Lineamientos de la arquitectura de software para un sistema de gestión de rutas, que permita obtener la ruta optima y segura en la entrega.

Trabajo de grado que se presenta para optar al título de Especialista en Ingeniería de Software

Xiomara Gaona

Dirigido por

Beitmantt G. Cárdenas Quintero, PhD

Revisado por

John Jairo Londoño Pérez

Especialización en Ingeniería de Software

Facultad de Ingeniería

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Bogotá D.C.

Noviembre de 2024

LINEAMIENTOS DE LA ARQUITECTURA DE SOFTWARE PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RUTAS, QUE PERMITA OBTENER LA RUTA OPTIMA Y SEGURA EN LA ENTREGA.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÒN 8
PARTE 1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 9
1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 9
1.1. Planteamiento del problema 9
1.2. Objetivos 10
1.2.1. Objetivo general 10
1.2.2. Objetivos específicos 10
1.3. Justificación de la investigación 10
1.4. Hipótesis 11
1.5. Marco Referencial 12
1.5.1. Marco Teórico 12
1.5.2. Marco Conceptual 21
1.5.3. Marco Espacial 23
1.6. Aspectos metodológicos 24
1.6.1. Tipo de estudio 24
1.6.2. Método de investigación 24
1.6.3. Fuentes y técnicas para la recolección de la información 25
1.6.4. Tratamiento de la información 26
1.7. Estudio de Sistemas Previos 26
PARTE 2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN 28
2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PREVIA 28
2.1. Recolección y Ordenamiento de la Información 28
2.1.1. Población 28
2.1.2. Muestra 29
2.1.3. Presentación de los resultados 29
2.2. Gestión de requerimientos 32

3. ARQUITECTURA 36
3.1. Selección del Marco de Trabajo y Herramientas 37
3.2. Equipos y Roles 38
3.3. Alcances 38
3.4. Resultados Esperados 39
4. CAPA DE NEGOCIO 40
4.1. Organigrama 40
4.2. Objetivos Estratégicos: 41
4.3. Catalogo Principios de Arquitectura 41
4.4. Identificación de Interesados (stakeholders) 43
4.5. Punto de vista de motivación 44
4.6. Punto de vista procesos de negocio: 44
5. CAPA DE ARQUITECTURA DE DATOS 48
5.1. Planeación del diseño de la Base de Datos 48
5.1.1. Modelo Lógico de Negocios (MLN) 48
5.1.2. Modelo Seudomatemático 50
5.1.3. Modelo Relacional 50
5.1.4. Modelo DDL (Data Definition Language) 51
5.2. Planeación modelo de datos geográfico. 52
5.2.1. Modelo de datos geográfico 52
5.3. Características específicas: 55
6. CAPA DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES 57
6.1. Punto de vista de estructura de aplicación 57
6.2. Componentes del Sistema: 58
6.3. Punto de vista de uso de la aplicación 59
7. CAPA DE ARQUITECTURA DE TECNOLOGÍA 60
7.1. Definición de los principios 60
7.2. Punto de vista de infraestructura 60
7.3. Punto de vista de uso de infraestructura 62
7.4. Arquitectura AWS 63
7.5. Consideraciones para la Escalabilidad y Adaptabilidad 64
7.6. Patrones de diseño aplicados 65
7.6.1. Microservicios: 65
7.6.2. Patrón Fachada 66
7.7. Mockups 66
PARTE 3 CIERRE DE LA INVESTIGACIÒN 68
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 68
9. CONCLUSIONES 69
9.1. Verificación, contraste y evaluación de los objetivos 69
9.2. Síntesis del modelo propuesto 69
9.3. Aportes originales 70

9.4. Trabajos o publicaciones derivadas 71

10. PROSPECTIVA DEL TRABAJO DE GRADO 72

10.1. Líneas de investigación futuras 72

10.2. Trabajos de investigación futuros 72

BIBLIOGRAFÍA 73

Índice de figuras

Figura 1 Proceso TOGAF ADM....15

Figura 2 Representación Grafo....17

Figura 3 Grafo de algoritmo Dijkstra....19

Figura 4 Grafo de algoritmo Bellman-Ford....19

Figura 5 Resultado Variable 1....30

Figura 6 Resultado Variable 2....30

Figura 7 Resultado Variable 3....31

Figura 8 Proceso ADM TOGAF Adaptado....37

Figura 9 Organigrama Modelo empresa mensajería urbana....41

Figura 10 Punto de vista de implicados....44

Figura 11 Actores del proceso....45

Figura 12 Proceso de Negocio....45

Figura 13 Proceso Actual....46

Figura 14 Planeación del diseño de la Base de Datos en 1FN, 2FN para el caso de estudio 49

Figura 15 Modelo Seudomatemático de conjuntos para el caso de estudio....50

Figura 16 Modelo relacional para el caso de estudio....51

Figura 17 Modelo de base de datos para servicio de búsqueda....53

Figura 18 Punto de vista. Comportamiento de aplicación integración con sistemas actuales 57

Figura 19 Punto de vista de estructura de aplicación....58

Figura 20 Punto de vista de uso de aplicación....59

Figura 21 Punto de vista de infraestructura....61

Figura 22 Punto de vista de uso de infraestructura....62

Figura 23 Guía para escalar datos geoespaciales en AWS....64

Figura 24 Ejemplo de una arquitectura básica de microservicios....65

Índice de Tablas

Tabla 1 Definición Historias de Usuario.....33

Tabla 2 Restricciones y Requerimientos no funcionales 35

Tabla 3 Descripción Capas 36

Tabla 4 Descripción Principios de Arquitectura 41

Tabla 5 Proceso Ruteo 46

Abstract

In the second quarter of 2024, the postal sector reported approximately 30 million local deliveries and 37 million national deliveries, reflecting significant growth driven by the rise of e-commerce. This increase presents challenges for the logistics systems of courier companies, which must evolve to become more robust and scalable. However, operational inefficiencies persist due to the lack of specialized tools for planning optimal and secure routes, leading to delays, error risks, and difficulties in ensuring standardized and efficient services.

Currently, couriers rely on their personal experience and free applications such as Waze or Google Maps, introducing variability in delivery times and reducing companies' ability to efficiently manage operations. To address this issue, this document proposes a software architecture design for the development of a tailored route management system. This system aims to optimize delivery times and enhance the safety of couriers and goods by incorporating variables such as traffic conditions, road status, and incident reports, providing a comprehensive solution to the sector's logistical challenges

INTRODUCCIÒN

Según el boletín trimestral del sector postal, en el segundo trimestre del 2024 se entregaron alrededor de 30 millones de envíos a nivel local *(misma ciudad de origen y destino)* y 37 millones a nivel nacional (Cifras de los Servicios Postales, 2024), estos datos muestran el aumento proporcional de la demanda de servicios de mensajería, promovido por las compras en internet, como consecuencia del aumento en la demanda, los sistemas que soportan los procesos logísticos en las empresas de mensajería deben ser cada vez más robustos y escalables, de igual manera se ven impactados los procesos operativos del sector, donde se evidencian demoras y bajo control en la gestión y entrega de envíos debido a la falta de sistemas que planifiquen rutas óptimas y seguras para los mensajeros.

Actualmente, los mensajeros se basan en su experiencia personal y en el uso de aplicaciones gratuitas como Waze o Google Maps para realizar el proceso de ruteo, lo que genera variabilidad en los tiempos de entrega, se aumenta el riesgo de errores y se dificulta la capacidad de las empresas para garantizar un servicio estandarizado y eficiente.

Frente a esta problemática se hace evidente la necesidad de desarrollar sistemas de información a medida, diseñado específicamente para las operaciones logísticas de mensajería, este documento propone los lineamientos de una arquitectura de software que permita implementar a futuro un sistema de gestión de rutas que optimice los tiempos de entrega y que garantice la seguridad de los mensajeros y la mercancía, al incorporar variables al cálculo de rutas como las condiciones de movilidad, el estado de las vías y reportes de accidentes.

PARTE 1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1

1. Descripción de la investigación

1.1.Planteamiento del problema

En empresas de mensajería como Inter Rapidísimo S.A, mensajeros urbanos, entre otras, se evidencia que hay demoras en la gestión de entrega de envíos, porque no se cuenta con un sistema que asigne un plan de rutas a los mensajeros que sea óptimo y seguro. Actualmente los mensajeros realizan el proceso de ruteo manualmente basados en su experiencia entregando envíos, y se apoyan en aplicaciones gratuitas como WAZE o GOOGLE MAPS al momento de definir la ruta de entrega, lo que genera demoras en la gestión y entrega de envíos. El objetivo de este proyecto es diseñar los lineamientos de arquitectura de software que a futuro permita implementar un sistema de información qué de solución a la problemática planteada, teniendo en cuenta aspectos como la seguridad, la movilidad y el estado de las vías.

Formulación del Problema

¿Cómo diseñar una arquitectura para un sistema de gestión de envíos que permita dar solución al bajo control en el proceso de ruteo de la entrega de envíos?

Sistematización del Problema

- ¿El estado de las vías afecta el tiempo de entrega de envíos?
- ¿La seguridad es importante para los mensajeros en el desarrollo de sus funciones?
- ¿Cómo manejar eficientemente los datos geográficos?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar los lineamientos de arquitectura necesarios para la creación de un sistema de gestión de rutas optimas y seguras para la entrega de envíos, por parte de empresas de mensajería, tomando bases del marco de trabajo TOGAF, abordando las capas de Negocio, Datos, Aplicaciones y Tecnología, con el fin de garantizar la eficiencia operativa, la seguridad de la información y la optimización de recursos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Definir la arquitectura de procesos empresariales en la capa de negocio, que establezca una representación clara de los flujos de trabajo y las interacciones entre los diferentes actores de interés dentro del sistema de mensajería (requerimientos funcionales y no funcionales).
- Definir una arquitectura para la capa de datos, que asegure un manejo eficiente, seguro y confiable de la información relacionada con los envíos y las rutas.
- Definir la arquitectura de software para la capa de arquitectura de tecnología, considerando patrones de diseño y herramientas que estén a la vanguardia en el desarrollo de software.

1.3.Justificación de la investigación

Actualmente, con el incremento en la demanda de servicios postales y la búsqueda de mejorar la eficiencia operativa y optimizar los recursos en empresas de mensajería urbana en Bogotá. Las empresas se enfrentan a desafíos en sus sistemas de gestión de envíos relacionados con la implementación de procesos de ruteo y el gran tamaño de las bases de datos geográficas para el trazado de rutas de entrega. En la búsqueda de soluciones se han encontrado aplicaciones de pago, pero estas solo consideran la llegada al destino, no cuentan

con un plan de rutas completo que considere los peligros para el conductor, por lo tanto, es fundamental abordar este problema mediante la implementación de soluciones tecnológicas que permitan la gestión y optimización de rutas de entrega, la mejora de la seguridad en todo el proceso de entrega y el manejo eficiente de recursos.

La implementación de los lineamientos presentados, en un sistema de información de una compañía de mensajería urbana, puede brindar beneficios como:

Incremento en la eficiencia: la optimización de las rutas de entrega puede generar tiempos de entrega más cortos, lo que aumenta la eficiencia de los recursos y la productividad , lo que podría repercutir en un aumento de la fidelidad y aumento de clientes.

Optimización de recursos: Al utilizar rutas más eficientes, se puede maximizar el uso de vehículos y personal de entrega, reduciendo así la necesidad de recursos adicionales.

Mejora de la seguridad: Diseñar rutas seguras puede reducir el riesgo de accidentes/siniestros viales y robos, protegiendo tanto los envíos como al personal de entrega.

Optimización de la seguridad: La creación de rutas seguras puede disminuir el riesgo de accidentes y hurtos.

Mejora de la planificación logística: La puesta en marcha de un sistema de gestión de rutas puede proporcionar datos valiosos sobre el rendimiento de las operaciones de entrega, permitiendo una mejor planificación y toma de decisiones en el futuro.

1.4.Hipótesis

Se diseñará una arquitectura para desarrollar un sistema de gestión de rutas urbanas optimizado y seguro para la entrega de envíos, que se ajuste a los requisitos y particularidades de empresas de mensajería como Inter Rapidísimo S.A., estos lineamientos proporcionarán una base sólida y eficiente para el desarrollo e implementación del sistema, se espera que, si se usa esta arquitectura para su desarrollo, se reducirán significativamente los costos

operativos, tiempos de entrega, contribuyendo al aumento de la satisfacción del cliente y de los mensajeros, mejorando así la eficiencia operativa.

1.5.Marco Referencial

1.5.1. Marco Teórico

Es esencial explorar los referentes teóricos que proporcionan el marco necesario para el desarrollo de este proyecto, estos fundamentos teóricos servirán como base conceptual y técnica para construir la solución propuesta, permitiendo una comprensión de los desafíos y oportunidades de las empresas de mensajería al gestionar sus rutas de envíos:

Arquitectura de Software

La arquitectura de software es la estructura esencial de un sistema, creada idealmente en las primeras etapas del desarrollo. Tiene dos propósitos principales: garantizar la calidad del sistema y guiar su desarrollo. Citando el libro ¡*Design it! From Programmer to software Architecture* “La arquitectura de software, es el conjunto de decisiones de diseño importantes para organizar el software y promover los atributos de calidad deseados” (Keeling, 2017), donde los atributos de calidad definen características que no hacen referencia a lo funcional y que garantizan que el sistema funcione correctamente, entre los atributos más comunes están:

a) **Desplegabilidad**: Se refiere a la facilidad con la que se puede implementar nuevas funcionalidades de la aplicación en el entorno productivo.
b) **Disponibilidad**: Indica la capacidad del sistema para estar listo y responder a una solicitud en el momento en que se realiza.
c) **Escalabilidad**: Hace referencia a la capacidad del sistema para manejar un crecimiento gradual de la carga de trabajo a lo largo del tiempo.

d) **Interoperabilidad**: Se relaciona con la capacidad que tiene un sistema para comunicarse e intercambiar datos con otros sistemas y comprenderlos de manera efectiva.

e) **Modificabilidad**: hace referencia a la facilidad con la que se pueden hacer cambios en el sistema, sea para agregar nuevas funcionalidades o corregir errores.

f) **Rendimiento**: hace referencia a que el sistema hace lo esperado en un tiempo óptimo para los usuarios.

g) **Seguridad**: Capacidad del sistema de proteger los datos de los usuarios, permitiendo que solo los usuarios autorizados tengan acceso.

h) **Usabilidad**: Facilidad de uso del sistema para el usuario.

