayor nivel de congestión vehicular, lo que también se suma al estrés de algunos de los estudiantes al viajar debido a varios sacrificios para ir a la escuela e incluso demostró que algunos padres no pudieron acompañar a sus hijos en estos viajes, incluso por motivos económicos, horarios de trabajo y otros problemas, problemas que provocan el abandono escolar de un gran número de alumnos. (Gómez, 2016 P111). Se encontró que 13.17 estudiantes abandonaron la escuela debido a diversos factores, principalmente económicos, pero también por dificultades en el trabajo de incidencia.

Estas diferencias han sido abordado desde diferentes ángulos con cada factor de interés para los estudiantes, principalmente desarrollando opciones logísticas para mejorar el tiempo de viaje y la seguridad de los estudiantes, se destacan algunas investigaciones, especialmente la investigación realizada por la 'Universidad de Rosario, en este estudio plantea similares Temas en torno al sistema de transporte escolar *L'ÉCOLE ANGLAISE 1326*, que de manera similar, se reconfirmaron los diferentes temas tratados durante el estudio.

El transporte es una actividad complementaria, podemos decir que tiene una gran influencia en el día a día de los alumnos. Podemos decir que en promedio un viaje escolar puede llevar de una a dos horas para llevar a cada alumno a su lugar de residencia. En esta perspectiva, se ve que los niños pasan de 8 a 10 horas semanales en transporte para llegar a sus hogares. (Lucero, Espitia, 2016, pág. 12), el cual expresa ampliamente dichas actividades.

Basados en las repercusiones en la cantidad de tiempo dentro de las rutas, el estudio también otorga una diferente perspectiva a causa de estas demoras en las rutas, y diferentes actores que se tuvieron en cuenta, enfatizando en los padres de familia al momento de entregar y recoger a sus hijos, donde establecieron que los padres de familia tenían un promedio de 5 minutos en la

expectativa horario de cada una de las rutas, sin embargo dicho promedio no se cumple, llegado el punto donde por parte del colegio recibe centenares de cartas a causa de malos procesos de transporte motivando a implementar nuevas opciones logísticas.

Donde las opciones son primeramente en la planeación en el abastecimiento de las rutas escolares, bajo distintas metodologías de estudio, en las cuales detectaron problemas como: más de una ruta pupilo tiene diseñada un trayecto análogo a las otras y evidenciaron que paran en el mismo lugar, otra inquietud estratégica fue detectado en algunas rutas estaban recogiendo a los alumnos que viven en la misma división a distinto hora.

Durante el análisis del problema por el estudio mencionado, se excluyen las distintas variables para un alcance coherente del proyecto, ya que en el presente estudio no está destinado al acondicionamiento del edificio. o ensanchar la vía, entre otras variables, no es muy factible, pero se enfoca en mejorar la logística en el manejo.

Al mismo tiempo, es interesante resaltar dos puntos que son nuevas perspectivas del estudio, principalmente que este desastre ocurre no solo en las clases inferiores, sino también en las clases superiores como lo aborda el estudio mencionado anteriormente, y por otro lado saber que la raíz del citado estudio, provocado ciertos desacuerdos con los padres y no con los alumnos, siendo un comportamiento bastante inesperado al estudio realizado.

Para sugerir una solución integral propuso una metodología denominada "Metodología del vecino más cercano" dicha metodología respondía a las necesidades requeridas por elemento de la escuela respecto a la descripción en los trayectos, de la misma manera que con las solicitudes de los estudiantes. Esta metodología tiene como base clave recoger al alumno más adjunto al otro, tomando como base la partida de cada uno, se propuso un macro de Excel en el cual se recopila la información de las rutas, donde según los resultados presentados informaron que la satisfacción del cliente está en 92,2% luego de una encuesta realizada por la institución para conocer lo que los padres de familia sienten respecto al servicio prestado" (Angela, P 45), y de esa manera corroborando la necesidad de tener un correcto sistema de ruteo para los estudiantes.

Además el artículo proporciona diversos trabajos sobre el desarrollo de literaturas óptimas para el desarrollo de trayectos, entre los que se incluye un espacio para destacar las investigaciones realizadas por la Universidad Javeriana para el Liceo de Cervantes Norte, donde abordan un problema bastante similar de retrasos y funcionamiento general de las mencionadas líneas

escolares, para solucionar este problema es importante subrayar que varias variables han sido tratadas de forma muy similar al estudio mencionado anteriormente.

Sin embargo, las variables que causaron este inconveniente en dicho estudio, como el tiempo de viaje, se tomaron en cuenta a la hora de implementar el modelo ACO. apoyado desde su creación en 1990 por Dorigo y Dicaro, donde demuestran que “La ruta propuesta obtenida por medio del modelo de solución ACO muestra una reducción del 8,3% en el recorrido de la mañana y de 21,4% en el recorrido de la tarde” (Rojas, 2010 P 48), por lo que se evidencia que el horario de transporte también afecta con gran impacto la movilidad de los estudiantes de dichas instituciones.

Por lo que en dichos años se presentaba un problema para resolver la complejidad de las colonias de hormigas, por eso nació el modelo ACO en lugar de usar macros, este modelo se basa en diferentes fórmulas matemáticas con diferentes estructuras sobre variables, esto da el mayor valor para resolución de problemas complejos, según los investigadores.

Por lo que, con base en un enfoque de investigación, se desarrolla de acuerdo a una teoría principalmente matemática, ya que bajo esta estructura otros modelos han brindado soluciones efectivas a problemas similares a los mencionados, una teoría matemática permitirá medir cada variable cuantitativamente y, por lo tanto, evaluar el resultado. de cada uno y poder elegir opciones que arrojen resultados más amplios.

Luego de seleccionar las mejores prácticas, se analizarán en el contexto de nuestra presencia en las principales ciudades de Bogotá para analizar cada factor que causó y trajo consigo los problemas para el transporte de los estudiantes de la Universidad EAN

Desde el punto de vista desarrollado en la encuesta, se implementarán diversas metodologías empleadas en las investigaciones mencionadas en el problema de las rutas vehiculares volumétricas (CVRP), lo que permitirá estudiar la capacidad de búsqueda y el número máximo de paradas en función del número que se detiene, y según el número de paradas y la ruta óptima de cada una de estas paradas (Barajas Mora, 2009). Además de algunas técnicas del método ACO para medir variables y resolver las complejidades de la movilidad.

Por tanto, es necesario realizar un intento de examinar la viabilidad de implementar una mejor logística en las calles de la ciudad y confirmar si se puede cumplir con el objetivo de mejorar

la fluidez del tráfico dependiendo de las rutas y opciones que opten por utilizar los estudiantes de la universidad.

Por lo que, el propósito, como se señaló, nunca será un modelo de reconstrucción vial, que será el más adecuado por ser el principal obstáculo al momento de movilizarse y de ocasionar retrasos en los estudiantes, pero su desarrollo no era factible en el momento principalmente por problemas económicos, además de inconveniencia de los edificios para su demolición y posterior modificación de la pasarela, se pretende, por tanto, proporcionar un modelo común para el desarrollo de la movilidad en conjunto para los estudiantes. De esta manera se puede cumplir plenamente con altos estándares de calidad, incorporando diferentes variables en una solución logística que permitirá moverse en menos tiempo, con rutas más seguras y confiables, principalmente para estudiantes los cuales podrán tener plena certeza de su correcto funcionamiento.

Finalmente, para desarrollar dichas variables se establecen diferentes campos donde es necesario profundizar para dar con una solución íntegra, en ese sentido se tiene:

7.5 Transporte y cambio climático

Según el estudio realizado por National Geographic sobre la incidencia del transporte sobre el cambio climático, en muchos sentidos, el cambio climático y el transporte moderno van de la mano. Se establece que los avances tecnológicos que cambiaron la vida de la Revolución Industrial marcaron el comienzo de nuevos modos de viaje son las mismas tecnologías que han contribuido a la contaminación a gran escala del planeta. A medida que la maquinaria comenzó a reemplazar el trabajo manual en la segunda mitad del siglo XVIII, aumentó el uso de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, como energía. Nuevos y emocionantes vehículos de transporte, como automóviles, trenes y barcos a vapor, también funcionaban con combustibles fósiles, que liberan grandes cantidades de dióxido de carbono al aire cuando se queman.

Estos crecientes niveles de dióxido de carbono han generado un efecto invernadero significativo, que ha provocado que el planeta se caliente a un ritmo mucho más rápido, y a temperaturas más altas, que las tasas anteriores a la Revolución Industrial, lo que ha provocado los cambios climáticos observados en los últimos veinte años. En 2017, el sector de transporte de EE. UU. Generó el mayor porcentaje de gases de efecto invernadero emitidos en los Estados Unidos con un 29%. A nivel mundial, el transporte representa entre el 15 y el 20 % de las

emisiones cada año. Los vehículos motorizados son la principal causa de contaminación del aire en los Estados Unidos, aunque otros modos de viaje, como aviones y cruceros, generan mayores emisiones por viaje por persona.

Adicionalmente, según la EPA (La Agencia de Protección Ambiental) en su estudio sobre la contaminación del carbono proveniente del transporte, la quema de combustibles fósiles como la gasolina y el diesel libera dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero, a la atmósfera. La acumulación de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero como el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y los hidrofluorocarbonos (HFC) está provocando que la atmósfera de la Tierra se caliente, lo que resulta en cambios en el clima que ya estamos comenzando a ver hoy. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte representan alrededor del 29% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero de EE. UU. Lo que lo convierte en el mayor contribuyente de las emisiones de GEI de EE. UU. Entre 1990 y 2019, las emisiones de GEI en el sector del transporte aumentaron más en términos absolutos que en cualquier otro sector.

Para Colombia el panorama es similar,; de acuerdo al Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC Escenarios de Emisiones publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, los escenarios de cambio climático *“son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influyen las fuerzas determinantes (crecimiento demográfico, desarrollo socioeconómico y cambio tecnológico) en las emisiones futuras; y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis”* (IPCC, 2000). Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación.

La siguiente tabla muestra los escenarios de emisiones. El IPCC y diferentes instituciones gubernamentales, a partir de los diferentes escenarios de cambio climático, han podido dar cuenta de la realidad del calentamiento global y han podido identificar las amenazas potenciales que impactarán todos los sistemas naturales y humanos (IPCC, 2000).