Según Booch, Rumbaugh, and Jacobson (James Rumbaugh, 1997), la arquitectura se compone de elementos como, sus interfaces, sus colaboraciones y su composición:

- **Elementos de procesamiento:** Estos elementos proporcionan la transformación de los datos. Incluyen presentadores, controladores y otros componentes responsables de procesar y manipular la información.
- **Elementos de datos**: Son aquellos que almacenan y contienen la información que se utiliza y transforma en el sistema.
- **Elementos de conexión entre elementos:** Estos son los enlaces que conectan y coordinan los diferentes componentes de la arquitectura, ya sean de procesamiento, datos o ambos. Actúan como el pegamento que une las diferentes partes del sistema.

En general la arquitectura de software proporciona una base para gestionar la complejidad del sistema, coordinando los distintos componentes del sistema, aportando al sistema beneficios como reducir los costos de desarrollo, mejorar la calidad de los sistemas, y optimizar los tiempos de entrega.

TOGAF (The Open Group Architecture Framework)

TOGAF®—The Open Group Architectural Framework es una guía para la creación de arquitecturas empresariales, que ayuda a las empresas a organizar y definir los requerimientos antes de que comience un proyecto, lo que permite que el desarrollo de sistemas avance ágilmente con pocos errores, TOGAF proporciona un conjunto de herramientas, métodos y un proceso llamado **ADM (Architecture Development Method)** para diseñar, planificar, implementar y gobernar la arquitectura de una compañía (GmbH, 2024).

El proceso ADM en el desarrollo del software guía a los arquitectos y desarrolladores en la creación de soluciones tecnológicas que estén alineadas con las metas de la organización.

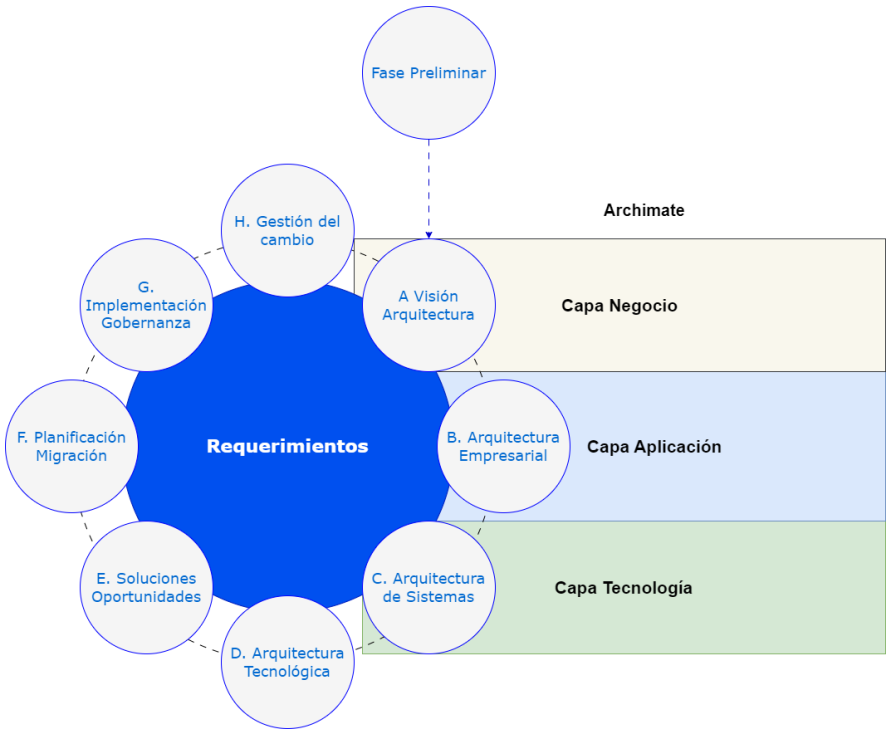
El proceso ADM en TOGAF tiene fases claves para su desarrollo:

- Fase preliminar: Establece los principios y el equipo para desarrollar la arquitectura.
- Fase A: Visión arquitectónica: Define una visión de alto nivel alineada con los objetivos del negocio.
- Fase B: Arquitectura de negocios: Modela los procesos de negocio que el sistema debe soportar.
- Fase C: Arquitectura de sistemas de información: Define la estructura de datos y las aplicaciones necesarias.
- Fase D: Arquitectura tecnológica: Detalla las tecnologías e infraestructura necesarias.
- Fase E: Oportunidades y soluciones: Identifica soluciones e implementa un plan de acción.

- Fase F: Planificación de la migración: Planifica la transición de los sistemas actuales al nuevo.
- Fase G: Gobernanza de la implementación: Controla la implementación para cumplir con los lineamientos establecidos.
- Fase H: Gestión de cambios: Gestiona adaptaciones y mejoras futuras.

Figura 1

Proceso TOGAF ADM



Nota: Elaboración propia Fuente basado en Togaf (GmbH, 2024)

Patrones de Diseño

Los patrones de diseño son soluciones demostradas y documentadas a problemas frecuentes en el diseño de sistemas proporcionando un enfoque estructurado y reutilizable, además de definir un idioma común que ayuda al equipo de desarrollo a comunicarse de manera eficiente. Los patrones de diseño se clasifican en varias categorías, donde cada uno se centra en un problema, dentro de los más comunes están (E, Helm, R, & Vlissdes, 2003):

- Los patrones de creación ofrecen métodos para generar objetos que mejoran la flexibilidad y permiten reutilizar el código de manera más eficiente.
- Los patrones estructurales explican sobre cómo organizar objetos y clases en estructuras más complejas, manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad y eficiencia de dicha estructura.
- Los patrones de comportamiento se centran en cómo los objetos se comunican para lograr un comportamiento flexible y eficiente en el software.

Teoría de Rutas y Logística.

La Teoría de rutas es un área de estudio en ciencias de la computación y matemáticas aplicadas, que se centra en resolver problemas relacionados con la gestión optima de rutas, este usa analíticas y algoritmos informáticos que sirven para identificar la ruta de entrega más optima teniendo en cuenta variables como tráfico, giros, distancias e intersecciones, entre otros y así analizar todas las opciones posibles (Redacción Tlw, 2022). Por otro lado, la logística hace referencia al proceso de enviar el producto adecuado, en las condiciones y cantidades correctas, al costo ideal, al cliente correcto, en el lugar y momento adecuado (Cil, 2023). Por lo tanto, la Teoría de rutas y la logística están estrechamente relacionadas, ya que comparten un objetivo común de encontrar la mejor manera de gestionar el traslado de cualquier elemento desde un punto de origen a uno de destino, esto implica procesos manuales, uso de carreteras y coordinación de bodegas para maximizar la eficiencia y minimizar los costos. Así, se garantiza que las rutas de entrega sean eficientes y rentables para todas las partes involucradas.

Teoría de Grafos y Algoritmos

En la literatura, la teoría de grafos se ha usado en diferentes escenarios para dar solución al problema de la ruta más corta, ya que esta teoría permite representar y poseer mejor abstracción del problema y analizar la mejor solución posible a implementar. Se

pueden plasmar muchos tipos de redes y sus conexiones por medio de un grafo, como por ejemplo una red vial que conecta ciudades o una red eléctrica. Un grafo se define como un conjunto de parejas de vértices *(puntos)* y de aristas *(líneas)* (Inaoep, sf) , dentro de los cuales se tienen diferentes tipos de grafos con propiedades destacables:

Figura 2

Representación Grafo



Nota: Elaboración Propia

a) **Grafos dirigidos:** son en los que las aristas van a una sola dirección, se representan gráficamente con flechas.
b) **Grafos no dirigidos**: son grafos en los que las aristas no tienen una dirección en específico, se representan gráficamente con líneas.
c) **Grafos simples:** son aquellos grafos que se componen de una sola arista uniendo dos vértices
d) **Grafos conexos:** un grafo se define conexo si cada pareja de vértices tiene un camino uno al otro, ejemplo si se tiene A, B, C se podrá encontrar por al menos un de C a B y de A a C, También llamado grafo conectado.
e) **Grafos bipartitos:** son aquellos en los cuales un vértice tiene relación con otro grupo de vértices, considerándose el grafo que relaciona a los dos conjuntos de elementos.
f) **Grafo ponderado:** los grafos son ponderados cuando cada arista tiene asignado un peso o valor numérico.
g) **Grafo No Ponderado:** en los grafos ponderados cada arista tiene el mismo peso o no tienen peso.

Para la escritura de un grafo en computación, se usan a menudo estructuras de datos como las matrices y las listas o arreglos, aunque muchas se combinan, estas estructuras son usadas por algoritmos para darle solución a diversos problemas.

Un algoritmo se define como un conjunto organizado de operaciones sistemáticas diseñadas para resolver un problema determinado o ejecutar una tarea (Daniel, 2024). Dentro del vasto campo de los algoritmos, existen numerosos tipos clasificados según sus objetivos y estructuras. Entre los más relevantes se encuentran los algoritmos de fuerza bruta, de búsqueda, de ordenamiento, algoritmos voraces, y muchos otros.

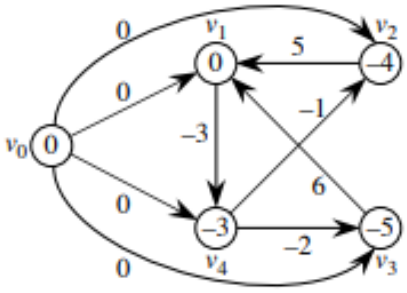
En la resolución de problemas relacionados con encontrar la ruta más corta, destacan dos algoritmos en particular:

Algoritmo de Dijkstra:

El algoritmo de Dijkstra fue desarrollado por *Edger W. Dijkstra*, en 1956, utiliza una estrategia de búsqueda exhaustiva, evaluando las distancias desde el nodo inicial hacia los demás nodos, tomando en cuenta los pesos de las aristas, para aplicar el algoritmo de Dijkstra se deben tener verificar que se cumplan las siguientes condiciones: las aristas deben tener un valor no negativo, el grafo debe ser dirigido y además ponderado. (Sclar, 2016). El algoritmo implica calcular la distancia provisional entre el nodo inicial y los nodos no visitados en su vecindario. Esta distancia se compara con el valor previo y se actualiza si el cálculo resulta en una distancia menor. El nodo que genere esta nueva distancia menor se considera como el nuevo nodo actual. Este proceso se repite hasta que se visita el nodo de destino (punto final) o no hay conexión entre los nodos visitados y los no visitados. (Thomas H. Cormen, 2002)

Figura 3

Grafo de algoritmo Dijkstra



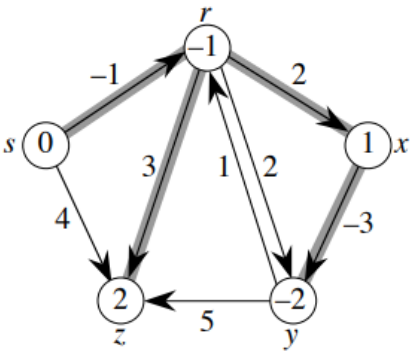
Nota: Fuente (Thomas H. Cormen, 2002)

Algoritmo de Bellman-Ford:

De la misma manera que el algoritmo de Dijkstra el algoritmo de Bellman-Ford es una herramienta poderosa para encontrar caminos más cortos, a diferencia del algoritmo de Dijkstra este puede tener aristas con peso negativo (Thomas H. Cormen, 2002), sin embargo, su complejidad de tiempo es O (V * E), donde V es la cantidad de vértices y E es la cantidad de aristas en el grafo, lo que lo hace menos eficiente que el algoritmo de Dijkstra en grafos sin aristas de peso negativo.

Figura 4

Grafo de algoritmo Bellman-Ford



Nota: Fuente (Thomas H. Cormen, 2002)

Sistema de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es una plataforma que facilita la recolección, gestión y análisis de datos geográficos. Originado en el campo de la ciencia geográfica, un SIG fusiona una variedad de datos y examina su ubicación espacial, organizando diferentes capas de información para poder visualizarla a través de mapas y escenas tridimensionales. (Asociación Geoinnova, 2021), estos sistemas se componen en su mayoría de los siguientes elementos:

Datos: la materia prima esencial para los SIG, proveniente de diversos orígenes como GPS, sensores remotos, y archivos shapefile.

Software: herramientas especializadas para la interpretación y análisis de información geográfica, como ArcGIS, QGIS y otros.

Hardware: equipos informáticos necesarios para ejecutar el software SIG de manera eficiente.

Equipo Humano: profesionales especializados en el análisis y gestión de datos geográficos, como técnicos y analistas SIG, programadores SIG y otros roles relacionados.

Procesos: reglas y prácticas de operación que guían el uso efectivo de los SIG dentro de una organización, asegurando una integración adecuada en la estrategia empresarial y el compromiso organizacional necesario para el éxito del sistema.

Con los años, los SIG han sido cruciales en la optimización de rutas, al integrar datos geoespaciales y herramientas de análisis, además permiten identificar y calcular las rutas más eficientes para temas logísticos como entrega de productos. Esto se logra mediante la visualización de datos geográficos, como mapas y datos de ubicación, y el uso de algoritmos de optimización para determinar las rutas óptimas.

1.5.2. Marco Conceptual

Optimización de Rutas: mediante un proceso lógico se busca garantizar el mejor servicio al costo más bajo teniendo en cuenta en su planificación cualquier restricción legal y comercial. La creación de programas con potentes algoritmos son soluciones base para tomar decisiones que simulan escenarios reales para seleccionar la solución más optima considerando criterios definidos. La optimización de las rutas conecta los puntos de entrega o recogida con una o más plataformas mediante un software optimo desde la salida y vuelta de los vehículos, considerando las múltiples limitaciones de los puntos de entrega, los vehículos y las bodegas de almacenamiento o centros de acopio, allí se crean matrices de distancias reales. (Grupo PTV, s.f)

Seguridad Vial: entender el concepto de seguridad vial es importante para la optimización y gestión de rutas, brinda un eje central para el desarrollo de un proyecto que además de buscar garantizar la disminución de tiempos de recorrido y entrega, contribuye a disminuir o mitigar los riesgos para la población objeto como lo son los conductores en el desarrollo de su tarea, en este orden de ideas, la resolución 40595 de 2022 del ministerio de transporte (MIN Transporte, 2022) nos define seguridad vial como:

> Conjunto de acciones y políticas dirigidas a prevenir, controlar y disminuir el riesgo de muerte o de lesión de las personas en sus desplazamientos ya sea en medios motorizados o no motorizados. se trata de un enfoque multidisciplinario sobre medidas que intervienen en todos los factores que contribuyen a los accidentes de tráfico en la vía, desde el diseño de la vía y equipamiento vial, el mantenimiento de las infraestructuras viales, la regulación del tráfico, el diseño de vehículos y los elementos de protección activa y pasiva, la inspección vehicular, la formación de conductores y los reglamentos de conductores, la educación e información de los

usuarios de las vías, la supervisión policial y las sanciones, la gestión institucional hasta la atención a las víctimas. (MIN Transporte, 2022)

Geolocalización: la definición de geolocalización es usada describir la capacidad de registrar y detectar los lugares donde se encuentran las personas en cuanto a usuarios se refiere, donde se buscar garantizar la identificación de su ubicación real en un entorno físico (geo – espacial) o virtual (internet). (Evaluando Software.com, 2023)

Trazabilidad de Envíos: hace referencia al seguimiento y control de los envíos admitidos donde se identifica su origen y cada una de las etapas hasta llegar a su destinatario, además, permite conocer todo el proceso de transporte desde que el cliente inicial (*remitente*) entrega su paquete a la empresa de mensajería, pasando por todas sus etapas desde el transporte, hasta la entrega al cliente final *(destinatario)* en el lugar indicado e indicaciones iniciales. (Jimenez, 2022)

Integración de Tecnología: es la unión de las herramientas que integran dispositivos de última tecnología. El avance de la tecnología permite que se cuenten con aplicaciones de punta para realizar múltiples tareas y actividades, así se garantiza la interacción de usuarios, dando mayor facilidad y confort al utilizar los servicios. Permite que los usuarios con acceso a internet y un computador, puedan; navegar, estudiar, ver televisión, adquirir servicios, pagar facturas, comunicarse y muchas más actividades. (Efiempresa Agencia de Empleo, 2023)

Datos.gov: es un portal cuyo objetivo principal es publicar de manera unificada los datos producidos por las entidades públicas de Colombia, en formato abierto, para poder usarlos libremente y sin restricciones (Datos Abiertos Colombia, sf).

Datos geográficos: La información que detalla la ubicación y las características de los objetos, incluyendo su forma y representación. Los datos geográficos combinan datos espaciales con atributos. (Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales,icde, 2021)

Qgis Server: es un software libre compatible con WMS 1.3, WFS 1.0.0 y WCS 1 1.1.1, que utiliza herramientas sofisticadas para la cartografía temática, es una aplicación FastCGI/CGI (Common Gateway Interface) escrita en C++ que funciona junto con un servidor web, además, incluye librerías para conexión con Python, lo que facilita el desarrollo rápido y eficiente, así como la implementación de nuevas funcionalidades (Equipo de desarrollo de QGIS, 2016).

Bases de Datos: al realizar una recopilación de datos de manera sistemática y almacenada digitalmente estamos creando una base de datos, se pueden almacenar cualquier tipo de datos, palabras, números, videos, fotografías y archivos usando un software denominado sistema de administración de bases de datos (DBMS) para almacenar y manejar datos. Las bases de datos sustentan cualquier operación de las empresas y guardan todas las operaciones con clientes y proveedores, son el pilar para el funcionamiento y crecimiento (Amazon Web Services, Inc., s.f).

1.5.3. Marco Espacial

Topografía e Infraestructura Vial:

Para diseñar la arquitectura del sistema, es crucial considerar el entorno urbano específico de la ciudad donde se implementará, esto implica la necesidad de disponer de mapas digitales detallados y coordenadas geográficas precisas que representen fielmente la ciudad. En este proyecto, dado que ya se cuenta con toda la información necesaria para la Ciudad de Bogotá, se tomará esta ciudad como guía para el diseño teniendo en cuenta los datos geoespaciales específicos, como la topografía, la infraestructura existente y la distribución de áreas urbanas y rurales, permitirá una integración más eficiente y precisa de las características urbanas en la planificación arquitectónica. Estos datos ayudarán a entender mejor cómo interactúan los distintos elementos del entorno urbano, facilitando decisiones

informadas en el diseño y asegurando que el sistema se adapte adecuadamente a las particularidades de Bogotá.

La ciudad de Bogotá presenta una topografía diversa y una amplia red vial que abarca autopistas, carreteras, así como calles principales y secundarias. Es esencial considerar tanto la topografía como la infraestructura vial al diseñar las rutas de entrega, dado que estas pueden influir en la velocidad de los vehículos y en la eficacia en las entregas. A lo largo de los años la infraestructura vial de Bogotá ha cambiado por lo que se afecta la movilidad en la ciudad, las empresas de mensajería se han visto afectadas al tener que realizar procesos manuales en el ruteo de la entrega de los envíos.

1.6.Aspectos metodológicos

1.6.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio seleccionado es un estudio descriptivo, ya que permitirá entender y describir las características actuales del proceso de gestión de rutas de entrega de envíos en Bogotá, inicialmente este tipo de estudio busca recopilar datos sobre el procedimiento actual para comprender el estado del proceso, con los resultados obtenidos se podrán identificar, tendencias, áreas de mejora y patrones en el sistema existente, lo que facilitará generar una base sólida para el diseño del nuevo sistema. Además, este enfoque permitirá mediante el análisis de los modelos de arquitectura aumentar la fiabilidad de las herramientas empleadas para manejos de información masiva.

1.6.2. Método de investigación

El objetivo principal del proyecto es generar los lineamientos de arquitectura para un sistema eficiente y seguro de gestión de rutas urbanas, se requerirá recopilar datos numéricos y estadísticas sobre tiempos de entrega, costos operativos, capacidad de carga de los vehículos, distancia recorrida, entre otros. Estos datos cuantitativos son fundamentales para

analizar y optimizar la eficiencia del sistema de entrega. Además, una investigación cuantitativa permitirá medir objetivamente el impacto de las intervenciones propuestas en cuanto a eficiencia, costos y satisfacción del cliente. Se utilizarán herramientas analíticas y modelos cuantitativos para evaluar y comparar diferentes escenarios y tomar decisiones informadas basadas en evidencia numérica.

1.6.3. Fuentes y técnicas para la recolección de la información

Recopilar y clasificar información es un componente crucial del proyecto. Esto implica el uso de fuentes secundarias, como libros, artículos y documentos, para proporcionar al investigador una comprensión más profunda del campo de estudio y sus características. Además, se busca identificar los diversos patrones de software que podrán ser empleados en el planteamiento de la arquitectura. Por otro lado, se cuenta con diferentes fuentes de información directas tales como:

Datos internos de la empresa: En lo datos internos de la empresa se obtendrán registros de envíos (Guías), tiempos de viajes y cualquier otro dato relevante para la investigación que la empresa ya haya recopilado en su operación diaria, esta información se tratará de forma confidencial.

Entrevistas con el personal de logística y entrega: Hablar con los mensajeros y otro personal relevante de una de las compañías de mensajería, proporcionará información valiosa sobre los desafíos actuales en la gestión de rutas, así como sugerencias para mejorar el sistema, las entrevistas y encuestas se manejarán en un formato confidencial.

Registros municipales de tráfico y transporte: Estos datos serán obtenidos de las bases de datos abiertas en específico de datos.gov, donde se encuentras publicados para uso público datos geográficos, datos de accidentes y robos en la ciudad de Bogotá.

1.6.4. Tratamiento de la información

Organización de los datos: primero, es obligatorio organizar los datos recopilados de diversas fuentes, como registros internos de la empresa, datos geográficos, encuestas y entrevistas con el personal. Esto implica la creación de bases de datos o hojas de cálculo que faciliten el acceso y el manejo de los datos.

Limpieza de datos: es importante verificar para detectar y corregir posibles errores, valores atípicos o información incompleta. La limpieza de datos garantiza la precisión y la fiabilidad de los análisis subsiguientes.

Análisis exploratorio de datos: se llevará a cabo un análisis exploratorio de datos para obtener una comprensión inicial de sus características y patrones. Esto puede incluir la visualización de datos mediante gráficos y estadísticas descriptivas para identificar tendencias, relaciones y posibles áreas de interés.

Análisis algoritmos y datos geográficos: se utilizarán técnicas de modelado y simulación para evaluar diferentes escenarios y estrategias de gestión de rutas. Esto incluye la simulación de cambios propuestos en el sistema de gestión de rutas para evaluar su impacto potencial en los tiempos de entrega, costos operativos y otros indicadores clave de rendimiento.

Análisis de satisfacción de los mensajeros: los datos de las encuestas a mensajeros pueden analizarse para comprender la satisfacción del cliente con los servicios de entrega actuales, así como identificar áreas de mejora en términos de eficiencia, tiempos de entrega y otros aspectos importantes para los mensajeros.

1.7.Estudio de Sistemas Previos

“Modelo De Arquitectura De Software Para El Procesamiento De Datos En Arquitecturas Actuales” Bogotá 2021 (Luz Quilindo y Sebastián Vega)

Una arquitectura de software se compone de un conjunto de patrones y principios que guían la construcción de sistemas informáticos. La elección adecuada de una arquitectura es indispensable para garantizar el éxito de cualquier aplicación, ya que una decisión errónea puede generar obstáculos para evaluar su efectividad, eficiencia y eficacia. El análisis de la arquitectura de software utilizada en este proyecto para el procesamiento de datos resulta fundamental para la propuesta, dado que aborda específicamente el procesamiento de datos en arquitecturas contemporáneas, proporcionando insights valiosos para su implementación y optimización.

"Biketrip" Bogotá 2020 (Xiomara Gaona y Juan David Lobatón)

Bicketrip es una aplicación diseñada para abordar los desafíos de movilidad en bicicleta en Bogotá, ofreciendo rutas óptimas que consideran aspectos clave como la seguridad y los horarios. En su desarrollo, se han empleado metodologías y arquitecturas avanzadas para gestionar datos geográficos, aprovechando técnicas de big data. La arquitectura propuesta en este proyecto se fundamenta en un exhaustivo análisis e investigación, asegurando que satisfaga de manera efectiva las necesidades de los usuarios y las demandas del entorno urbano de Bogotá. Esta investigación nos ayuda a abordar de manera más precisa el problema para encontrar la ruta más optima.

"FACULTAD DE INGENIERÍA Una solución al problema de ruteo de vehículos abierto (ovrp), implementando la heurística del vecino más cercano" Bogotá 2016 (*Luis Ramírez*)

Dentro de la investigación se expone una alternativa de solución al ruteo de vehículos para las PYMES como método de solución para el problema se utilizó la estructuración de la heurística del vecino más cercano, a partir de esta implementación podemos analizar problemas similares y considerar los resultados de este, para poder abordar el problema desde diferentes focos y así encontrar la solución más optima.

PARTE 2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 2

2. Análisis de información Previa

2.1.Recolección y Ordenamiento de la Información

La información necesaria fue recolectada a través de entrevistas y encuestas para obtener un enfoque completo de los procesos vigentes en la gestión de envíos, de esta manera se aplicaron encuestas de manera aleatoria a un grupo de 26 mensajeros, con el objetivo de recopilar datos sobre su experiencia diaria, la eficiencia del sistema actual y su estado de bienestar con este, además, se llevaron a cabo entrevistas virtuales con dos líderes encargados de la supervisión y gestión de los procesos logísticos. Estas entrevistas y encuestas proporcionaron una perspectiva más profunda sobre la implementación y los desafíos operativos de la gestión de rutas, así como sobre las iniciativas actuales para mejorar la eficiencia y satisfacción del personal.

Se utilizo la herramienta web "Forms Office" como instrumento de investigación para la creación de las encuestas, Este cuestionario contenía preguntas de selección múltiple, de respuesta única, diseñadas para obtener datos cuantitativos precisos, y preguntas abiertas, con el fin de adquirir opiniones y sugerencias de los mensajeros, mediante este enfoque mixto, se buscó evaluar no solo el desempeño del sistema actual, sino también las percepciones y necesidades de mejora desde la perspectiva de los involucrados.

2.1.1. Población

Se tomó como población a los mensajeros de una empresa de mensajería en la ciudad de Bogotá. Se decidió centrar el análisis en una de las sedes con mayor concentración de mensajeros, donde se encuentran 80 de los 110 mensajeros de la empresa en Bogotá, esta

sede fue seleccionada debido a su representatividad dentro de la organización, lo que permitió obtener resultados más relevantes y aplicables a la mayoría de los procesos operativos.

2.1.2. Muestra

Total, mensajeros Bogotá Sede 1: 80

Formula muestra $n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{E^2\ (N-1) + Z^2\ p\ (1-p)}$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra.
- N es el tamaño de la población (80 mensajeros).
- Z es el valor crítico de la distribución normal para el nivel de confianza (80% de confianza corresponde a un valor Z de aproximadamente 1.28).
- p es la proporción esperada (si no tienes un valor específico, usa 0.5 como valor conservador).
- E es el margen de error (10% en este caso, o 0.10).

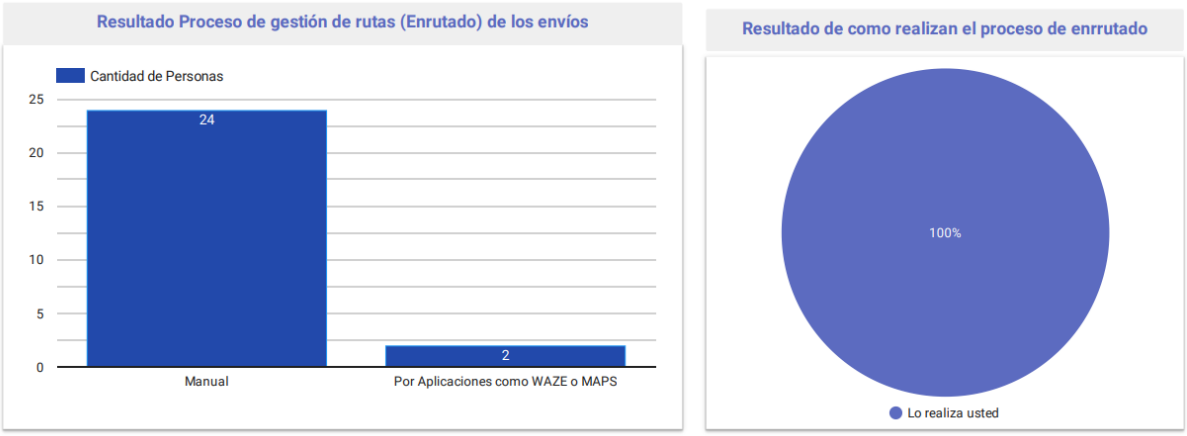
El tamaño de la muestra para 80 mensajeros, con un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 80%, es de 28 mensajeros.