Tabla 1. Priorización de acciones

Medida	Clasificación Importancia	Clasificación Objetivos	Clasificación Co-beneficios	CO2 (Ton/año)	Costos (USD/Ton)	Reducción Total (Ton)	Clasificación General
Sustitución de la flota de transporte público con tecnología eléctrica	6	7	4	952,000	128.8	14,187,000	1
Promoción del transporte férreo de carga como complemento/alternativa al transporte carretero	3	2	7	263,000	74.8	3,946,000	2
Promoción del transporte fluvial de carga como complemento/alternativa al transporte carretero	5	4	3	1,147,000	-34.5	3,946,000	3
Construir ciclorutas accesibles, atractivas, continuas, cómodas, que garanticen la seguridad física y personal del usuario	1	1	1	1,800,000	-62	1,800,000	4
Desintegración de vehículos de carga mayor a 20 años	4	3	8			560,000	5
Sustitución de la flota de transporte público con tecnología híbrida	8	6	9	1,200,000	-671	4,700,000	6
Articulación entre proyectos de vivienda y transporte - Proyecto TOD	2	5	2			1,900,000	7
Promoción de vehículos particulares eléctricos	7	9	6	474,000	7.5	10,428,000	8
Sustitución de taxis por vehículos eléctricos	9	8	5	46,000	-28.6	1,147,000	9

Fuente: Ministerio de Transporte- 2016

Según se proyecta, las amenazas principales del cambio climático a nivel mundial son: un aumento de la temperatura promedio global, variaciones regionales en los patrones y en la intensidad de la precipitación y un ascenso del nivel del mar. Los modelos de cambio climático predicen que los aumentos de temperatura serán mayores en las zonas terrestres que sobre los océanos y los mares, más altos al interior de los continentes que en las zonas costeras, y ascenderán más cuando se vaya desde los trópicos hasta las regiones polares en el hemisferio norte. Las consecuencias en cuanto a los patrones de precipitación son más complejas de predecir y dependen mayormente de la geometría continental, aunque también de la vecindad y forma de las montañas, y de la dirección del viento. En general, se espera que la precipitación aumente en las regiones cercanas a las regiones polares, y disminuya en las áreas adyacentes a los trópicos.

7.5.1 Planes de acción para mitigar el impacto de emisiones de carbono en el medio ambiente en Colombia. El Ministerio de Transporte constantemente proporciona medidas de mitigación que en el 2017 pudieron clasificarse entre medios no motorizados, desarrollo integral, transporte público urbano, eficiencia energética, carga y logística, mantenimiento y renovación de vehículos y transporte privado de pasajeros; entre estas medidas de mitigación se encuentran:

- Aumentar la mezcla diesel-biodiesel por encima del 10%
- Mejorar la calidad del combustible (azufre, octanaje, estándares internacionales)
- Optimización del uso de taxis (Distribución geográfica de los taxis, bahías de parqueo)
- Sustitución de taxis por vehículos eléctricos
- Renovación de la flota vehicular de transporte público colectivo
- Reestructuración y optimización del transporte público colectivo
- Sustitución de la flota de transporte público con tecnología eléctrica
- Sustitución de la flota de transporte público con tecnología híbrida
- Asegurar un adecuado mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y el sistema del transporte público
- Delimitar carriles exclusivos o priorización en el espacio para el transporte público
- Impulsar jornadas de día sin moto
- Planes de Movilidad Empresariales (PEMS)

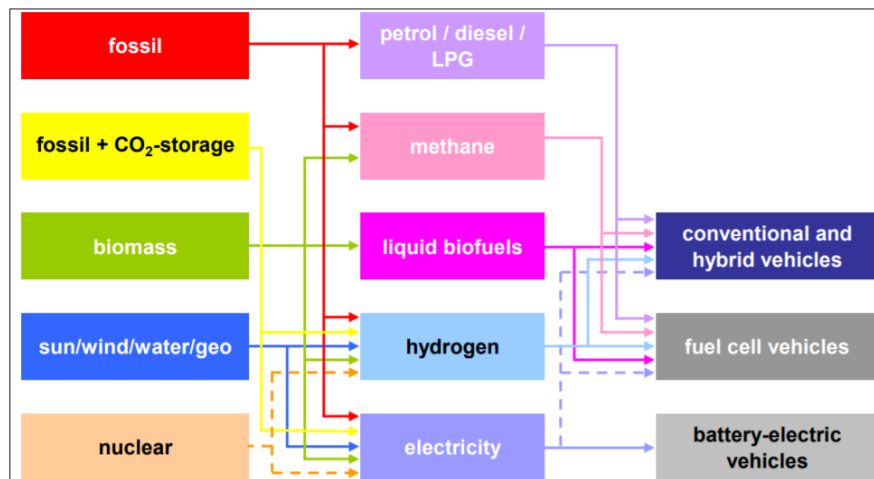
Según el Ministerio de Transporte, Colombia ha sido un actor permanente en las negociaciones y discusiones en torno al Cambio Climático y ha demostrado su compromiso mediante la formulación de políticas transversales en la materia, y de lineamientos en los sectores de mayor relevancia. Se establece que dentro de las cuatro instancias creadas en el Gobierno Nacional para responder ante dichos compromisos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) junto con el Departamento Nacional de Planeación (DNP) diseñaron la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), instancia que desde el año 2011 coordina y articula esfuerzos intersectoriales orientados a desligar el crecimiento económico del país de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Lo anterior mediante la formulación de políticas y acciones que mejoren la eficiencia y competitividad de los sectores, reduzcan su impacto sobre el ambiente y ofrezcan beneficios integrales a la población. (Ministerio de Transporte-2016)

7.5.2 Planes de acción mundiales frente a la contaminación por transporte. Para seguir mejorando la eficiencia energética y reducir las emisiones de los motores de los trenes, existe una serie de medidas técnicas:

- Optimización de los parámetros físicos: reducción de masa, aerodinámica mejorada y disminución de fricción.

- Frenado regenerativo con recuperación de energía.
- Conducción energéticamente eficiente, para optimizar la velocidad en todo momento durante el viaje, por ejemplo, reduciendo el frenado.
- Incremento del factor de carga.
- Adoptar alternativas de energías renovables.

Figura 2. Portadores de energía- Balance energético



Fuente: Diéguez, 2017

La columna central muestra las diversas categorías de portadores de energía secundarios, en los que el primario, las fuentes de energía se pueden convertir para su distribución en aplicaciones de uso final de energía. Los portadores de energía incluyen combustibles tradicionales (gasolina, diésel y GLP, procedentes del refinado de petróleo o producidos sintéticamente a partir de gas o carbón), varios combustibles alternativos fósiles y renovables (por ejemplo, gas natural, biogás, bioetanol, biodiésel, biomasa-líquidos (BTL) e hidrógeno), así como electricidad. A bordo de los vehículos, estos vectores de energía son convertidos en energía de propulsión, utilizando diversas tecnologías de tren de potencia.

De este gráfico se desprende claramente que una ventaja del hidrógeno y la electricidad es que ambos pueden ser producidos a partir de todas las fuentes primarias posibles. De manera similar, trenes de potencia basados en motores de combustión interna (tanto convencionales como híbridos) y los trenes de potencia de pila de combustible se pueden alimentar con todos los combustibles posibles, por lo que las configuraciones híbridas también pueden utilizar electricidad.

7.6 Investigación de Operaciones

La investigación de operaciones es una disciplina que se encarga de la administración, en la mayoría de los casos ayuda en la toma de decisiones, esta se caracteriza por aplicar teóricamente métodos, y técnicas especiales que ayuden a la solución de problemas, especialmente para este proyecto se tomará esta para realizar análisis de optimización, para saber cuál es la ruta más corta, menos costosa y más viable, utilizando algoritmos especiales para esto. (Hillier, Lieberman, 2010)

Dentro de estos algoritmos se pueden encontrar los siguientes:

7.6.1 Algoritmos de Agrupamiento o Clustering: Según Aguado y Jimenez, *“los métodos de agrupamiento o Clustering constituyen un tipo de aprendizaje por descubrimiento muy similar a la inducción. En el aprendizaje inductivo, un programa aprende a clasificar objetos basándose en etiquetados proporcionados por un profesor. En los métodos de agrupamiento no se suministran los datos etiquetados: el programa debe descubrir por sí mismo las clases naturales existentes.”* (2013).

Estos algoritmos tienen como finalidad agrupar objetos de un dataset según similitudes, de forma que estos objetos que están dentro de un grupo sean más similares que caen en grupos distintos. Desde un punto de vista intuitivo, este tiene un objetivo muy claro que es agrupar adecuadamente un conjunto de datos no etiquetados. (Sancho, 2020)

Las técnicas de agrupamiento analizan el conjunto de observaciones disponibles para determinar una tendencia a encontrar patrones de agrupación, estas permiten hacer una clasificación donde es asignada una observación a un conjunto, de forma que cada agrupamiento o conjunto de datos sea más o menos homogéneo y que sea diferenciable de los demás. Además, existen métodos de agrupamiento que asocian un patrón, con algún criterio de similitud entre individuos. (Aguado & Jimenez, 2013)

Entre los tipos de clustering se presentan a continuación los más importantes:

- **Método adaptativo:** Este es un algoritmo heurístico de agrupamiento que se puede utilizar cuando no se sabe realmente cual es número de clases o similitudes del problema en estudio. Lo que caracteriza a este método es su simplicidad y eficiencia. Por otro lado, las limitaciones de este algoritmo son su comportamiento sesgado por el orden de presentación de los patrones.

La manera como funciona este método es que ingresa el primer agrupamiento se escoge arbitrariamente, se asigna un patrón a un cluster si la distancia del patrón al centro del

cluster no supera un umbral. Por otro lado, en un caso contrario se debe crear un nuevo agrupamiento. (Aguado & Jimenez, 2013)

- **Algoritmo de los K medias:** Este es uno de los algoritmos más utilizados y conocidos, también es un método de agrupamiento heurístico se diferencia del anterior es que este tiene el número de clases conocido (K). Este se basa en la minimización de la distancia interna. Este algoritmo es sencillo y eficiente. Procesa los patrones secuencialmente. El único inconveniente es que está sesgado por el orden de presentación de los patrones y su comportamiento depende enormemente del parámetro K. (Aguado & Jimenez, 2013)
- **Métodos basados en grafos:** Los métodos basados en grafos intentan evitar el hecho de que no dependa respecto al orden en que se le presentan los patrones, pero su costo computacional los hace inaplicables en ciertas ocasiones.