2.1.3. Presentación de los resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de información previa, mostrando las preguntas y los gráficos con el porcentaje totalizado por respuesta de los 26 mensajeros a los que se les aplico la encuesta.

Figura 5

Resultado Variable 1



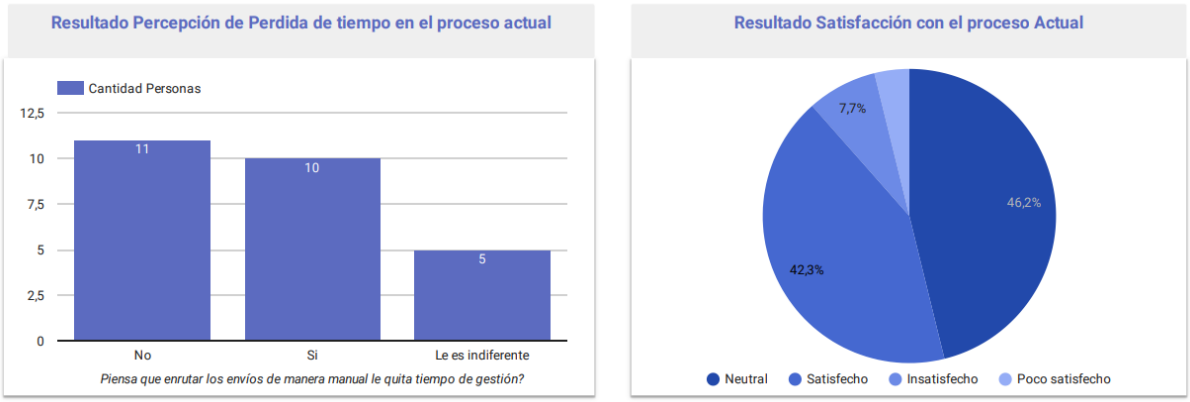
Nota: Fuente, Elaboración propia

Indicador: Estado actual del proceso de gestión de envíos

Variable: Mejora general en la eficiencia de gestión de rutas de los envíos. De acuerdo con el análisis realizado de las preguntas ¿Cómo realiza el proceso de gestión de rutas (Enrutado) de los envíos? y ¡El proceso de enrutar de los envíos lo realizan usted directamente o se los entregan enrutados? se evidencia la falta de un sistema que les ayude a enrutar la entrega de los envíos en la ciudad de Bogotá, debido a que en su mayoría los mensajeros realizan este proceso de forma manual.

Figura 6

Resultado Variable 2



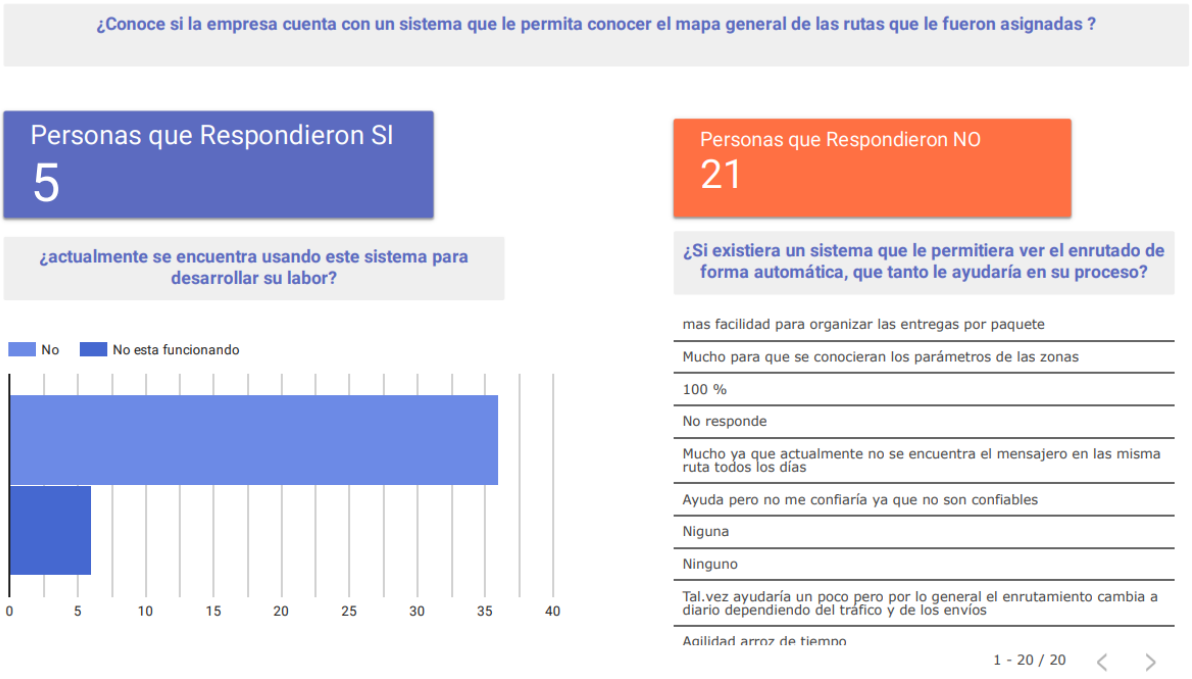
Nota: Fuente, elaboración propia

Indicador: En las quejas y reclamos Estado de conformidad

Variable: Mejora en la satisfacción de los mensajeros De acuerdo con el análisis realizado de las preguntas ¿Qué tan conforme se encuentra con los procesos actuales que maneja la empresa en la gestión de enrutado de envíos? y ¿Piensa que enrutar los envíos de manera manual le quita tiempo de gestión? se puede concluir un estado de conformidad neutral, puesto que a los mensajeros en un 50% le es indiferente que este proceso se realice manual debido a la cotidianidad pero el otro 50% considera que al realizar el proceso manual les quita tiempo.

Figura 7

Resultado Variable 3



Nota: Fuente, Elaboración propia

Indicador: Estado actual de las rutas de entrega

Variable: Eficiencia en la optimización de rutas de entrega De acuerdo con el resultado de la pregunta ¿Conoce si la empresa cuenta con un sistema que le permita conocer el mapa general de las rutas que le fueron asignadas ?, el 100% de los usuarios no cuentan con procesos o sistemas que les ayuden a tener una ruta de entrega eficiente, las personas que

respondieron que Si Conocían sistemas que les ayudarán con esta gestión, no los usan o no está funcionando.

La información obtenida se utiliza para respaldar las observaciones realizadas en relación con el problema de investigación, específicamente en el contexto de la gestión de envíos y rutas. Los resultados de la encuesta permiten comparar las opiniones de todos los interesados y sus expectativas frente a las posibles soluciones.

2.2.Gestión de requerimientos

El proceso de gestión de requerimientos aplica a todas las fases del ADM, este proceso es iterativo. El levantamiento de requerimientos según el SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) se refiere al proceso sistemático de identificar, documentar y gestionar las necesidades y funcionalidades que un sistema de software debe cumplir. El SWEBOK cubre este proceso dentro de la disciplina de "Requerimientos de Software" y establece las mejores prácticas para garantizar que los requerimientos sean claros, completos y alineados con las necesidades de los stakeholders *(interesados)* (SWEBOK, 2001 - 2003).

La definición de requerimientos es una fase crítica e indispensable en el desarrollo de software, tener una especificación clara y precisa de los requerimientos es esencial para evitar reprocesos, sobrecostos y para garantizar que el proyecto final cumpla con las expectativas del cliente. La falta de definición adecuada puede resultar en una pérdida significativa de tiempo, dinero y esfuerzo y puede llevar a un producto final que no satisfaga las necesidades del usuario. Por lo tanto, es fundamental generar un análisis detallado de los requerimientos para asegurar el éxito del proyecto.

Por esto teniendo en cuenta lo anterior se definieron las siguientes historias de usuario.

Tabla 1

Definición Historias de Usuario

Historias de Usuario					
			Criterios de aceptación		
ID	**Característica Funcionalidad**	**#**	**Flujos**	**Contexto - Evento**	**Resultado / Comportamiento esperado**
AD-0101	Gestión de Mensajeros: Registro y gestión de mensajeros.	1	Flujo normal	1. El administrador selecciona la opción "Registrar Mensajero" en la interfaz. 2. El sistema solicita los datos del mensajero: nombre, identificación, número de contacto, tipo de vehículo. 3. El administrador introduce los datos y confirma el registro. 4. El sistema valida los datos y registra al mensajero. 5. El sistema despliega un mensaje de confirmación.	Realizar el registro del mensajero a la plataforma realizando todas las validaciones necesarias.
		2	Flujo Alternativo 1	A1: Si los datos ingresados son incorrectos, el sistema imprime un mensaje de error y solicita correcciones. A2: Si el mensajero ya está registrado, el sistema alerta al administrador.	
AD-0102	Asignar Envío a Mensajero: El administrador asigna un envío a un mensajero basado en su zona asignada	1	Flujo normal	1. El administrador Ingresa al sistema 2. Realiza la asignación de los envíos por el software logístico, en el módulo de asignación a mensajero en donde se genera la planilla de asignación al responsable de realizar la distribución	El administrador debe poder ingresar al sistema y acceder al módulo de asignación de envíos. El sistema debe mostrar una lista de envíos pendientes organizados por zonas. El administrador debe poder seleccionar envíos y asignarlos a los mensajeros activos en cada zona.
		2	Flujo Alternativo 1	Si el administrador comete un error en la asignación, debe poder reasignar el envío a otro mensajero antes de generar la planilla definitiva.	
		3	Flujo Alternativo 2	1. El administrador Ingresa al sistema 2. Realiza la asignación de los envíos por el software logístico, pero intenta asignar un envío a una zona a la cual el mensajero no está asignada 3, El sistema debe mostrar una alerta	
US- 0101	Gestión de Ruteo: Ver Asignaciones	1	Flujo normal	1. El mensajero ingresa a el sistema 2. El mensajero podrá ver sus envíos asignados e Imprimir Planilla de asignación.	El mensajero debe poder ver los envíos asignados El sistema debe generar una planilla con la asignación de los envíos a cada mensajero, detallando los envíos asignados y la ruta sugerida.
		2	Flujo Alternativo	--	

US012	Optimizar Ruta para Mensajero: : El sistema optimiza la ruta que debe seguir un mensajero para realizar una entrega	1	Flujo normal	1. El mensajero selecciona la opción "Ver Ruta" en la aplicación móvil. 2. El sistema calcula la ruta óptima basada en el tráfico actual y la ubicación del mensajero. 3. El sistema muestra la ruta sugerida en la aplicación móvil. 4. El mensajero sigue la ruta para realizar la entrega.	El sistema debe calcular las rutas basándose en el estado actual del tráfico y las condiciones de las vías. Las rutas sugeridas deben incluir la mejor opción en términos de tiempo y distancia. El mensajero debe recibir actualizaciones en tiempo real si hay cambios en la ruta.
		2	Flujo Alternativo	Si la ruta sufre interrupciones (tráfico pesado, accidentes), el sistema recalcula una nueva ruta automáticamente.	
	Calcular la ruta más segura	3	Flujo Alternativo 2	Dado un usuario cuando desee realizar un viaje seguro entonces la ruta que se indique evite zonas peligrosas, tome en su mayoría por las ciclorrutas de la ciudad de Bogotá.	
	Calcular la tuta más rápida	4	Flujo Alternativo 3	Dado un usuario cuando desee realizar un viaje rápido entonces la ruta que se indique no tenga en cuenta las zonas peligrosas, aunque debe indicarlas antes y mientras el viaje, esta puede tomar por ciclorrutas o vías.	
US0103	Entrega de Envíos	1	Flujo normal	Se lleva a cabo el proceso de distribución urbana, el cual consiste en la entrega de cada uno de los envíos a los destinatarios en las direcciones de domicilio o puntos de entrega en cada zona asignada. Registrar en el sistema el estado del envío	Poder gestionar el envío en el sistema
		2	Flujo Alternativo	--	
US0103	Descarga de rutas para uso offline	1	Flujo normal	Se Lleva a cabo el proceso de distribución urbana, el cual consiste en la entrega de cada uno de los envíos a los destinatarios en las direcciones de domicilio o puntos de entrega en cada zona asignada. Registrar en el sistema el estado del envío	El sistema debe permitir al mensajero descargar la ruta asignada en su dispositivo. Las rutas descargadas deben incluir detalles como puntos de recogida y entrega, así como instrucciones paso a paso. El mensajero debe poder acceder a las rutas offline y recibir alertas en caso de desvíos.
		2	Flujo Alternativo	Si el mensajero no tiene suficiente espacio en su dispositivo, el sistema debe notificarlo y no permitir la descarga. Si el mensajero se reconecta a Internet, el sistema debe actualizar la ruta automáticamente.	
US0103	Módulo de reportes de Accidentes o Robos	1	Flujo normal	Dado un usuario cuando este en uso del aplicativo pueda agregar un accidente y este quede registrado para los demás usuarios, para ello debe tener conexión a internet.	Poder registrar un accidente en el aplicativo, validando que los datos sean correctos y verídicos
		2	Flujo Alternativo	--	

Nota: Fuente elaboración propia

De igual manera se planearon las siguientes restricciones y requerimientos no funcionales:

Tabla 2

Restricciones y Requerimientos no funcionales

Tipo	Nombre	Descripción
Restricciones	**Conectividad**	El sistema requiere conectividad a internet para la asignación y optimización de rutas en tiempo real.
Restricciones	**Compatibilidad**	El sistema debe funcionar en dispositivos móviles Android, iOS y navegadores webs.
Restricciones	**Recursos Tecnológicos**	El sistema debe ser compatible con la infraestructura tecnológica existente, incluidos dispositivos móviles y sistemas de geolocalización.
Restricciones	**Presupuesto**	El desarrollo del sistema debe mantenerse dentro del presupuesto asignado por la empresa para este proyecto.
RN	**Rendimiento**	El sistema debe ser capaz de procesar hasta 80 envíos por mensajero. El tiempo de respuesta para asignar una nueva ruta no debe exceder los 3 segundos.
RN	**Seguridad**	Toda la información de los mensajeros y envíos debe ser cifrada utilizando AES-256.
RN	**Disponibilidad**	El sistema debe estar disponible el 99.9% del tiempo durante las horas operativas (6 AM - 10 PM).
RN	**Mantenibilidad**	El sistema debe ser modular para facilitar las actualizaciones y mantenimiento.