Dentro de estos se pueden encontrar la matriz de similaridad, esta se emplea para mostrar el grado de similitud entre un conjunto de patrones, esta se construye con una matriz S simétrica de tamaño NxN, donde N es el número de patrones. (Aguado & Jimenez, 2013)

7.6.2 Algoritmo de agrupamiento Mixturas Finitas: Este algoritmo implementa el criterio de Mínima longitud de un mensaje usando una variante del EM (Expectation-Maximization). Lo que hace es minimizar la función objetivo, este tiene algunas limitantes, ya que es un método local, por tanto, es sensible a la inicialización. (Pascual, Sánchez & Pla, 2007)

7.6.3 Algoritmos Jerárquicos: Los algoritmos más conocidos de este tipo, son:

- **Single Link (SL):** En cada paso se unen los dos grupos cuyos elementos más cercanos tienen la mínima distancia.
- **Average Link (AL):** En cada paso o iteración se unen los dos grupos tal que tienen la mínima distancia promedio entre sus puntos.
- **Complete Link (CL):** En cada paso se unen los dos grupos tal que su unión tiene el diámetro mínimo o los dos grupos con la menor distancia máxima entre sus elementos. (Pascual, Sánchez & Pla, 2007)

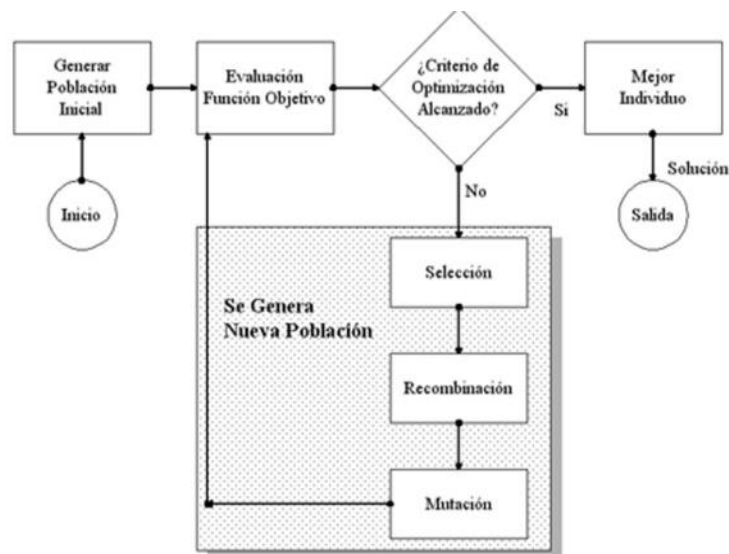
7.6.4 Algoritmos Particionales: Estos algoritmos asumen un conocimiento *a priori* del número de clusters en que se dividió el conjunto de datos, llegando a una división en clases que optimizan un criterio predefinido o función objetivo. (Pascual, Sánchez & Pla, 2007)

7.6.5 Programación Evolutiva: Hoy en día existen muchos problemas de optimización o que requieren ser optimizados, estos aparecen especialmente en los ámbitos de las ingenierías y son difíciles de solucionar por medio de técnicas tradicionales, para este caso se aplican los algoritmos evolutivos, estos están inspirados en la naturaleza, la evolución de los seres vivos. (Aguado & Jimenez, 2013)

Según Estévez, menciona que los algoritmos genéticos se inspiran en la mecánica de la selección natural y la genética para evolucionar una población inicial de puntos sucesivamente hacia mejores regiones del espacio de búsqueda. (1997). En este principio de selección de los individuos más aptos, tienen mayor longevidad y por tanto mayor probabilidad de reproducción.

La aplicación de este tipo de algoritmos ha sido bastante conocida en áreas como el diseño de circuitos, programación de rutas, facilidad en diseño y localización, transporte de materiales, etc. En la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo de un algoritmo genético:

Figura 3. Ejemplo Diagrama de flujo de algoritmo genético



Fuente: Aguado & Jiménez, 2013

7.7 Optimización de rutas de Transporte

La optimización de transporte se puede entender por todas aquellas acciones que se realizan y que contribuyen a la mejora de la función de distribución, ya sea en la disminución de tiempos, costos, calidad, etc. Existen tres niveles complementarios al momento de tomar decisiones:

- **Estratégico:** Para este nivel se tienen todas las prácticas realizadas al momento de planificar, y ejecutar un sistema completo de distribución.
- **Táctico:** En este nivel están alojadas todas las decisiones que se relacionan al ajuste operativo, diseñado en el nivel estratégico. Como ejemplo se puede poner el diseño de una nueva ruta.
- **Operativo:** En este último nivel, se acomodan todas las decisiones del día a día, como, por ejemplo: el tipo de vehículo.

Adquiere mayor importancia en los dos últimos niveles, esto para el momento de optimizar modelos ya existentes o adaptarlos. (Alarcon & Butron, 2009, pp. 4).

7.7.1 Abordar el problema de investigación: La clave para abordar el problema es comprender que la forma de afrontarlo depende de las particularidades meramente de la organización. Pero existen algunos aspectos importantes, que resultan críticos.

- Definir el objetivo de optimización: Esto se refiere, a definir claramente el alcance del problema.
- Delimitar claramente el servicio actual: Esto se refiere a establecer en términos de características del producto.
- Establecer el tipo de resultado deseado para el proyecto.

Una vez que se analicen estas opciones, se puede abordar el proyecto. (Alarcon & Butron, 2009, pp 6).

7.7.2 Herramientas para la optimización de rutas

- **Los Sistemas Inteligentes de Transporte:** En los últimos años se han empezado a utilizar e implementar nuevas tecnologías con éxito, estas han permitido moldear de manera más eficiente las operaciones de transporte. Dentro de estas tecnologías se destacan, los sistemas de información geográfica, sistemas de localización y aplicaciones de optimización de rutas. (Alarcon & Butron, 2009, pp 7).

- **Selección del software de Optimización:** La herramienta de optimización o software que permita modelar las rutas debe cumplir o ser capaz de aportar una solución viable, de calidad, teniendo en cuenta los requerimientos y los múltiples escenarios posibles del problema. Se debe conocer en detalle qué variables deben manejar los algoritmos de cálculo empleados en el software, que tratarán de solventar el problema en base a las circunstancias. (Alarcon & Butron, 2009, pp 7).

El objetivo general del algoritmo empleado o seleccionado debe tener en cuenta la determinación y planificación de las rutas con menor tiempo.

7.7.3 Componentes de la gestión de Rutas: Existen algunos componentes para solucionar el problema y gestionar adecuadamente una ruta, desde la captura de la información de los estudiantes hasta la obtención de la mejor ruta o ruta óptima, estos son:

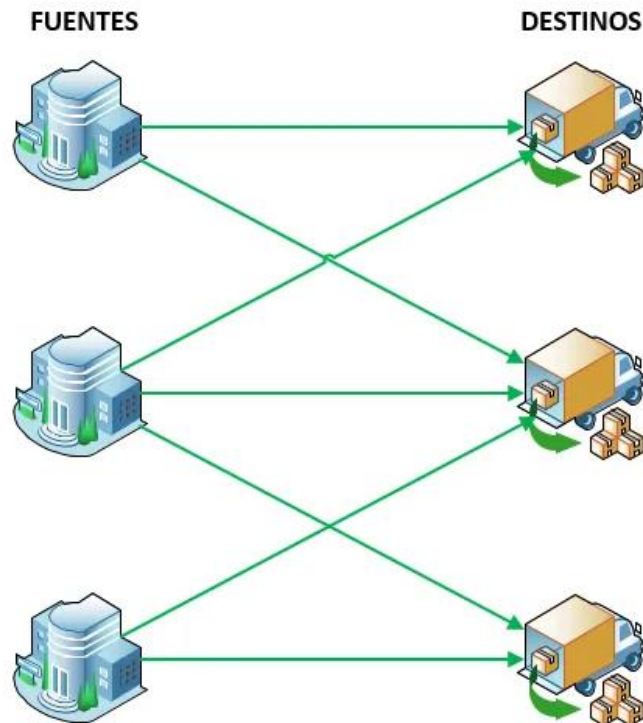
- **Estudiantes o Pasajeros:** Son aquellos que utilizaran el servicio, en este caso los estudiantes de la universidad Ean, Ellos envían los parámetros de localización y horario de estudio, que son esenciales para la agrupación en paradas. (Aguado & Jiménez, 2013, pp. 16)
- **Paradas:** Estas son localizaciones físicas donde se recogen a los pasajeros. Cada parada puede tener uno o más pasajeros. Esta debe estar en un punto medio entre la vivienda de los estudiantes y todos los pasajeros asociados a esta parada. (Aguado & Jiménez, 2013, pp. 16)
- **Transporte:** En este componente, se incluye cualquier vehículo con la capacidad para albergar a todos los pasajeros que componen la ruta. El vehículo deberá recorrer cada parada en el orden establecido, y tratando de mantener el tiempo establecido tanto de llegada de destino como de recogida. (Aguado & Jiménez, 2013, pp. 16)

7.8 Problema del transporte o distribución

Es un problema de redes especial en la programación lineal que se funda en la necesidad de llevar unidades de un punto fuente u origen hasta el destino. Los principales objetivos son la satisfacción de todos los requerimientos establecidos, y principalmente la minimización de costos y tiempo, relacionados con el plan determinado por las rutas escogidas. Este modelo tiene un contexto de aplicación amplio y puede generar soluciones en el área de operaciones, inventario y asignación de elementos, etc.

Este se puede llevar a cabo mediante programación lineal común, sin embargo, se puede crear múltiples alternativas de solución tales como los modelos de asignación. En la siguiente ilustración se muestra un problema de transporte:

Figura 4. Ejemplo problema de Transporte



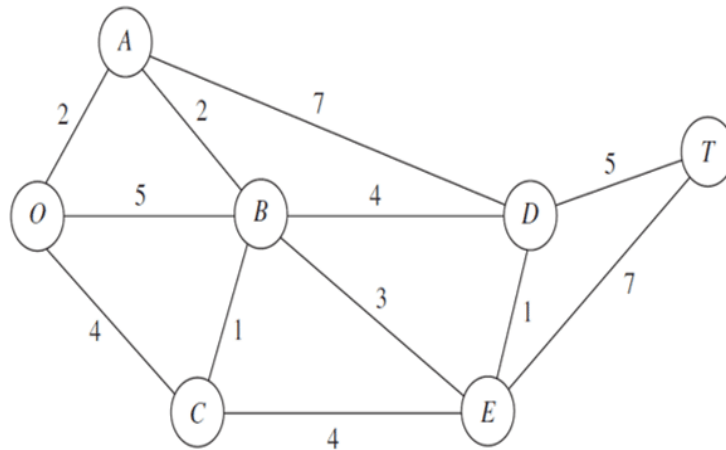
Fuente: Salazar, 2019

7.9 Análisis de Redes

Las redes tienen una gran importancia en el ámbito empresarial ya que con estas se pueden obtener mejores resultados, en este caso los métodos que se estudian en este análisis son: el de recorrido mínimo, el de la ruta más corta y el método de flujo máximo. Estos pueden ser resueltos a través de la programación lineal. (Benitez, 2019)

Benitez dice que una red, es la representación gráfica de una serie de eventos y actividades que suceden en un trabajo que se programa para lograr un objetivo determinado. En la siguiente ilustración se muestra una representación de una red:

Figura 5. Ejemplo de una red



Fuente: Cadena, 2018

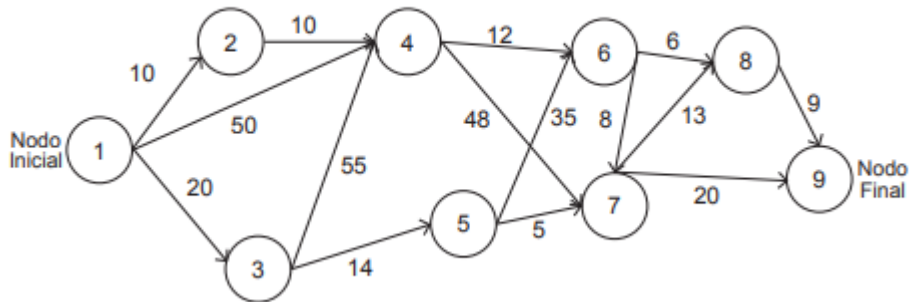
Cada círculo representado en la red se le conoce como Nodo, este es un evento o suceso, Los números que se encuentran entre cada Nodo son el peso de cada Ruta o conexión, Las líneas que conectan cada nodo se llaman arcos, estos se etiquetan al darle nombre a los nodos.

En la anterior ilustración aplicada a un contexto, se muestra este sistema de caminos, en donde O es la entrada al parque; las otras letras representan la localización de las casetas de los guardabosques y otras instalaciones de servicio. Los números son las distancias en millas de estos caminos. (Cadena, 2018)

7.9.1 Método del recorrido Mínimo: Estos también son conocidos como problemas de árbol de mínima expansión, donde cada ruta o rama tiene un costo no negativo asociado. La finalidad de este método es encontrar una red conexa que incluya todos los nodos de la red, de modo que su costo total (Suma de los pesos) sea el mínimo. La red que cumpla con esa condición será un nuevo árbol de expansión; cada rama es analizada, dependiendo del nodo elegido para iniciar con el recorrido así encontrar la que tiene un menor costo y finalmente con los nodos conectados, se busca la más económica. (Benitez, 2019)

7.9.2 El problema del camino más corto: Este hace referencia a la determinación de la mejor manera de atravesar una red por el camino más corto (Costo mínimo, o dependiendo de lo que se desee optimizar), desde un origen a un destino dado, considerando el valor de cada arco. (Jaramillo & Lotero, 2011)

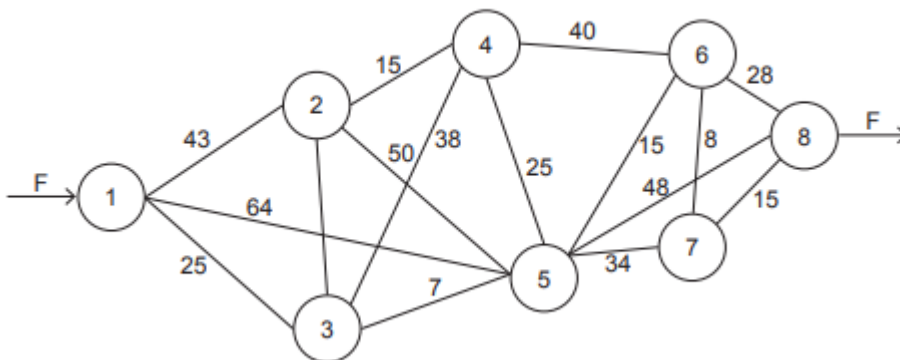
Figura 6. Representación gráfica del problema del camino más corto



Fuente: Jaramillo & Lotero, 2011

7.9.3 El problema del flujo máximo: Este hace referencia a que, si se cuenta con una red con capacidades limitadas de flujo en sus arcos, se debe determinar el flujo máximo posible proveniente de los orígenes, de forma que se usen sin excepciones esas capacidades. De tener una red con m nodos y n arcos, el objetivo es encontrar el flujo total máximo en la red F , del nodo origen 1 al nodo final m . (Jaramillo & Lotero, 2011)

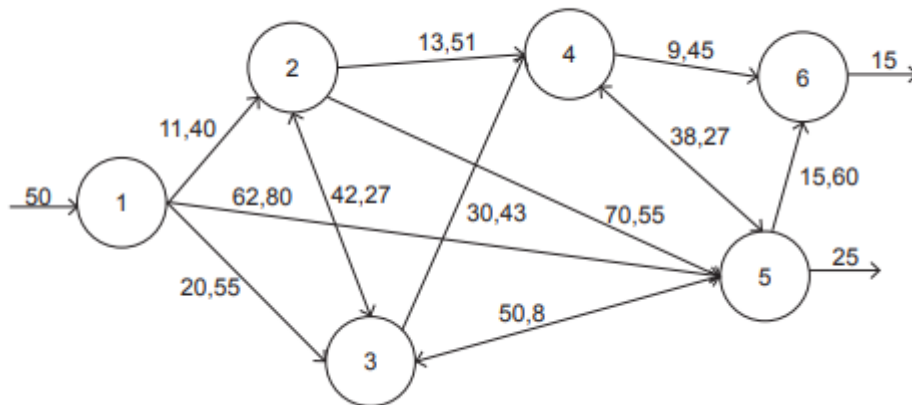
Figura 7. Representación gráfica de flujo máximo



Fuente: Jaramillo & Lotero, 2011

7.9.4 El problema de flujo de costo mínimo: Jaramillo & Lotero, dicen que: Agrupa algunas características presentadas en los problemas anteriores. Este considera múltiples orígenes y destinos, capacidades de flujo a través de los arcos y un costo por flujo sobre un arco. Este problema minimiza el costo total, considerando restricciones de disponibilidad, la capacidad máxima de flujo a través de cada arco y la demanda de los nodos. (2011, pp 49)

Figura 8. Representación gráfica de un problema de flujo de costo mínimo



Fuente: Jaramillo & Lotero, 2011

7.10 Beneficios de la implementación de diseño con solución informática.

Según Paragon from Aptean, la empresa dedicada al desarrollo de soluciones avanzadas de planificación, programación y seguimiento de rutas que tiene como finalidad reducir los costos, aumentar la eficiencia y apostarle a un servicio al cliente eficiente, se establece que el impacto de las reducciones inmediatas de tiempo en la carretera, las millas recorridas y el combustible consumido nunca debe subestimarse. Las reducciones de costos suelen ser del 10 al 30% y el ROI suele ser de entre 3 y 12 meses, sin embargo, estos son algunos de los beneficios más amplios:

7.10.1 Entrega a tiempo mejorada: La generación de planes de ruta detallados, precisos y alcanzables significa que es mucho más probable que alcance incluso ventanas de tiempo estrechas de manera consistente y predecible. Eso afina su ventaja competitiva. Si sus conductores faltan a una cita de entrega y son enviados al final de la fila para esperar, corren el riesgo de no completar todas las entregas programadas posteriores, lo que aumenta los costos y disminuye la satisfacción del cliente. (Paragon,2020)

7.10.2 Clientes: Los clientes son más exigentes que nunca cuando se trata de cumplir con plazos de entrega ajustados. Con un sofisticado software de optimización de rutas, puede planificar con seguridad rutas que lleguen a esas ventanas, ofrecer a los clientes ETA más precisos y comunicarse de manera proactiva con ellos sobre el progreso y el estado de las entregas en curso.

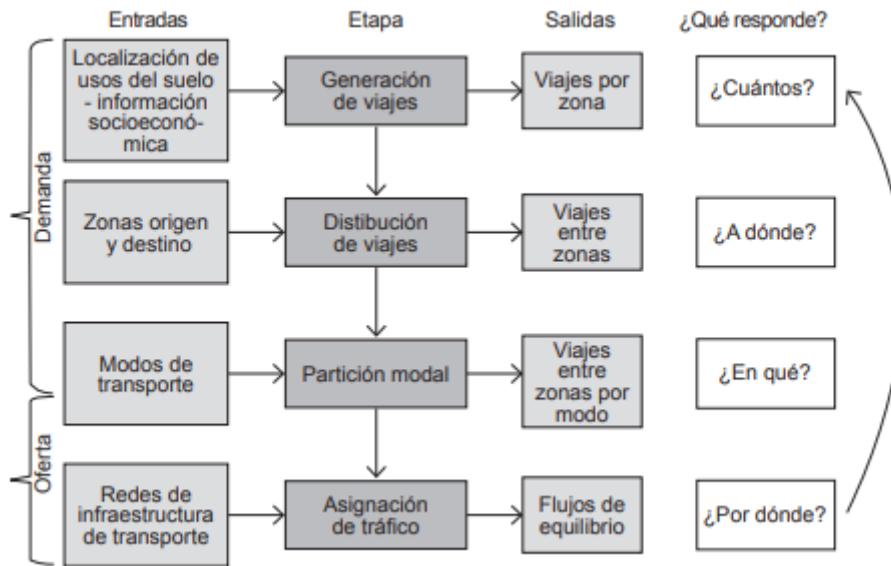
7.10.3 Mayor flexibilidad para responder a cambios inesperados. Una buena tecnología de planificación de rutas le permite responder rápidamente a situaciones cambiantes. Los picos o caídas de la demanda son cada vez más difíciles de predecir, y la disponibilidad de los conductores sigue siendo un problema. Esta tecnología le permite adaptarse rápidamente, una y otra vez, porque siempre llega rápidamente de la manera más eficiente para que los clientes accedan de forma factible a los servicios disponibles para atender mejor las demandas de los clientes y las condiciones del mercado. (Paragon,2020)