Nota: Fuente, elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. Arquitectura

Para desarrollar un sistema de gestión de rutas, es importante tener una arquitectura bien definida que no solo aborde los requisitos técnicos, sino que también esté alineada con los objetivos estratégicos de la organización, aquí es donde el marco **TOGAF *(The Open Group Architecture Framework)*** brinda un enfoque integral y estructurado para la construcción de arquitecturas empresariales, facilitando la creación de soluciones que no solo cumplan con los requisitos actuales, sino que también sean flexibles y escalables para adaptarse a futuras necesidades.

TOGAF facilita el diseño de arquitecturas a través de varias capas, asegurando que cada aspecto crítico del sistema sea abordado de manera coherente y escalable, generando un lenguaje común entre expertos de negocio y de tecnología, para el desarrollo de este proyecto se opta por un enfoque en capas y se tienen en cuentas las siguientes capas para la definición de la arquitectura:

Tabla 3

Descripción Capas

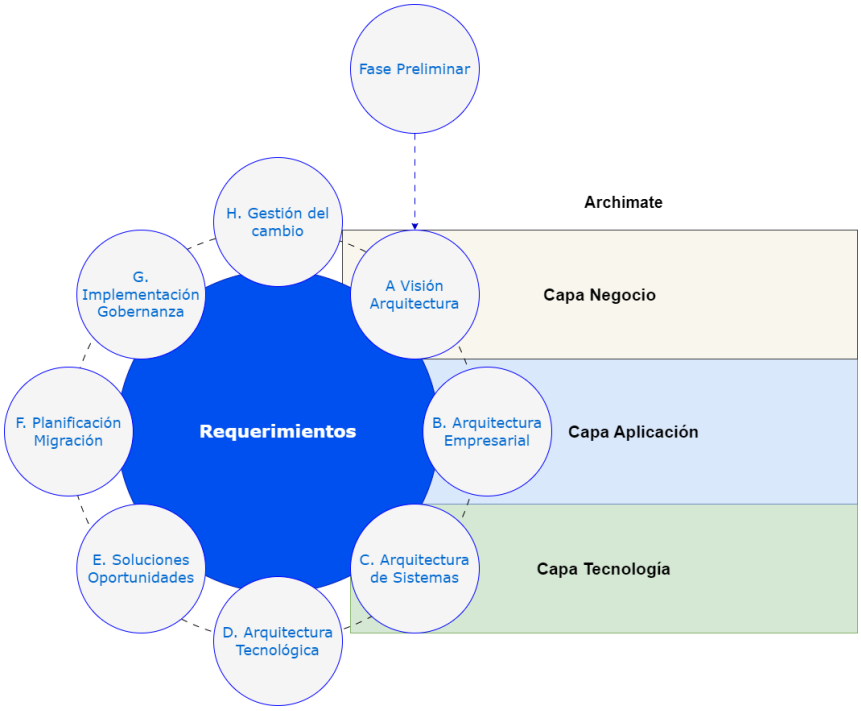
Capa	Descripción
Capa de Negocio:	Muestra los procesos en general de la empresa, su estructura organizacional y los procesos clave que la sustentan. Es como el mapa de ruta de alto nivel que guía todas las demás decisiones arquitectónicas.
Capa de Datos/Información:	Describe la estructura de datos, tanto los datos físicos (almacenados en bases de datos) como los datos lógicos (cómo se relacionan entre sí). Que garantiza la consistencia e integridad de la información.
Capa de Aplicación:	Se enfoca en el diseño y la relación de las aplicaciones individuales de la organización. Define cómo las aplicaciones interactúan entre sí y cómo soportan los procesos del negocio.

Capa de Tecnológica	Muestra la infraestructura subyacente que soporta el sistema y los datos. Incluye hardware, software, redes y otros componentes técnicos necesarios para el funcionamiento del sistema.

Con el enfoque estructurado que ofrece TOGAF, se tiene la certeza que el **sistema de gestión de rutas urbanas** no solo cumpla con los requerimientos actuales de las empresas de mensajería, sino que también sea lo suficientemente flexible y escalable para adaptarse a futuras necesidades tecnológicas y de negocio.

Figura 8

Proceso ADM TOGAF Adaptado



Nota: Fuente elaboración propia

3.1.Selección del Marco de Trabajo y Herramientas

- **Marco de Trabajo:** se utilizará ADM con TOGAF como marco de arquitectura empresarial para guiar las definiciones arquitectónicas del sistema, teniendo en cuenta una definición de capas.

- **Modelado:** se utilizará **ArchiMate** para modelar en algunos casos procesos de negocio, aplicaciones y tecnología.
- **Tecnologías:** el sistema incluirá integración con APIs de tráfico en tiempo real, tecnologías móviles, algoritmos de optimización de rutas.

3.2.Equipos y Roles

Para implementar esta arquitectura, es crucial identificar los roles necesarios para su desarrollo a nivel empresarial. Idealmente, el equipo debe estar compuesto por:

- **Arquitecto de Negocios**: responsable de definir los procesos de negocio y alinearlos con los objetivos estratégicos de la empresa.
- **Arquitecto de sistemas de información:** responsable implementar la arquitectura de datos y aplicaciones para soportar las funcionalidades del sistema.
- **Gerente del Proyecto**: coordinará la implementación del sistema, asegurando el cumplimiento de plazos y presupuestos.
- **Stakeholders Clave (Gerencia de Logística, TI y Operaciones):** proveerán retroalimentación y supervisarán el desarrollo.

3.3.Alcances

- El sistema de gestión de rutas cubrirá los procesos relacionados con la organización y optimización de la gestión de rutas de entrega.
- El sistema afectará a las áreas de **operaciones**, y **tecnología**.
- El diseño de esta arquitectura está enfocado para ser implementada en la ciudad de Bogotá, pero con el objetivo de expandir a otras regiones en el futuro.

3.4.Resultados Esperados

Proporcionar a las empresas de mensajería urbana los lineamientos de arquitectura que sirvan como base sólida para realizar el desarrollo de su sistema de información que permita la gestión de rutas optimas. Este modelo buscará garantizar la fácil implementación, escalabilidad, mantenibilidad del sistema y su adaptación a otras infraestructuras viales, lo que significa que podrá ajustarse fácilmente a los cambios en cuanto a performance y tecnologías, además, permitirá agregar nuevas funcionalidades de manera eficiente, asegurando así la evolución y mantenibilidad del sistema.

CAPÍTULO 4

4. Capa de Negocio

La capa negocio describe los procesos empresariales relacionados con la gestión de envíos y rutas urbanas seguras y óptimas, esta capa establece cómo los procesos clave de mensajería, como el cálculo de rutas, la gestión de mensajeros y la asignación de envíos, se alinean con los objetivos estratégicos de las empresas de mensajería. Es fundamental garantizar que los procesos operativos sean eficientes, seguros y soporten la toma de decisiones basada en información.

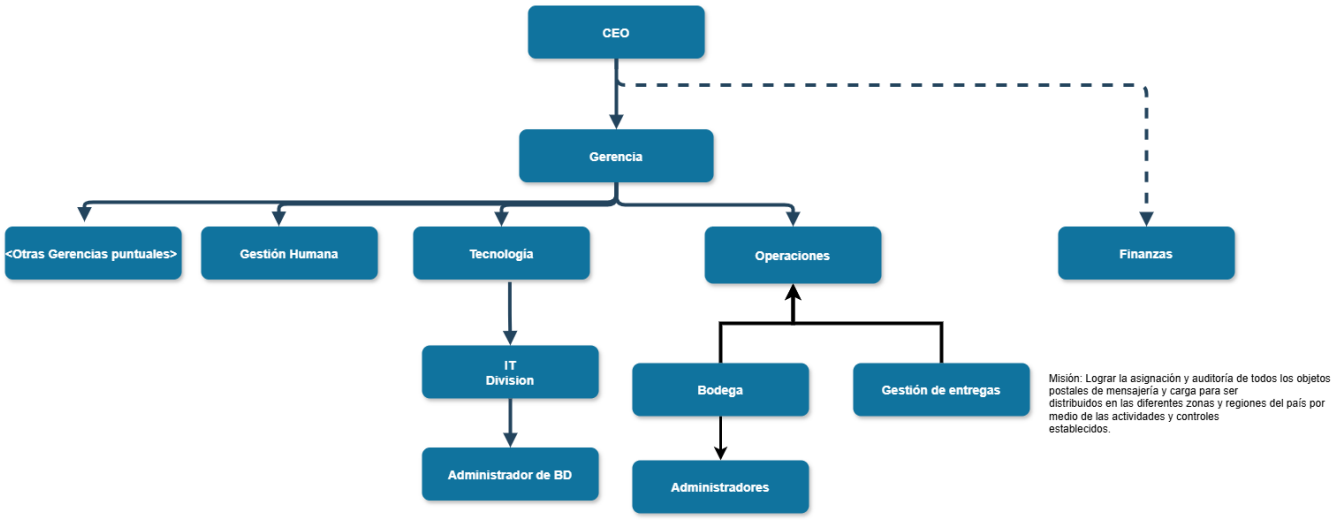
Cabe aclarar que esta arquitectura se encuentra enfocada a organizaciones que quieran gestionar rutas de entrega urbanas, donde los procesos de la organización se vean de la siguiente manera.

4.1.Organigrama

El organigrama formulado en la figura 9 es un diagrama que muestra la estructura organizacional de una empresa de mensajería, que se elaboró basada en el organigrama de una de las empresas de mensajería urbana en Bogotá, donde se representaron áreas comunes, así como un espacio abierto para gerencias adicionales, las cuales pueden variar en cada compañía. El área que busca impactar este proyecto es la de operaciones.

Figura 9

Organigrama Modelo empresa mensajería urbana



Nota: Fuente, elaboración propia

4.2.Objetivos Estratégicos:

Optimización de Rutas: minimizar tiempos en la gestión de rutas, quitando procesos manuales y como consecuencia mejorar los tiempos de entrega.

Seguridad y Trazabilidad: mejorar la seguridad de los mensajeros y la mercancía.

Disminuir el trabajo manual: reducir el trabajo manual de los mensajeros, al generar el proceso de ruteo.

4.3.Catalogo Principios de Arquitectura

El punto de vista de principios en la arquitectura de un sistema establece los principios clave que guiarán las decisiones de diseño y desarrollo. Estos principios ayudan a asegurar que el sistema sea escalable, seguro, eficiente y que este alineado con los objetivos del negocio. A continuación, se muestran cuáles son:

Tabla 4

Descripción Principios de Arquitectura

Principio	Declaración	Razón de ser	Implicaciones

Principios SOLID:	el sistema de debe cumplir con el conjunto de cinco principios de diseño de software. Single Responsibility Principle (SRP), Open/Closed Principle (OCP), Liskov Substitution Principle (LSP), Interface Segregation Principle (ISP) y Dependency Inversion Principle (DIP) La arquitectura del sistema debe adherirse a los principios SOLID para asegurar que el sistema sea fácil de mantener y escalar.	Uso de los principios SOLID en el diseño del software asegura que el sistema sea flexible y mantenible.	La arquitectura se diseñará de forma modular y orientada a objetos, con responsabilidades bien definidas y siguiendo estos principios de diseño.
Escalabilidad	El sistema debe poder adaptarse a un crecimiento (mayor número de envíos, conductores o rutas) sin degradar su rendimiento, utilizando arquitectura flexible y modular.	Las empresas de mensajería, como Inter Rapidísimo S.A., pueden aumentar su alcance geográfico o volumen de entregas con el tiempo.	La arquitectura del sistema será modular, permitiendo la incorporación de nuevos mensajeros, zonas de entrega y funcionalidades sin necesidad de rediseño completo.
Principio SoC	El Principio SoC establece que un sistema debe ser dividido en componentes o módulos independientes, cada uno de los cuales se ocupa de una preocupación específica. Estas preocupaciones pueden ser funcionales (como la gestión de usuarios, procesamiento de pagos, o seguridad) o no funcionales (como rendimiento, logging o manejo de errores).	Generar código de calidad, esencial porque mejoran la calidad, mantenibilidad y escalabilidad del código	Llevar a cabo este principio implica que se tengan desarrolladores que entiendan y cumplan estos principios, capacitar constantemente a los desarrolladores y generar procesos de revisión de cumplimiento de estos
Disponibilidad	El sistema debe estar disponible 24/7 para garantizar que las operaciones de mensajería no se vean interrumpidas, manteniendo una alta disponibilidad.	La mensajería urbana depende de la capacidad del sistema para operar de manera continua, sin interrupciones, dado que las entregas pueden ser urgentes o de tiempo crítico.	El sistema se diseñará con mecanismos de alta disponibilidad, incluyendo redundancia, tolerancia a fallos y monitoreo en tiempo real. Los componentes críticos se desplegarán en entornos que garanticen disponibilidad continua y se implementarán procesos de Backup y recuperación ante desastres.
Seguridad	El sistema debe proteger la confidencialidad e integridad de la información manejada, asegurando que los datos de los usuarios, envíos y operaciones estén protegidos contra accesos no autorizados y posibles brechas de seguridad.	La gestión de rutas y envíos implica el manejo de información sensible, como datos personales de los mensajeros y clientes, así como detalles sobre las entregas, que deben ser resguardados adecuadamente.	Se implementarán políticas de seguridad robustas que incluyan autenticación de múltiples factores, encriptación de datos en tránsito y reposo, auditorías regulares de seguridad, y formación

			continua para los usuarios sobre prácticas seguras.
Reducción de tiempo de gestión	El sistema debe minimizar el tiempo necesario para la gestión de envíos y asignación de rutas, optimizando los procesos administrativos y operacionales.	La reducción del tiempo dedicado a la gestión de envíos permite a los administradores y mensajeros enfocarse en la operación eficiente, mejorando la velocidad de respuesta y disminuyendo los tiempos de entrega.	Se implementarán herramientas automatizadas de asignación de envíos y generación de rutas, eliminando procesos manuales y reduciendo la intervención humana. La automatización será clave para agilizar la planificación y replanificación de rutas ante cambios en tiempo real, mejorando la eficiencia general.