7.10.4 Mayor capacidad para planificar utilizando herramientas de modelado. Los ejecutivos de todos los niveles pueden ejecutar escenarios hipotéticos para determinar los costos y las implicaciones del servicio de diferentes estrategias de transporte. El software de optimización de rutas ayudaría a ejecutar una serie de escenarios para determinar los costos duros y las consecuencias más suaves, como el tiempo de comercialización, antes de que haya movido un dedo o gastado un centavo. Con todos estos beneficios invisibles de la optimización de rutas sofisticada, el departamento de transporte puede pasar de ser considerado a nivel de sala de juntas como “solo un costo de hacer negocios” a un motor elegante y ágil de ventaja competitiva. (Paragon,2020)

7.11 Fases de Planificación del transporte

La planificación del transporte se puede plantear en dos fases la primera es la fase de planificación estratégica del sistema de transporte donde se debe tener en cuenta la distribución regional de los estudiantes, donde viven y la infraestructura vial, en esta etapa se estima la cantidad de viajes que se generan desde diferentes orígenes a los diferentes destinos. Según mencionan los autores, esta fase puede considerarse descriptiva ya que se intenta describir el posible comportamiento de las personas, en esta fase se implementan las herramientas de simulación y un posible pronóstico. La siguiente ilustración muestra un modelo planteado por Jaramillo y Lotero donde proponen 4 subetapas para el transporte.

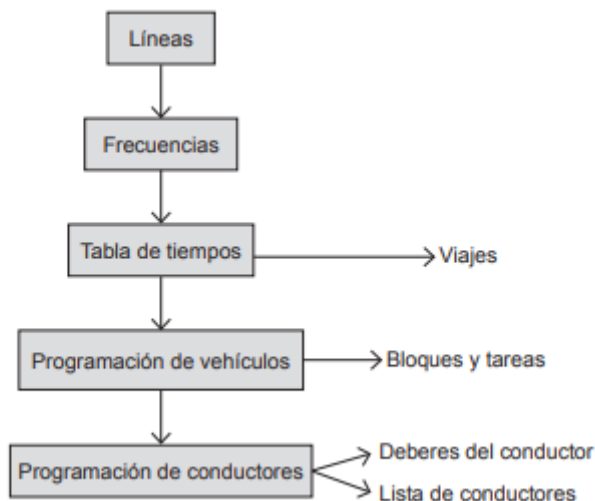
Figura 9. Esquema del modelo de 4 etapas para transporte (fase 1)



Fuente: Jaramillo & Lutero, 2011

En la segunda fase que es de planeación de la operación del sistema de transporte se puede considerar las normas, debido a que intenta hacer que el sistema funcione y opere de la mejor manera posible. En esta herramienta fundamental es la optimización, es la fase de interés del estudio realizado. La siguiente ilustración muestra las etapas de la fase 2.

Figura 10. Etapas de la fase 2



Fuente: Jaramillo & Lotero, 2011

8. Análisis de Restricciones

A continuación, se muestra un análisis de las posibles restricciones, desde seis diferentes puntos de vista:

8.1 Ambientales

Teniendo en cuenta, que para el desarrollo del proyecto es de suma importancia disminuir la huella de carbono, se debe tener en cuenta las condiciones del estado de los automóviles, que se encarguen de las rutas, ya que estos deben de cumplir ciertos requisitos, para aportar al cuidado del medio ambiente, además de que la ley 1972 de 2019 por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y al medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y se dictan otras disposiciones. Establece algunos requerimientos mínimos que deben cumplir los vehículos, para evitar el exceso de emisiones contaminantes. (SUIN, 2019)

8.2 Económicas

Para el desarrollo de la solución es necesaria la presencia de recursos económicos, ya que se deben comprar algunas licencias de programas y tecnologías, por el momento estos recursos son limitados para lanzar la solución final al mercado, además el precio del servicio prestado debe ser accesible para todos los estudiantes, ya que, si es muy costoso, es inevitable que prefieran seguir usando otros transportes como el público.

8.3 Socioculturales

Debido a que la mayoría de los estudiantes, están ya acostumbrados al uso del transporte público, donde cada determinado tiempo buses cubren la misma ruta y el tiempo de espera no es demasiado, llegará a ser difícil que los estudiantes se acomoden a ciertos horarios fijos que se emplearán en la solución.

8.4 Capacidad de fabricación

Las restricciones que se encontraron para este se basan en:

- Los tiempos de producción de la solución informática, ya que el proyecto debe estar listo al finalizar la unidad de estudio, pero este requiere mayor del que se había planteado inicialmente.

- Los costos que se habían planteado inicialmente aumentan, ya que no se había tenido en cuenta el aspecto de ciberseguridad, protección de datos y algunas tecnologías adicionales que se deben implementar.
- Se necesita el aval de la universidad para recolectar la información de los estudiantes, ya que la solución es realizada por y para estudiantes de la Ean.
- Aunque la idea de solución a la problemática dada es interesante, se debe consultar con los estudiantes, ya que, si los suficientes estudiantes están de acuerdo o quisieran usarla, se puede implementar, en caso contrario, podría generar pérdidas y no ganancias.

8.5 Salud y Seguridad

Las restricciones en este apartado, se relacionan directamente con las establecidas por parte de la universidad Ean, sobre las medidas y protocolos de bioseguridad, ya que si algún estudiante presenta síntomas no podría utilizar el servicio para no arriesgar la salud y bienestar de los demás estudiantes. Con respecto a la seguridad, el enfoque está en la ciberseguridad, el tratamiento y protección de datos personales.

8.6 Éticas

Para este caso, es importante invertir en tecnologías que protejan los datos y dar un buen manejo a la información proporcionada por los estudiantes, ya que se accederá a datos sensibles, como ubicación, dirección de residencia, etc. Es vital que esta información sólo sea manejada por pocas personas y exclusivamente miembros de la universidad, que no atente contra el derecho de privacidad y manejo de datos personales de los estudiantes.

9. Generación de posibles soluciones

Dentro de las ideas planteadas inicialmente en torno a la problemática y los requerimientos encontrados se pueden ver a continuación:

- Crear una aplicación que muestre las mejores opciones y alternativas de transporte para llegar a la universidad.
- Incentivar al uso de diferentes alternativas de transporte más rápidas, y sostenibles mediante el diseño de una aplicación móvil.
- Crear un nuevo sistema de transporte para los estudiantes de la universidad Ean.
- Crear un nuevo sistema de transporte para estudiantes, que optimice el tiempo, sea seguro, cómodo y no tan costoso.
- Calculadora de huella de carbono donde se den consejos, de cómo disminuir esta, y que muestre las mejores alternativas para llegar a la Institución.
- Crear una aplicación que muestre las rutas de ciclovía para llegar a la Universidad.
- Impulsar el uso de transportes alternativos, mediante campañas en redes sociales, de la universidad, o por aplicaciones propias.
- Desarrollo de un software que permita calcular los tiempos exactos de llegada a la universidad, dependiendo del transporte que elija.
- Software de manejo de tiempos para llegar temprano a la universidad utilizando transporte público.
- Aplicación que genere alertas cada vez que hay trancones, o demoras en las vías.
- Software que permita generar alertas entre compañeros y docente clase cuando un estudiante, está atorado en un trancón.
- Realizar campañas de disminución de huella de carbono y manejo de horarios.

10. Selección de la mejor alternativa

Dentro de las ideas de solución previamente presentadas se escogió la mejor alternativa viable esta es el desarrollo de un sistema informático que permita optimizar el tiempo de llegada a la Universidad Ean, de los estudiantes mediante la implementación de rutas exclusivas para ellos, estas deben garantizar la seguridad y comodidad de los mismos, de acuerdo a los requerimientos presentados, para esto se han evaluado diferentes aspectos, entre ellos se tomaron en cuenta requerimientos funcionales tales como: modificaciones viales ya sean estructurales o de señalización.

Este sistema permitirá, a los estudiantes generar las rutas más rápidas de llegada a la universidad; sin embargo, partiendo de esa idea y analizando las problemáticas económicas se ha establecido que tomando como base la innovación y la tecnología se puede implementar una plataforma a escala para los estudiantes con un funcionamiento similar al mostrado por las plataformas que prestan servicio de transporte en Bogotá.

Es decir, una plataforma donde los conductores sean los mismos estudiantes que asisten a la universidad en diferentes transportes personales ya sean automóviles o motos, los cuales comúnmente se dirigen a la universidad sin acompañamiento dentro de los vehículos y dichos espacios podrían ser ocupados por otros estudiantes que se encuentren en zonas aledañas y que requieran de un transporte seguro a la universidad.

11. Especificaciones de Ingeniería para la solución

Como se ha mencionado con base a la innovación y tecnología siendo estos nuestros pilares se dará una solución por medio de una plataforma capaz de reconocer la posición de los estudiantes en zonas determinadas, esta acción se realiza por medio de un api proporcionado por Google, específicamente un api rest del sistema Google Maps, el cual permite por medio de solicitudes de tipo JQuery hacer consultas de ubicación en tiempo real de la persona.

Sin embargo, también se establece la opción de únicamente agregar la dirección del lugar y por medio de una búsqueda también al api establecer el lugar de partida de cada estudiante.

Por otra parte, se evalúan dos opciones para medir la distancia entre los estudiantes que requieren el transporte hasta la universidad, por lo tanto:

1. Realizar consultas directamente al api de Google para hacer mediciones entre las direcciones.
2. Realizar el cálculo directamente dentro de los algoritmos para su ejecución por medio de comparación de los números enteros de las direcciones.

Ambas opciones son evaluadas debido a que cada una de ellas tiene sus ventajas/desventajas, por lo tanto, de optar por la primera opción logramos tener una mayor precisión y seguridad de la ubicación de los estudiantes al momento de necesitar un transporte, sin embargo, al realizar tantas peticiones al api no podemos garantizar una respuesta rápida del api, por lo que quedamos dependiente de su funcionamiento.