4.4.Identificación de Interesados (stakeholders)

Es crucial identificar y entender a los actores involucrados en el sistema, los stakeholders son los que usan directamente el sistema.

Actor	**Administrador del Sistema/ Auxiliar Operativo**	Identificador: Actor 1
Descripción	Responsable de la configuración y Asignación de envíos a los mensajeros. Tendrá acceso a todas las funcionalidades.	
Características	Configuración Mensajeros y asignación de envíos	
Relación	Realiza la asignación de los envíos por el software logístico, (WPF Centro de Acopio) en el módulo de asignación a mensajero en donde se genera la planilla de asignación al responsable de realizar la distribución.	
Referencias	Relación directa con el sistema	

Actor	**Mensajero**	Identificador: Actor 2
Descripción	Usuario quién interactúa con la plataforma.	
Características	Responsable de realizar las entregas. Recibirá las rutas asignadas y reportará el estado de las entregas.	
Relación	Los mensajeros Organizan los envíos de acuerdo con la prioridad de entrega conforme a los límites de la zona asignada.	

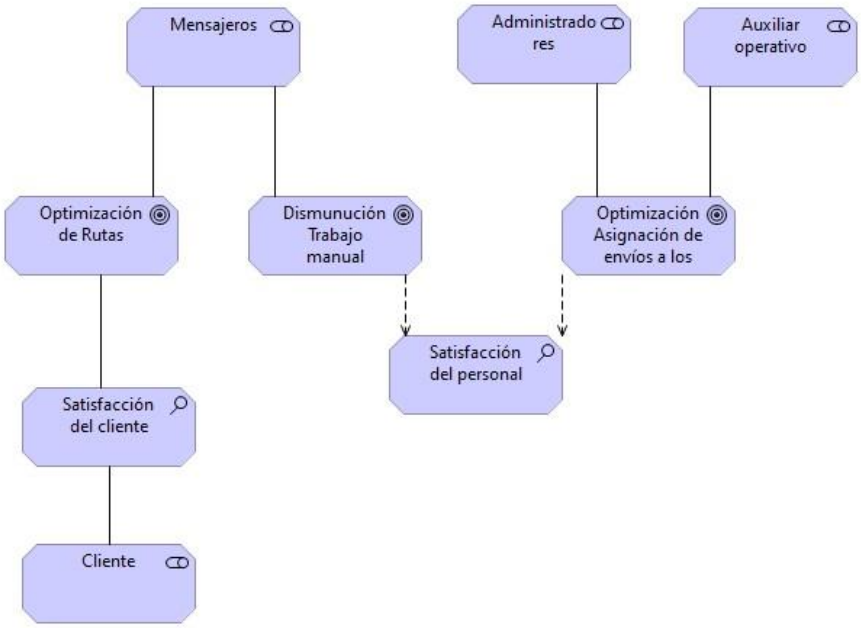
Referencias	Relación directa con el sistema

4.5.Punto de vista de motivación

Desde el punto de vista de motivación se representa la primera aproximación al problema, donde se hará énfasis en detalles de alto nivel, abordando el punto de vista de implicados para lograr los objetivos y metas.

Figura 10

Punto de vista de implicados



Nota: Fuente elaboración propia

4.6.Punto de vista procesos de negocio:

Este punto de vista se enfoca en aspectos estratégicos y en el proceso central y los subprocesos necesarios para gestionar envíos, por eso se describen los actores y proceso descritos en el área de gestión de entregas.

Figura 11

Actores del proceso

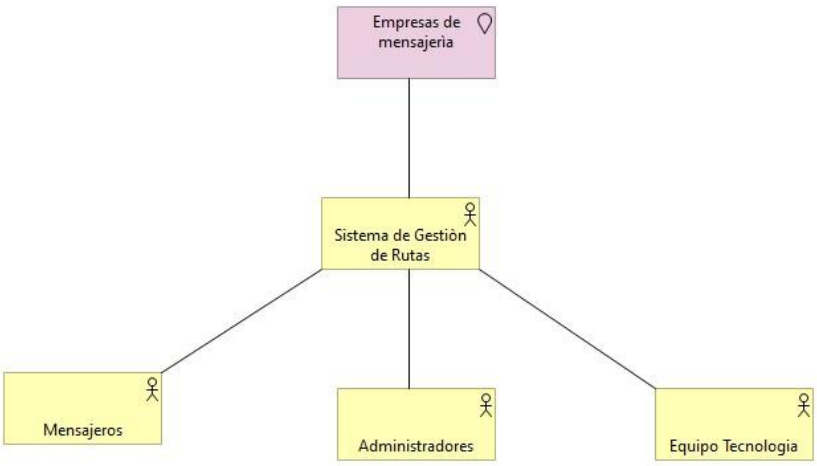


Figura 12

Proceso de Negocio

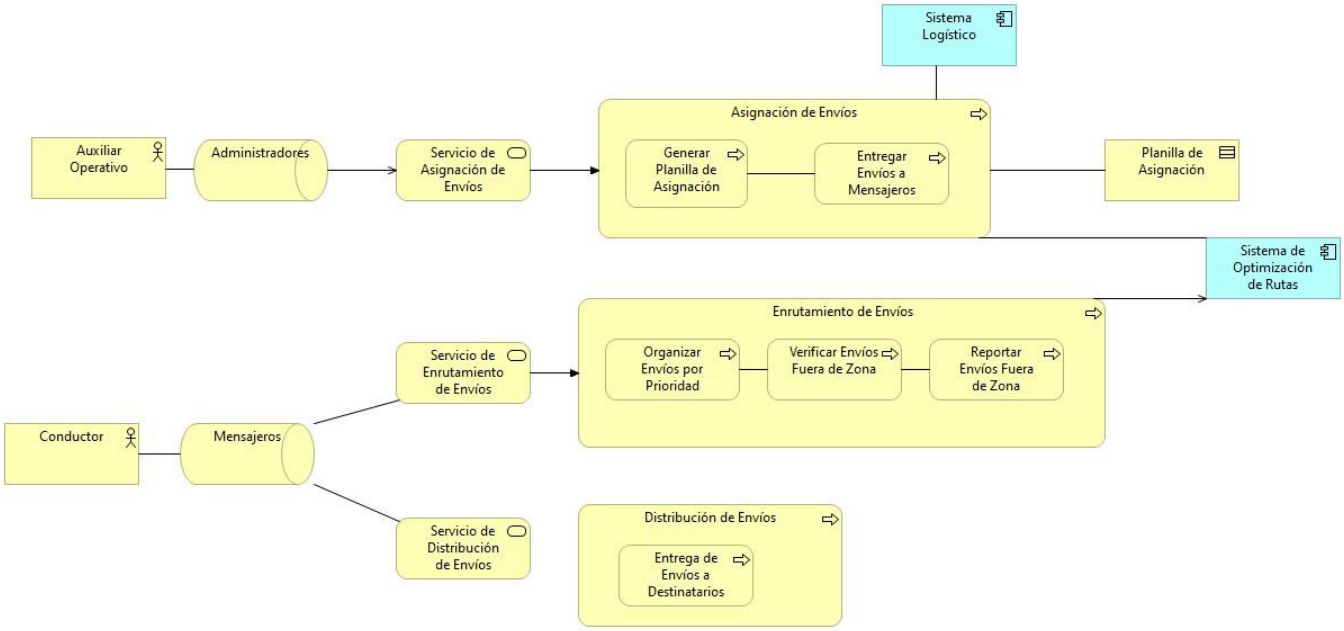
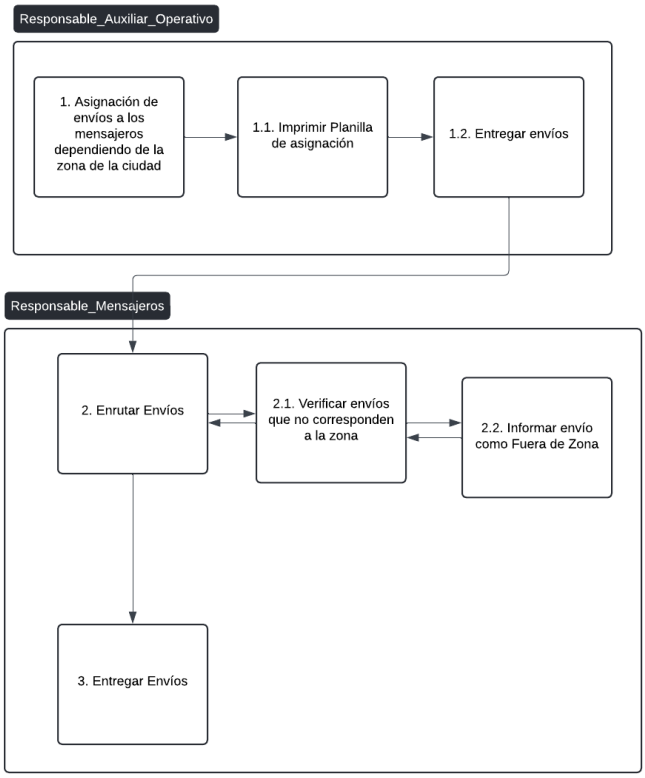


Figura 13

Proceso Actual



Nota: *Elaboración propia basado en el procedimiento de entregas empresa de mensajería.*

Tabla 5

Proceso Ruteo

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PERIODICIDAD
1	**Asignación de envíos a los mensajeros** depende de la zona de la ciudad a la que fueron asignados Realiza la asignación de los envíos por el software logístico, (WPF Centro de Acopio) en el módulo de asignación a mensajero en donde se genera la planilla de asignación al responsable de realizar la distribución **1.1** Imprimir Planilla de asignación: Procede a imprimir 2 copias de la planilla de asignación una para entregarla al mensajero, contratista o PAMI y otra como soporte de entrega de envíos asegurando la firma.	Auxiliar Operativo o administrador	Diario

	1.2 Entregar envíos Realiza la entrega los envíos ya auditados a los mensajeros, contratistas y/o PAMI para que se proceda con el enrutamiento, esto teniendo en cuenta la salida de las cuadrillas		
2	**Enrutar Envíos** Los mensajeros organizan los envíos de acuerdo con la prioridad de entrega de acuerdo con los límites de la zona asignada. **2.1**. Verificar envíos que no corresponden a la zona **2.2** Informar envío como Fuera de Zona: Reporta de manera verbal al jefe de entregas y devoluciones los envíos que no corresponden a la zona.	Mensajeros	Diario
3	**Entregar Envíos:** Lleva a cabo el proceso de distribución urbana, el cual consiste en la entrega de cada uno de los envíos a los destinatarios en las direcciones de domicilio o puntos de entrega en cada zona asignada.	Mensajeros	Diario

Nota: Fuente: Elaboración propia basado en el procedimiento de entregas empresa de mensajería.

CAPÍTULO 5

5. Capa de Arquitectura de datos

La capa de arquitectura de datos establece cómo los datos relacionados con envíos, mensajeros y rutas son recolectados, organizados y almacenados para soportar la gestión de entregas urbanas, se enfoca en garantizar que la información esté disponible para la toma de decisiones.

Adicional para el diseño del modelo se sigue la metodología desarrollada y presentada por el profesor Londoño (2016) en su libro y enseñada en el programa de especialización. Esta metodología parte desde el análisis de la capa y la lógica de negocio presentada en el capítulo anterior y luego procede a definir de manera estructurada y lógica el modelo de conjuntos, el modelo conceptual, el modelo relacional y finalmente el modelo DDL.

5.1.Planeación del diseño de la Base de Datos

Partiendo del organigrama de la figura 9, las empresas se organizan en áreas o dependencias que reflejan su estructura jerárquica, cada área tiene "misiones," o responsabilidades definidas por la alta dirección, que son relativamente inmodificables, estas misiones se dividen en "clases" las cuales permiten construir el "Modelo de la lógica de negocios".

5.1.1. Modelo Lógico de Negocios (MLN)

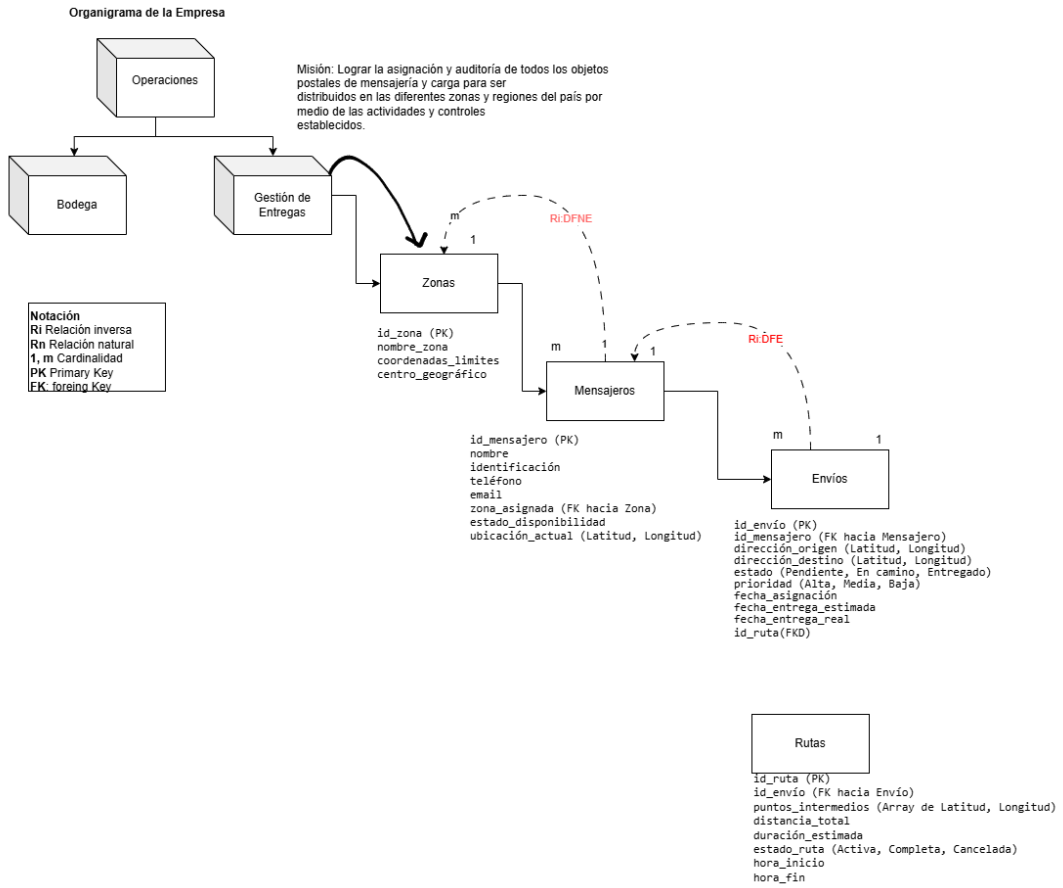
La normalización en bases de datos ha sido un tema recurrente, aunque rara vez se menciona que la primera forma normal (1FN) y la segunda forma normal (2FN) son fundamentales para estructurar la planificación del diseño de bases de datos.