Además de tener la opción de establecer ubicaciones que no sean exclusivamente direcciones sino también diferentes sitios que no estén referenciados por medio de direcciones sino de nombres, los cuales también podría administrar el api de Google por medio de coordenadas.

La siguiente opción mencionada es realizar los cálculos de aproximada en el BackEnd de la plataforma, es decir cálculos de proximidad por medio de la dirección, dicho método nos asegura una rápida respuesta para los estudiantes, sin embargo, imposibilita la opción de agregar lugares que no tengan referenciada una dirección.

Teniendo en cuenta dicha problemática se plantea en primera instancia utilizar la segunda opción, es decir validaciones de nuestros propios algoritmos, donde se realizarán las validaciones necesarias para evitar inconvenientes de ubicación y en un futuro la implementación del api para sitios sin referencias de dirección.

De este modo la plataforma al calcular y determinar que dos direcciones estan cerca no mayor a 5 cuadras, esta enlaza las direcciones y/o ubicaciones en una Array el cual agrupa los sectores donde coinciden las posiciones de los estudiantes por medio de un algoritmo ACO ó también denominado “el vecino más cercano”.

Una vez se tienen agrupadas las direcciones de los estudiantes por zonas próximas, se establece un punto de referencia, dichos puntos son cada estudiante que disponga de un automóvil/moto el cual tenga algún cupo para transportar más estudiantes.

Dichos estudiantes “conductores” harán el mismo proceso de registro para la plataforma y así analizar su sector para agruparlos junto con los estudiantes que requieren del servicio en el Array ya creado.

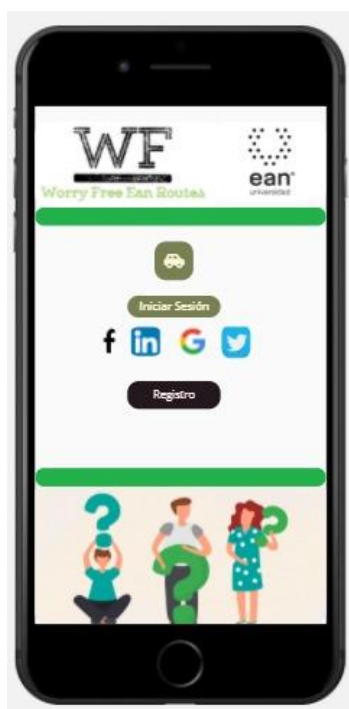
Finalmente se establecerán horarios para el transporte de acuerdo a los horarios que imparte la universidad, desde las 7:00 hasta las 20:00 hh, con el fin de aprovechar el momento en el cual el estudiante conductor coincida con la clase de algún alumno puedan transportarlo sin tener mayores novedades dentro de su día a día, y así mismo contribuir en la huella de carbono que produce una sola persona cuando se transporta en un automotor.

12. Dimensionamiento de los componentes

Dentro de un primer dimensionamiento de la aplicación a desarrollar se tiene el siguiente maquetado:

A continuación, en la figura 10 y 11, se muestra lo que es el inicio de sesión y una opción de registro, donde el estudiante podrá compartir en sus redes sociales este aplicativo móvil y por supuesto acceder a los servicios brindados a los estudiantes.

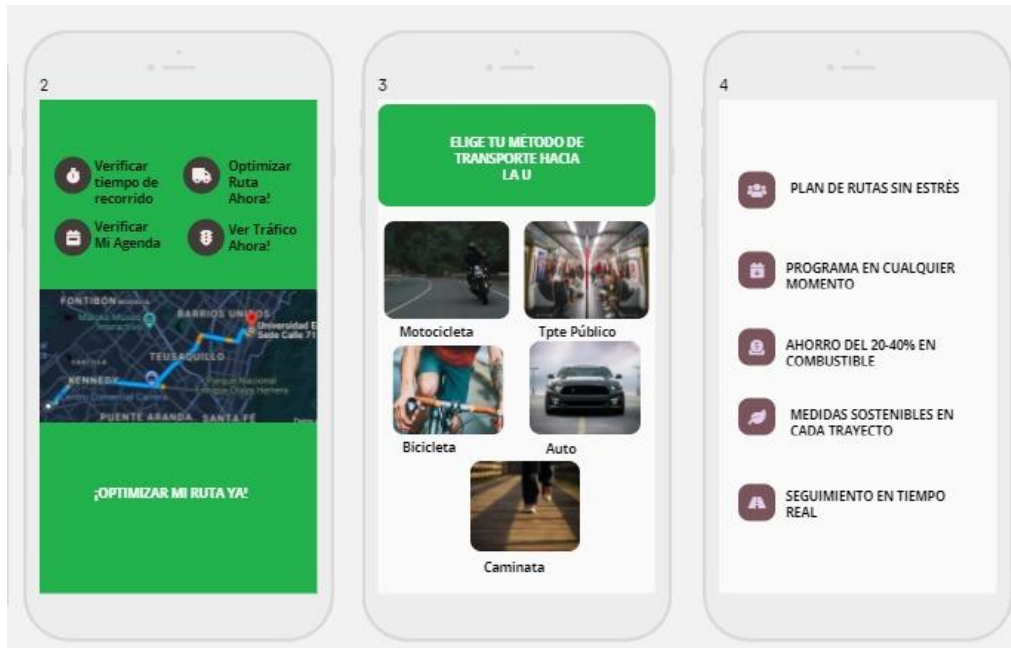
Figura 11. Aplicativo Móvil



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, cada número sobre la ilustración representa la acción en orden de cómo se llevan a cabo, después del inicio de sesión se tiene las opciones principales y la razón principal de ser, del aplicativo, allí se ven los beneficios para optimizar, saber el tiempo, conocer trancones, etc. Luego de esta se debe seleccionar el medio de transporte y finalmente se agenda el servicio. La idea es que se pueda cumplir en su totalidad esta aplicación, pero en primera instancia y lo más importante será desarrollar la solución para vehículos, los demás transportes serán incluidos a futuro, así mejorar y garantizar que cada objetivo planteado se cumpla a cabalidad.

Figura 12. Aplicativo Móvil parte dos



Fuente: Elaboración propia

13. Análisis Costos

Según el portal ITM Platform, La gestión de costes (Project Cost Management o PCM) es el proceso de estimar, asignar y controlar los costes de un proyecto. Permite que las empresas conozcan por adelantado los gastos y así reduzcan las posibilidades de superar el presupuesto inicial.

Por tanto, la gestión de costes del proyecto comprende todo su ciclo vital, desde la planificación inicial hasta su entrega, pasando por los diferentes análisis intermedios que se realicen. Con ello, se plantean diversas fases para culminar un análisis de costos eficiente y coherente con el proyecto como la planificación del costo del proyecto, esta fase es crucial para priorizar la identificación de actividades que representan costos dentro del proyecto, en el caso de la App Worry Free Ean Routes, se establecen costos fijos como publicidad, implementación de software, licencias, internet y representación legal, entre otros.

Teniendo en cuenta los costos fijos, se desglosan los costos por un periodo determinado (/mes) que darían una visión clara del total de los costos que deben ser sometidos a optimización, especialmente los que comprenden el establecimiento legal, de mercadeo, identidad e infraestructura de la App. Por otro lado, podemos identificar costos generales destinados solamente al desarrollo de la aplicación, aquí se tienen en cuenta dos costos generales importantes, desarrollo y diseño.

A continuación, se muestran los links correspondientes a análisis de costos tanto para los aspectos generales de la app (2 Excel) como para los costos de puesta en marcha o iniciación de la app. Es importante tener en cuenta que el archivo del Startup Costs fue tomado de la página vertex42.com la cual apunta claramente al uso limitado por derechos de autor.

https://universidadeaneducomy.sharepoint.com/:x:/g/personal/sgongor47322_universidadean_edu_co/ETnT_j_UprFHtVJ4w-tsA8IBg_-Kk7eB95MnhTWyxaXhwg?e=hjYsJb

https://universidadeaneducomy.sharepoint.com/:x:/r/sites/PROYECTODEGRADO-1/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7BB0748412-2F4E-4117-98B6-B8F5607196B9%7D&file=APP%20COSTOS%20EN%20COP.xlsx&wdOrigin=OFFICECOM-WEB.START.REC&ct=1637726311399&action=default&mobileredirect=true

Costos generales de la app:

La Tabla 2 muestra el estimado de aspectos generales de la aplicación.

Tabla 2. Estimado de aspectos generales de una aplicación.

Estimado de Aspectos Generales de Una Aplicación		
Nombre	Característica	Tiempo de diseño en Días
	Descripción	
Tamaño	App Mediana	30
UI (User Interface)	Pulida	50
Usuarios y cuentas	Email/Contraseña para Inicio de Sesión	1
	Inicio de sesión por Facebook	1,5
	Inicio de sesión por Twitter	1,5
	Inicio de sesión por Google	1,5
	Inicio de sesión por LinkedIn	1,5
Contenido generado por el Usuario	Tablero (Dashboard)	2
	Perfiles de Usuario	2
	Calificaciones y Reseñas	3
	Búsqueda de texto libre	3
Fechas y Ubicaciones	Calendario	5
	Visualización de datos de mapas/ geolocalización	3
	Visualización de regiones / marcadores de mapa personalizados	3
	Reservaciones	5
Vinculación Social	Mensajes	5
	Foros y Comentarios	5
	Función de compartir con redes asociadas	2
Facturación y Comercio Electrónico	Plan de suscripción	6
Administrador, feedback y análisis	Intercomunicador	3
	Informe de incidentes dentro de la app	0
	Monitoreo de rendimiento	1
	Soporte multilingüe	4
API e integraciones externas	Mensajería SMS	4
	Enmascaramiento de número de teléfono	4
Seguridad	Autenticación de dos factores	5
Desarrollo específico de la aplicación	Project Manager	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Costos

Días		
Tiempo designados al diseño		31
Tiempo designado al desarrollo		121
-	USD	COP
Tarifa diaria de diseño	\$ 450	\$ 1.748.772
Tarifa diaria del desarrollo de la app	\$ 470	\$ 1.826.495
	USD	COP
Tarifa total	\$ 70.820	\$ 275.217.851
Exchange rate	USD	COP
14/11/2021	\$ 1	\$ 3.886

Fuente: Elaboración propia

Nota: Puede descargar la plantilla (el "Software"), hacer copias de archivo y personalizar la plantilla solo para su uso personal o dentro de su empresa u organización y no para la reventa o el intercambio público. No puede eliminar ni alterar ningún logotipo, marca comercial, derechos de autor, exención de responsabilidad, marca, términos de uso, atribución u otros avisos o marcas de propiedad de Vertex42 dentro de la plantilla. La plantilla y cualquier archivo, documento u otro trabajo que incluya o se derive de la plantilla NO puede venderse, distribuirse, publicarse en una galería en línea, alojarse en un sitio web o colocarse en cualquier servidor de una manera que lo ponga a disposición del público en general. público.

En la tabla 4, puede observar el estimado en costos de aspectos generales de la aplicación.

	Convención
	Costo
	Desglose de costos

Tabla 4. Estimado en costos de aspectos generales de una aplicación y Costos.

Item	Setup Cost	Desarrollo	Costo de servicio mensual de
			Servidores/Servicios
Google Android	\$ -	\$ 9.600	\$ -
		160 hours x \$60/hour	
Apple iOS	\$ -	\$ 9.600	\$ -
		160 hours x \$60/hour	
Map a list of location	\$ 1.920	\$ 7.200	\$ -
	32 hours x \$60/hour	120 hours x \$60/hour	
Weather	\$ 5.760	\$ 3.840	\$ 20
	96 hours x \$60/hour	64 hours x \$60/hour	
Scheduled Content	\$ -	\$ 12.000	\$ -
		200 hours x \$60/hour	
Chat and Message Boards	\$ -	\$ 3.840	\$ -
		64 hours x \$60/hour	
Social Media	\$ -	\$ 4.500	\$ -
		75 hours x \$60/hour	
Buy or Sell products	\$ 2.880	\$ 15.360	\$ -
	48 hours x \$60/hour	256 hours x \$60/hour	
Customer Feedback	\$ -	\$ 15.000	\$ -
		250 hours x \$60/hour	
2 weeks per platform	\$ -	\$ 14.400	\$ -
		240 hours x \$60/hour	
Send Push Notifications	\$ 2.400	\$ 28.800	\$ 99
	40 hours x \$60/hour	480 hours x \$60/hour	
Camera (Image, Video, BarCode)	\$ 480	\$ 2.400	\$ -
	8 hours x \$60/hour	40 hours x \$60/hour	
GPS and Geo Fences	\$ 480	\$ 4.800	\$ -
	8 hours x \$60/hour	80 hours x \$60/hour	
Accelerometer	\$ -	\$ 2.400	\$ -
		40 hours x \$60/hour	
Public API's	\$ 4.800	\$ 28.800	\$ 300
	80 hours x \$60/hour	480 hours x \$60/hour	
Up-front Cost	\$ 960	\$ 2.400	\$ -
	16 hours x \$60/hour	40 hours x \$60/hour	
Growth Plan	\$ -	\$ -	\$ -
Total	Setup	Desarrollo	Mensual
	\$ 19,68	\$ 164,94	\$ 419
			\$ 5.028
	USD	COP	
Total	\$ 603,62	\$ 2.345.764	X 1 MES
	\$ 5.212,62	\$ 20.257.075	X 1 AÑO

Fuente: Elaboración propia

En las anteriores tablas no se incluyeron otros costos operacionales, o que giran en torno al desarrollo del proyecto, la tabla 5, muestra un ejemplo de la implementación de un proyecto de este tipo:

Tabla 5. Costos en torno al proyecto.

Worry Free EAN Routes		Business Startup Costs		
FUNDING		Estimated	Actual	Over/(Under)
Investor Funding				
Owner 1		5,000,000	5,000,000	-
Owner 2		3,000,000	3,000,000	-
Other		24,000,000	24,000,000	-
Total Investment		32,000,000	32,000,000	-
Loans				
Bank Loan 1 (Emergency)		8,000,000	8,000,000	-
Bank Loan 2		10,000,000	10,000,000	-
Non Bank Loan 1		64,000,000	64,000,000	-
Total Loans		82,000,000	82,000,000	-
Other Funding				
Grant 1		1,000,000	1,000,000	-
Other		1,000,000	1,000,000	-
Total Other Funding		2,000,000	2,000,000	-
Total FUNDING		116,000,000	116,000,000	-
COSTS				
Fixed Costs		Estimated	Actual	Under/(Over)
Advertising for Opening		300,000	300,000	-
Basic Website		200,000	200,000	-
Brand Development		3,000,000	3,000,000	-
Building Down Payment		-	-	-
Building Improvements/Remodeling		-	-	-
Business Cards/Stationery		90,000	90,000	-
Business Entity		400,000	400,000	-
Business Licenses/Permits		969,860	969,860	-
Computer Hardware/Software		1,250,000	1,250,000	-
Decorating		-	-	-
Franchise Start Up Fees		-	-	-
Internet Setup Deposit		1,456,388	1,456,388	-
Lease Security Deposit		-	-	-
Legal/Professional Fees		1,500,000	1,500,000	-
Machines & Equipment		11,000,000	11,000,000	-
Office Furniture/Fixtures		-	-	-
Operating Cash (Working Capital)		3,000,000	3,000,000	-
Point of Sale Hardware/Software		-	-	-
Prepaid Insurance		-	-	-
Public Utilities Deposits		-	-	-
Reserve for Contingencies		1,000,000	1,000,000	-
Security System Installation		-	-	-
Setup, installation and consulting fees		500,000	500,000	-
Signage		-	-	-
Starting Inventory		-	-	-
Telephone		3,000,000	3,000,000	-
Tools & Supplies		4,000,000	4,000,000	-
Travel		-	-	-
Truck & Vehicle		-	-	-
Other 1 (specify)		-	-	-
Other 2 (specify)		-	-	-
Total Fixed Costs		31,666,248	31,666,248	-
Average Monthly Costs				
Advertising (print, broadcast and internet)		140,000	140,000	-
Business Insurance		2,396,000	1,000,000	1,396,000
Business Vehicle Insurance		-	-	-
Employee Salaries and Commissions		10,000,000	10,000,000	-
Equipment Lease Payments		-	-	-
Inventory, raw materials, parts		-	-	-
Franchise Fee		-	-	-
Health Insurance		1,000,000	1,000,000	-
Internet Connection		89,566	89,566	-
Loan and Credit Card Interest & Principal		100,000	100,000	-
Legal/Accounting Fees		100,000	100,000	-
Merchant Account Fees		-	-	-
Miscellaneous Expenses		-	-	-
Mortgage Payments		-	-	-
Lease Payment		-	-	-
Owner Salary		3,000,000	3,000,000	-
Payroll taxes or Self-employment tax		56,753	56,753	-
Postage/Shipping Costs		-	-	-
Security System Monthly Payment		-	-	-
Supplies		20,000	20,000	-
Telephone		300,000	100,000	200,000
Travel		-	-	-
Public Utilities		100,000	100,000	-
Website Hosting/Maintenance		24	15	9
Other 1 (specify)		-	-	-
Other 2 (specify)		-	-	-
Total Average Monthly Costs		17,302,343	15,706,334	1,596,009
x Number of Months		6		
Total Monthly Costs		103,814,058	94,238,004	9,576,054
Total COSTS		135,480,306	125,904,252	9,576,054
SURPLUS/(DEFICIT)		(19,480,306)	(9,904,252)	9,576,054

Fuente: Elaboración propia

14. Conclusiones

- Con la presente investigación realizada, se identifica que mediante la implementación de diferentes algoritmos de optimización de transporte es posible disminuir los tiempos de llegada a la universidad Ean, estos algoritmos son comúnmente utilizados en la investigación de operaciones, para tratar de optimizar los tiempos y rutas o darles solución a problemas reales de transporte.
- El diseño de la aplicación permite gestionar el tipo de transporte y trayecto a implementar donde se tienen en cuenta los horarios de la universidad Ean. Este fue realizado utilizando tecnologías como vue y Windows.
- La aplicación permite calcular la ruta más rápida e implementa diversas alternativas de transporte y trayectos a los estudiantes de la universidad Ean, mediante consola, ya que el diseño total de la aplicación no fue posible terminarlo.
- Mediante consultas informales, se determinó que la mayoría de los estudiantes usan el transporte público como medio de llegada a la Institución.
- El diseño de la aplicación permitirá a los estudiantes llegar más temprano, mejorar y organizar sus tiempos de manera adecuada.

15. Recomendaciones

- Como se ha mencionado el proyecto no culmina su desarrollo, para apoyar programas de la Universidad como lo es Pedaleando a la U, a futuras herramientas a implementar, se considera beneficioso impulsar la adición de un software que garantice rutas seguras, más cortas y hasta los mapas de ciclovía para estimular el uso de transportes alternativos como la bicicleta.
- Teniendo en cuenta de que se trata de una aplicación para los Estudiantes de la Universidad Ean, donde existen muchos emprendedores, esta aplicación puede abordar y recoger cada proyecto innovador que se presente en fase de surgimiento y desarrollo y para lograr la integración de estas.
- En cuestiones de operatividad, es aconsejable que las personas a cargo de las rutas, cumplan con los requerimientos mínimos para el transporte de sus compañeros, de esta manera evitar poner en riesgo la salud y bienestar de los usuarios.
- Es importante tener en cuenta que el proyecto se da en un escenario que carece de un soporte cuantitativo que dé respuesta a las necesidades reales de los usuarios delimitados, por ello, su fase posterior debe estar enfocada en el desarrollo de encuestas y experimentos que demuestran la verdadera incidencia de la app en la comunidad Eanista.
- Los costos plasmados son estimados por diversas empresas con experiencia en desarrollo de aplicaciones, por ello, su verdadero valor está sujeto a una evaluación personalizada y un estudio profundo que verifique las fuentes de inversión y retornos financieros, una evaluación financiera pertinente dará respuesta frente a los costos y beneficios asociados a determinadas alternativas del proyecto de inversión con la finalidad de apoyar la toma de decisiones de inversión que permitan crear valor.
- El desarrollo de software se precisa en una etapa inicial que aún no avala el funcionamiento de sus características por el tiempo real requerido, de tal forma, esta deberá gestionarse de forma que sus fases posteriores (testing y lanzamiento), puedan ser adelantadas.