La planificación de este diseño implica garantizar un modelo de lógica de negocio partiendo de la capa organizacional, donde se definen las relaciones y responsabilidades clave.

Además, es esencial asignar atributos específicos a cada clase del modelo de lógica de negocio (MLN) según la ley de autodeterminación, lo que asegura que cada atributo sea relevante y exclusivo de la clase a la que pertenece, sin compartirlos con otras clases, también es necesario identificar de cada clase los atributos Primary Key (PK) y Foreign Key (FK) por defecto, que actúan como identificadores únicos y referencias entre tablas o clases y por último, se establece la relación de dependencia funcional mediante la relación inversa (RI) entre clases sucesoras y antecesoras del MLN, categorizada como dependencia funcional exclusiva (DFE) o no exclusiva (DFNE), según corresponda. Este enfoque proporciona una estructura sólida y lógica para la definición de la base de datos, generando así para este caso de estudio el siguiente modelo:

Figura 14

Planeación del diseño de la Base de Datos en 1FN, 2FN para el caso de estudio



Nota Fuente, elaboración propia

5.1.2. Modelo Seudomatemático

Para construir el modelo Seudomatemático, se comienza en la clase más alta del **MLN**, donde los atributos del conjunto corresponden a los de esa clase, luego, se resuelven las claves foráneas derivadas (FKD), generando subconjuntos (clases secundarias) que describen el código en resolución y asocian nuevos atributos. En estos subconjuntos, la FKD se convierte en la clave primaria emergente (PKE) y seguidamente, se desciende a la siguiente clase principal del MLN para formar un nuevo conjunto, heredando la clave primaria (PK) del conjunto anterior como clave foránea primaria (FKP), resolviendo así la dependencia funcional exclusiva.

Figura 15

Modelo Seudomatemático de conjuntos para el caso de estudio



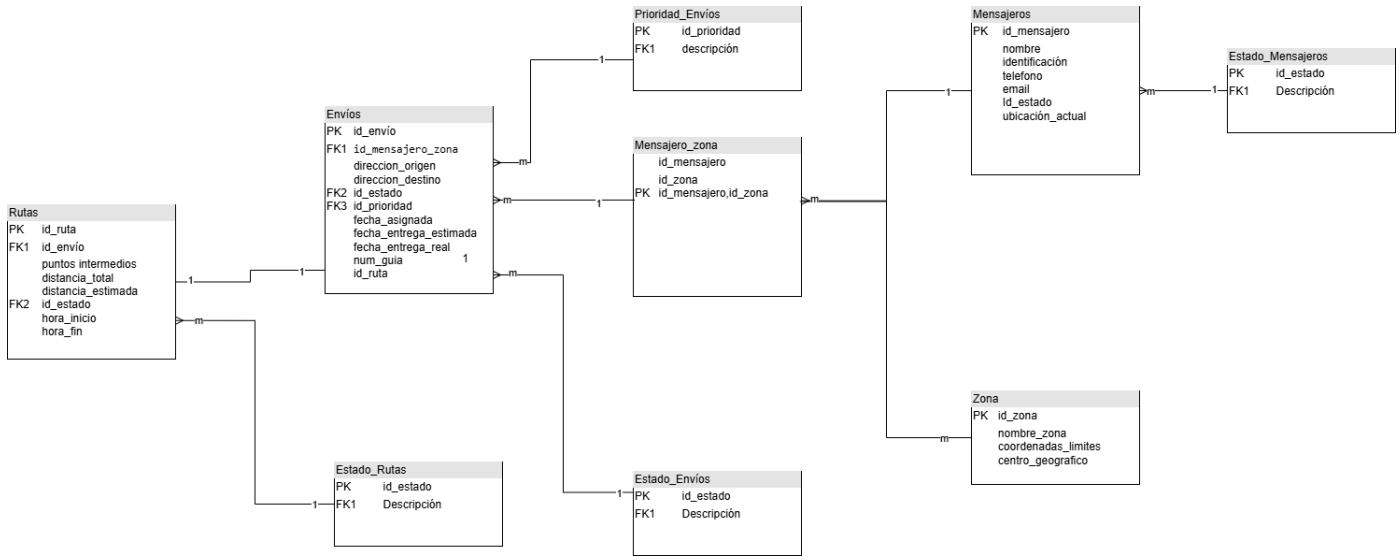
Nota: fuente elaboración propia

5.1.3. Modelo Relacional

La construcción del modelo relacional se basa en organizar las tablas de izquierda a derecha, comenzando con el conjunto resuelto en la última clase del Modelo Lógico de Negocios (**MLN**), a continuación, se disponen a la derecha las tablas en modo tabla que soportan las claves foráneas derivadas (FKD) y las claves primarias foráneas (FKP). Este proceso se repite, añadiendo nuevas tablas a la derecha conforme sea necesario.

Figura 16

Modelo relacional para el caso de estudio



Nota: fuente, elaboración propia

Clave foránea compuesta en la tabla Mensajero_Zona que vincula cada mensajero a una zona, permitiendo relaciones de muchos a muchos.

5.1.4. Modelo DDL (Data Definition Language)

La generación del modelo DDL implica traducir el modelo relacional a un lenguaje de programación específico para bases de datos, permitiendo su implementación en un motor de BD, este proceso se trata de crear las estructuras de datos necesarias, como tablas, vistas y relaciones, mediante sentencias SQL(Structured Query Language). Por ejemplo, para este caso se generan sentencias para el motor PostgreSQL tales como:

```
-- Extensión PostGIS para manejo de datos geográficos
CREATE EXTENSION IF NOT EXISTS postgis;

-- Tabla Mensajero
CREATE TABLE Mensajero (
    id_mensajero SERIAL PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(100) NOT NULL,
    identificacion VARCHAR(50) NOT NULL,
    telefono VARCHAR(20),
    email VARCHAR(100),
    estado_disponibilidad VARCHAR(20) NOT NULL,  -- Disponible/Ocupado
    ubicacion_actual GEOMETRY(POINT, 4326)       -- Latitud y Longitud
);
```

De esta forma, el modelo relacional se convierte en un conjunto de instrucciones que el DBMS puede interpretar para crear y organizar los datos, el modelo completo estará como anexo.

5.2.Planeación modelo de datos geográfico.

Partiendo de la clase anterior Rutas, se debe generar un servicio para gestionar datos geográficos de las vías de las ciudades, accidentes y zonas peligrosas, lo cual requiere un modelo de datos almacene y manipule información geográfica de manera eficiente y así poder generar las rutas para la gestión de entregas.

5.2.1. Modelo de datos geográfico

A continuación, se describe un diseño del modelo geográfico a implementar en PostGIS: Entidades principales:

- Vía
- Accidente
- Zona peligrosa
- Intersección
- Tipo de vía
- Tipo de accidente
- Tipo de zona peligrosa

Se propone usar la extensión PostGIS para manejar tipos de datos geoespaciales como POINT, POLYGON, y LINESTRING en PostgreSQL.

GEOMETRY(POINT, 4326): Representa puntos en coordenadas geográficas (latitud y longitud).

GEOMETRY(POLYGON, 4326): Define polígonos geográficos para delimitar las zonas.

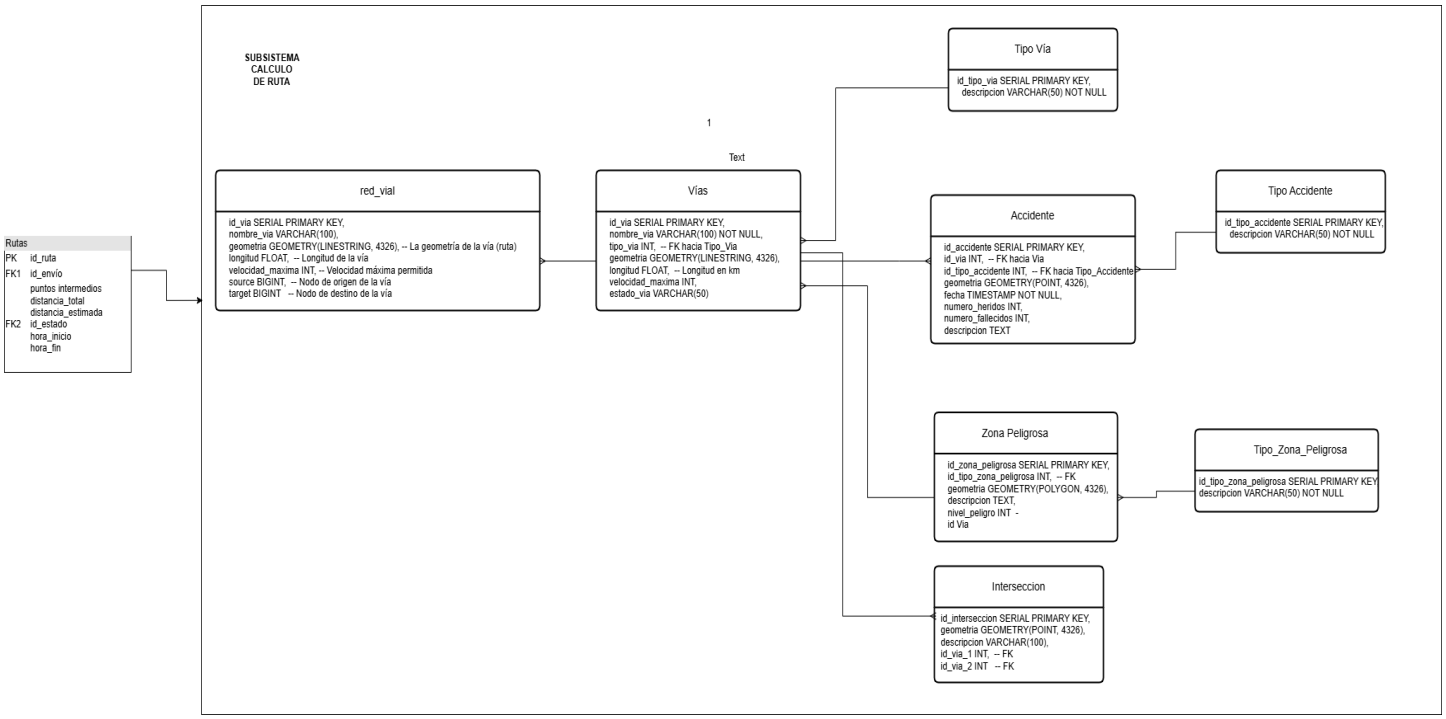
GEOMETRY(LINESTRING, 4326): Para almacenar rutas geográficas con múltiples puntos.

Las vías están representadas por un LINESTRING que almacena la secuencia de puntos que establecen su traza, mientras que los accidentes se vinculan a un POINT que indica su ubicación concreta en una vía, las zonas peligrosas, con alta tasa de siniestralidad, se modelan como POLYGON para establecer zonas geográficas de riesgo. las intersecciones que son opcionales se representan también como POINT y guardan los cruces entre vías.

Además, las tablas de tipos permiten clasificar las vías, accidentes y zonas peligrosas, proporcionando un mayor detalle sobre cada uno de estos elementos.

Figura 17

Modelo de base de datos para servicio de búsqueda



Nota: Fuente elaboración propia

Para poder generar una ruta se deben tener en cuenta las siguientes consultas:

```
SELECT * FROM pgr_dijkstra(
    'SELECT id_via AS id, source, target, longitud AS cost FROM red_vial',
    id_nodo_origen,
    id_nodo_destino,
    directed := false
);
```

```
SELECT * FROM pgr_dijkstra(
    'WITH penalized_vias AS (
       SELECT
            rv.id_via AS id,
            rv.source,
            rv.target,
            rv.longitud AS base_cost,
            CASE
                WHEN a.id_accidente IS NOT NULL THEN rv.longitud * 2 -- Penalización
   por accidente (dobla el costo)
                WHEN zp.id_zona_peligrosa IS NOT NULL THEN rv.longitud * 1.5 --
   Penalización por zona peligrosa
                ELSE rv.longitud
            END AS cost
         FROM red_vial rv
         LEFT JOIN Accidente a ON ST_DWithin(rv.geometria, a.geometria, 0.0005) --
   Vías cercanas accidentes
         LEFT JOIN Zona_Peligrosa zp ON ST_Intersects(rv.geometria, zp.geometria) --
   Vías que cruzan zonas peligrosas
    )
    SELECT id, source, target, cost FROM penalized_vias',
    id_nodo_origen,
    id_nodo_destino,
    directed := false
);

INSERT INTO Tipo_Via (descripcion) VALUES ('Calle'), ('Avenida'), ('Autopista');

INSERT INTO Via (nombre_via, tipo_via, geometria, longitud, velocidad_maxima,
   estado_via)
VALUES
('Avenida Principal', 2, ST_GeomFromText('LINESTRING(-75.567 6.270, -75.568 6.271)',
   4326), 1.2, 60, 'Bueno'),
('Calle 45', 1, ST_GeomFromText('LINESTRING(-75.566 6.269, -75.570 6.275)', 4326),
   0.5, 40, 'Deteriorado');
```

Escalabilidad

Es importante no solo tener en cuenta el modelo de base de datos si no como este puede ser escalado y mantenido en el tiempo por esto se proponen, las siguientes estrategias de optimización de BD de datos en PostGIS:

Particionamiento por tiempo: el particionamiento por tiempo es una técnica muy útil cuando se trabaja con datos que no persisten con el tiempo, como la información de los accidentes. Al particionar una tabla por rangos de fechas, se logra mejorar significativamente el rendimiento de las consultas ya que se filtran por fechas específicas, ejemplo la tabla de accidentes.

```
CREATE TABLE accidentes_partitioned (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    fecha TIMESTAMP,
    geometria GEOMETRY
) PARTITION BY RANGE (fecha);

CREATE TABLE accidentes_2023 PARTITION OF
accidentes_partitioned
FOR VALUES FROM ('2024-11-01') TO ('2025-11-01');
```

Generación de índices: los índices son estructuras de datos que facilitan la búsqueda de información en una tabla para tablas de geometrías, los índices espaciales (GIST) son fundamentales.