16. Referencias

- Ministerio de Transporte. (2020, agosto). Ministerio de transporte. Tomado de:
<https://www.mintransporte.gov.co/documentos/15/estadisticas/>
- Editorial La República S.A.S. (2017, 16 mayo). ¿Cuánto gasta un universitario en las principales ciudades? Diario La República. Disponible en:
<https://www.larepublica.co/alta-gerencia/cuanto-gasta-un-universitario-en-lasprincipales-ciudades-2509931>
- Banco Mundial. (2018, marzo). Transporte: Panorama general. World Bank. Disponible en:
<https://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview>
- Vamos, B. C. (2020, 5 noviembre). Ni seguridad ni movilidad. Bogotá Cómo Vamos. Tomado de: <https://bogotacomovamos.org/ni-seguridad-ni-movilidad/>
- IEU. (2020, julio). Sistemas de transporte público, entre crisis y cambios. Instituto de Estudios Urbanos. Disponible en:
<http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-delieu/item/sistemas-de-transporte-publico-entre-crisis-y-cambios>
- Schmidt, S. (2021, 8 febrero). How to optimize school bus routes? PTV Blog. Disponible en:
<https://blog.ptvgroup.com/en/city-and-mobility/optimize-school-bus-routes/>
- Patel, B. (2021, 15 agosto). 6 Best Route Optimization Software To Choose From in 2021.Homepage. Disponible en:
<https://www.spaceotechnologies.com/best-routeoptimization- software/>
- Issue, I. (2021), Journal of Management Analytics. Vol. 8, p69-83. 15p. Disponible en:
<https://web-b-ebsohostcom.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/ehost/detail/detail?vid=4&sid=57f58aea1a71-48d6-b999-ea33b1adc461%40pdcvsessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU>

% 3d#db=bsu&AN=148721709 40

APCIM & ICTTE (2018): Proceedings of the Asia-Pacific Conference on Intelligent Medical
2018 & International Conference on Transportation and Traffic Engineering 2018
December 2018 Pages (143–148): Tomado de:
<https://doi.org/10.1145/3321619.3321638>

Hillier, Frederick, Introducción a la investigación de operaciones, Mc Graw-Hill, 2006.

Hao Wu, Mahesh Palekar, Richard Fujimoto, Jaesup Lee, Joonho Ko, Randall Guensler, and
Michael Hunter. (2005). Vehicular networks in urban transportation systems. In
Proceedings of the 2005 national conference on Digital government research. Digital
Government Society of North America, 9–10. Tomado de: [https://dl-
acmorg.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/doi/10.5555/1065226.1065231](https://dl-acmorg.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/doi/10.5555/1065226.1065231)

Bermeo Muñoz, Elver A. y Calderón Sotero, Jaime Hernán (2009). Diseño de un modelo de
optimización de rutas de transporte. El Hombre y la Máquina, (32), 52-67. ISSN: 0121-
0777. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47811604005>

Mauttone, A., Cancela, H., & Urquhart, M. (2010). Diseño y optimización de rutas y
frecuencias en el transporte colectivo urbano, modelos y algoritmos. Universidad de la
República Facultad de Ingeniería, Uruguay. Tomado de:
<https://sochitran.cl/static/upload/archivos/sochitran/4186/12/1461710122.pdf>

Quiñonez, C. (2015). Ruteo y programación del transporte escolar en flota.
bibliotecadigital.univalle. Disponible en:
[https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/12218/CB0534648.pdf
f?sequence=1](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/12218/CB0534648.pdf?sequence=1)

Rojas, j. S. (2010). Aplicación de un modelo de optimización en la planeacion de rutas de los
buses. javeriana.edu.co. Obtenido de
[https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7367/tesis403.pdf?sequenc
e=1](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7367/tesis403.pdf?sequence=1)

- Svetla, T. (2018). The Benefits of Integrating an Intelligent Transport System in the Management of Sofia's Transport Network. In Proceedings of the Asia-Pacific Conference on Intelligent Medical 2018 & International Conference on Transportation and Traffic Engineering 2018 (APCIM & ICTTE 2018). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 143–148. Disponible en: <https://dl-acmorg.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/doi/10.1145/3321619.3321638>
- Alarcon, H. & Butron, M. (2009). Técnicas para la Optimización de Rutas de Transporte y Distribución. Academia.edu. Disponible en: https://www.academia.edu/37730944/T%C3%A9cnicas_para_la_Optimizaci%C3%B3n_de_Rutas_de_Transporte_y_Distribuci%C3%B3n
- Aguado, A. & Jiménez, J. (2013). Optimización de rutas de transporte. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/23027/1/Memoria_OptimizacionRutasTransporte.pdf
- Pascual, D., Pla, F., & Sánchez, S. (2007). Algoritmos de agrupamiento. Método Informáticos Avanzados, 164-174.
- Sancho, F. (2020). Algoritmos de Clustering. Tomado de: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>
- Valencia, P. E. (1997, August). Optimización mediante algoritmos genéticos. In Anales del Instituto de Ingenieros de Chile (Vol. 109, No. 2, pp. 83-92).
- Salazar, B. (2019). Problema de Transporte o distribución. Ingeniería Industrial. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-deoperaciones/problema-del-transporte-o-distribucion/>
- Benítez, C. (2019). Análisis de redes. Investigación de Operaciones, Sistemas Computacionales. Universidad Mexicana. Tomado de: https://www.academia.edu/39250754/An%C3%A1lisis_de_redes_Investigaci%C3%B3n_de_Operaciones?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThiscitedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page 42

Cadena, A. (2019, 3 diciembre). Optimización de Redes. Formación Continua MX.
<https://formacioncontinua.com.mx/optimizacion-de-redes/>

Landeta, J. M. I., & Manuel, J. (2012). Investigación de operaciones.

Trillas. Jaramillo, P. & Lotero, L. (2011). Modelos de optimización de la operación del transporte público colectivo. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia. Disponible en:
https://www.uneditorial.com/media/hipertexto/carpeta_7/9789587199505.pdf

Barajás Morá, (2009). Desarrollo de un Algoritmo Heurístico para Establecer las Rutas de Transporte Escolar de la Secretaría de Educación de Bogotá. (Tesis de Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Arias, S. (2010). Aplicación de un modelo de optimización en la planeación de rutas de los buses escolares del colegio liceo de cervantes norte. repository.javeriana.edu.co. Tomado de:
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7367/tesis403.pdf?sequence=1>

Barrios. A., & Espinosa J. (2019). Estrategias para el mejoramiento de la movilidad del sistema de transporte en la ciudad de santa marta. Repository.ucc.edu.co. [Https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13366/4/articulo%20sustentacion%20%281%29.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13366/4/articulo%20sustentacion%20%281%29.pdf)

Heredia, h., & Rincón, G. (2015). Diseño de ruta de transporte para estudiantes facultad de ingeniería civil jornada nocturna de la universidad la gran colombia entre sedes chapinero y la candelaria. Repository.ugc.edu.co. Tomado de:
[Https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3405/Dise%C3%b1o%20ruta%20transporte%20estudiantes%20UGC.pdf?Sequence=1](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3405/Dise%C3%b1o%20ruta%20transporte%20estudiantes%20UGC.pdf?Sequence=1) 43

Daza, J., Montoya, J. & Narducci, F. (2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. Revista EIA. Medellín.

Secretaria de Movilidad. (2020) Medidas adoptadas para mejorar los tiempos de viaje y la seguridad vial de la población escolar. Tomado de: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/medidas_adoptadas_para_mejorar_los_tiempos_de_viaje_y_la_seguridad_vial_de_la_poblacion

Ortuzar, J. (2008), Modelos de transporte: Planificación y modelización del sistema de transportes. Cantabria: Ediciones Universidad de Cantabria, pag 25-27.

Granados Forero, D. A. (2011). Diseño e implementación de un modelo para la asignación de rutas escolares en la cooperativa multiactiva claveriana ltda «comulclaver». Tomado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/139001.pdf>

Vargas, M. (2018). Identificación de problemas de movilidad en la ciudad de bogotá. Repository.ucatolica.edu.co.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22449/1/IDENTIFICACION%20DE%20PROBLEMAS%20DE%20MOVILIDAD%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20BOGOTA%20C3%81.pdf>

Álvarez, D., & Olivella, J. (2016). Movilidad en Bogotá, La Pesadilla de la cual los Capitalinos no se han Despertado. Static1.squarespace.
<https://static1.squarespace.com/static/55afcf3e4b0cd7abd9d46a0/t/5821f32d579fb3ff43e4ec74/1478619950429/Ensayo+Seec+Urbanismo+GANADOR.pdf>

Pérez, p., Pedrós, g., Martínez, p., & varo, M. (2015). Guía para la implementación de rutas escolares a pie apoyadas en una herramienta tecnológica. Uco.es. Tomado de: <http://www.uco.es/investigacion/proyectos/appedibus/wpcontent/uploads/2016/01/Guia%20a%20pie%20apoyadas%20en%20una%20herramienta%20tecnologica.pdf>

WATERS, Donald. (2003), Global Logistics and Distribution Planning. Kogan Page. Londres, Pág. 240.

Álvarez, D., & Olivella, J. (2016). Movilidad en Bogotá, La Pesadilla de la cual los Capitalinos no se han Despertado. static1.squarespace. Tomado de: <https://static1.squarespace.com/static/55afcfc3e4b0cd7abd9d46a0/t/5821f32d579fb3ff43e4ec74/1478619950429/Ensayo+Seec+Urbanismo+GANADOR.pdf>

Lemus, K. (2016). La movilidad estudiantil, como parte del proceso de internacionalización de la Educación Superior: caso Licenciatura en Ciencias de la Educación, periodo 2010–2015. dgsa.uaeh.edu.mx. Tomado de: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2053/La%20movilidad%20estudiantil%20educacion%20superior.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Figuroa, N. (2014). Los problemas de la movilidad en Bogotá. academia.edu. Tomado de: https://www.academia.edu/9165438/LOS_PROBLEMAS_DE_LA_MOVILIDAD_EN_BOGOTA_Alumno

Álvarez, D., & Olivella, J. (2016). Movilidad en Bogotá, La Pesadilla de la cual los Capitalinos no se han Despertado. static1.squarespace. Tomado de: <https://static1.squarespace.com/static/55afcfc3e4b0cd7abd9d46a0/t/5821f32d579fb3ff43e4ec74/1478619950429/Ensayo+Seec+Urbanismo+GANADOR.pdf>

SUIN (2019). Ley 1972 de 2019. Tomado de: <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30036665>