- **GIST:** el índice espacial más común en PostGIS este permite realizar consultas espaciales de manera eficiente.
- **SP-GIST:** ideal para geometrías multidimensionales o datos espaciales de alta dimensión.
- **Brin:** diseñado para columnas con alta cardinalidad y valores únicos.

```
CREATE INDEX idx_red_vial_geom ON red_vial USING GIST
(geometria);
CREATE INDEX idx_accidentes_fecha ON accidentes USING BTREE
(fecha);
```

Generación de vistas: las vistas materializadas son como tablas que almacenan el resultado de una consulta compleja, Al generar una vista se calcula el resultado de la consulta y se almacena en una tabla física, ejemplo:

```
CREATE MATERIALIZED VIEW accidentes_por_mes AS
SELECT EXTRACT(MONTH FROM fecha) AS mes, COUNT(*) AS
num_accidentes
FROM accidentes
GROUP BY mes;
```

5.3.Características específicas:

- **PostgreSQL:** motor de base de datos**.**

- **PostGIS** es una extensión de PostgreSQL ampliamente utilizada para manejar datos espaciales.
- **PgBouncer:** administrar las conexiones a la base de datos y mejorar el rendimiento.
- **CartoDB:** plataforma en la nube que simplifica el desarrollo de aplicaciones web geográficas escalables.
- Se va a obtener información geográfica de BD confiables, como **OpenStreetMap (OSM)** o APIs comerciales como **Google Maps**. Adicional de usar datos de la plataforma distrital de datos abiertos https://www.datos.gov.co/ para ver datos de hurtos y accidentes.
- Se usarán funciones de **cálculo de distancias** y **rutas óptimas** usando el motor de base de datos ST_Distance en PostGIS y para el cálculo de la ruta más optima, se implementarán algoritmos de enrutamiento como **Dijkstra** o **A* (A estrella)**.
- Se deben mantener actualizados los mapas de calles, carreteras y restricciones en la BD geográfico para asegurar precisión
- **Redis**: base de datos en memoria que se usa para guardar datos en caché.

CAPÍTULO 6

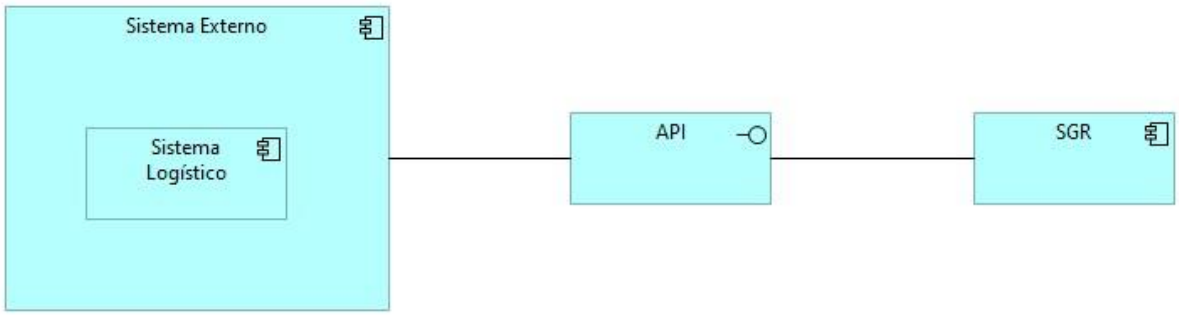
6. Capa de Arquitectura de Aplicaciones

En la capa aplicaciones se define la estructura y las interacciones entre las aplicaciones que soportan la operación del SGR (sistema de gestión de rutas), se enfoca en aplicaciones como el software de planificación de rutas, la asignación de mensajeros, asegurando que trabajen en conjunto para optimizar la entrega y la seguridad de los envíos.

En ArchiMate usualmente esta capa se modela con el color AZUL, pero en sus puntos de vista se suelen emplear elementos de otras capas para expresar relaciones.

Figura 18

Punto de vista. Comportamiento de aplicación integración con sistemas actuales



Nota. Fuente, elaboración propia

6.1.Punto de vista de estructura de aplicación

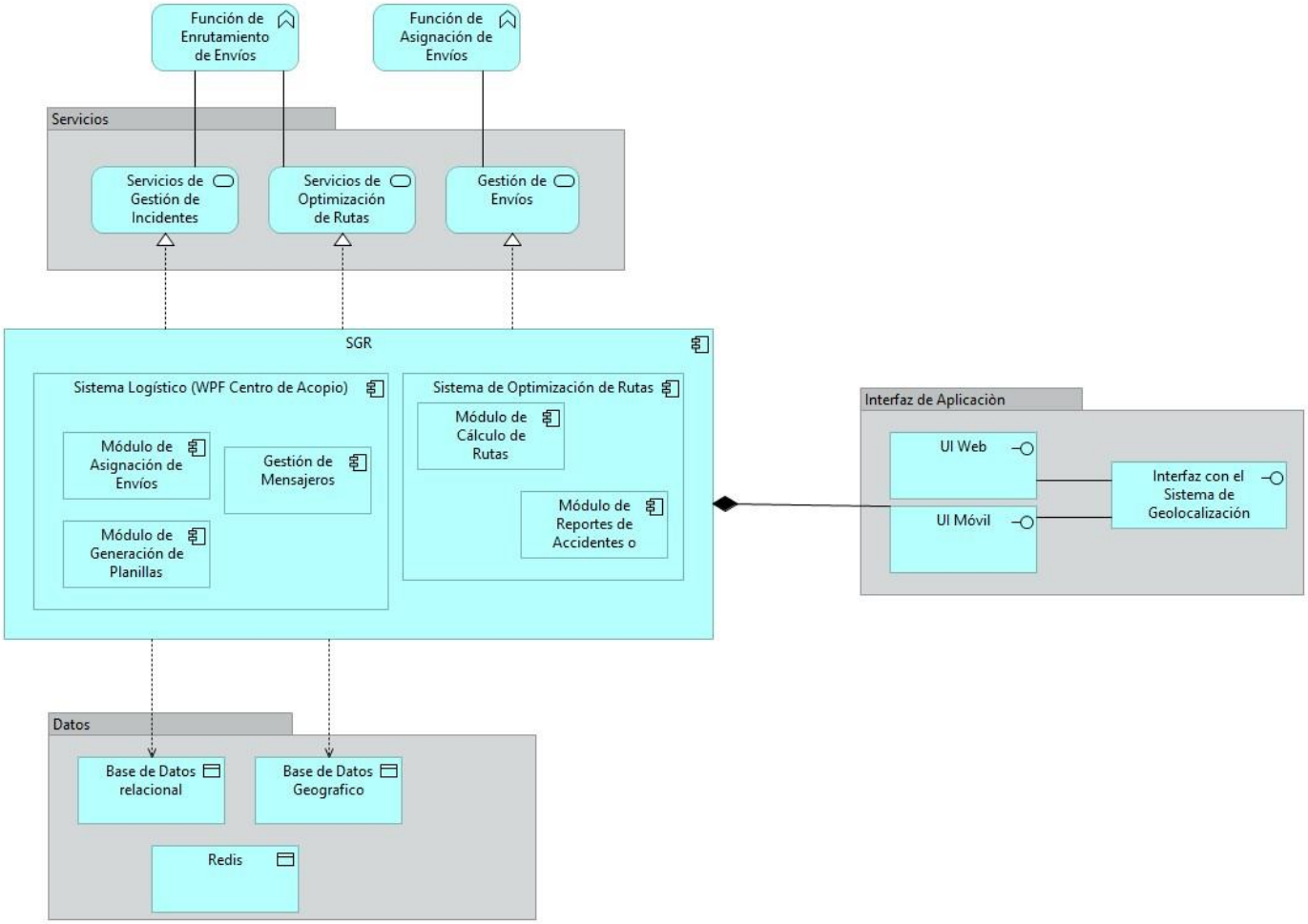
Este punto de vista *(estructura de la aplicación)* pretende expresar las conexiones de los componentes pensados para la solución que lleven a conseguir:

- Facilitar la integración con otras infraestructuras viales.
- Mejorar la escalabilidad, con énfasis en la optimización de rutas.
- Asegurar la mantenibilidad y facilidad de actualización.

- Soportar la evolución de la infraestructura tecnológica, incorporando funcionalidades adicionales sin afectar la estabilidad del sistema.

Figura 19

Punto de vista de estructura de aplicación



Nota. Fuente elaboración propia

6.2.Componentes del Sistema:

- Gestión de Mensajeros
- Gestión de Ruteo
- Sistema de Gestión de Rutas: software que organiza y asigna las mejores rutas.

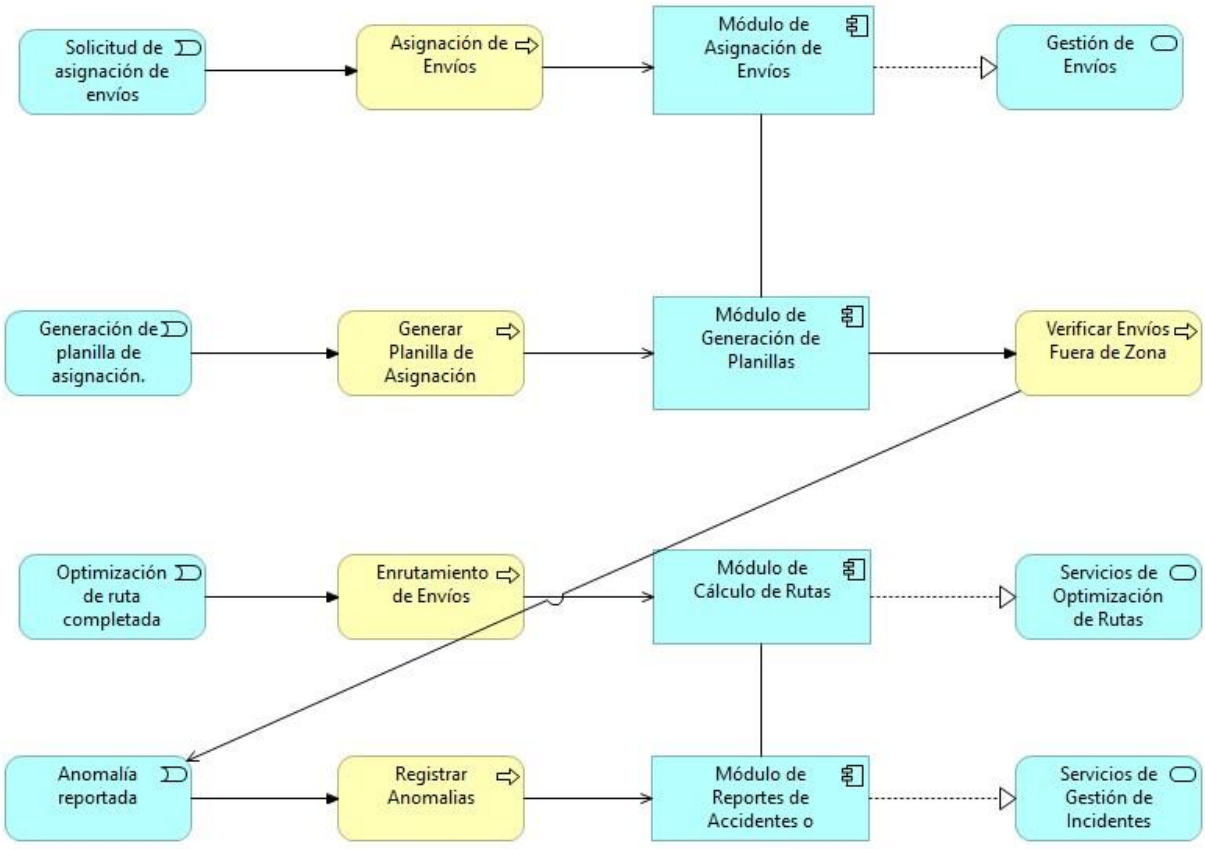
- Módulo de Seguridad: incluye análisis de riesgos de seguridad en las rutas según los hurtos reportados.

6.3.Punto de vista de uso de la aplicación

Desde este punto de vista se quiere mostrar los servicios que se ofrecen en cada uno de los componentes en el proceso de negocio, estos procesos modelados hacen parte del área de operaciones en su gestión de entregas.

Figura 20

Punto de vista de uso de aplicación



Nota: Fuente elaboración propia

CAPÍTULO 7

7. Capa de Arquitectura de Tecnología

En la capa de tecnología se describe la infraestructura tecnológica que se debe tener en cuenta para soportar el sistema de gestión de rutas, donde se incluyen componentes tecnológicos, como servidores, redes, dispositivos móviles utilizados por los mensajeros y la infraestructura en la nube necesaria para garantizar que las aplicaciones de mensajería funcionen de manera óptima, además se asegura que la tecnología utilizada sea la apropiada para soportar los requisitos del sistema.

Los elementos de esta capa se determinan por el color VERDE, pero en sus puntos de vista se suelen emplear elementos de otras capas para expresar relaciones. en esta capa surgen los conceptos de nodos, sistemas de software, servicios de tecnología, dispositivos, recursos y facilidades.

7.1.Definición de los principios

Seguridad primero: las rutas se optimizarán considerando la seguridad en las zonas de entrega.

Escalabilidad: el sistema debe estar diseñado para adaptarse al crecimiento de la empresa, tanto en número de usuarios como en expansión geográfica.

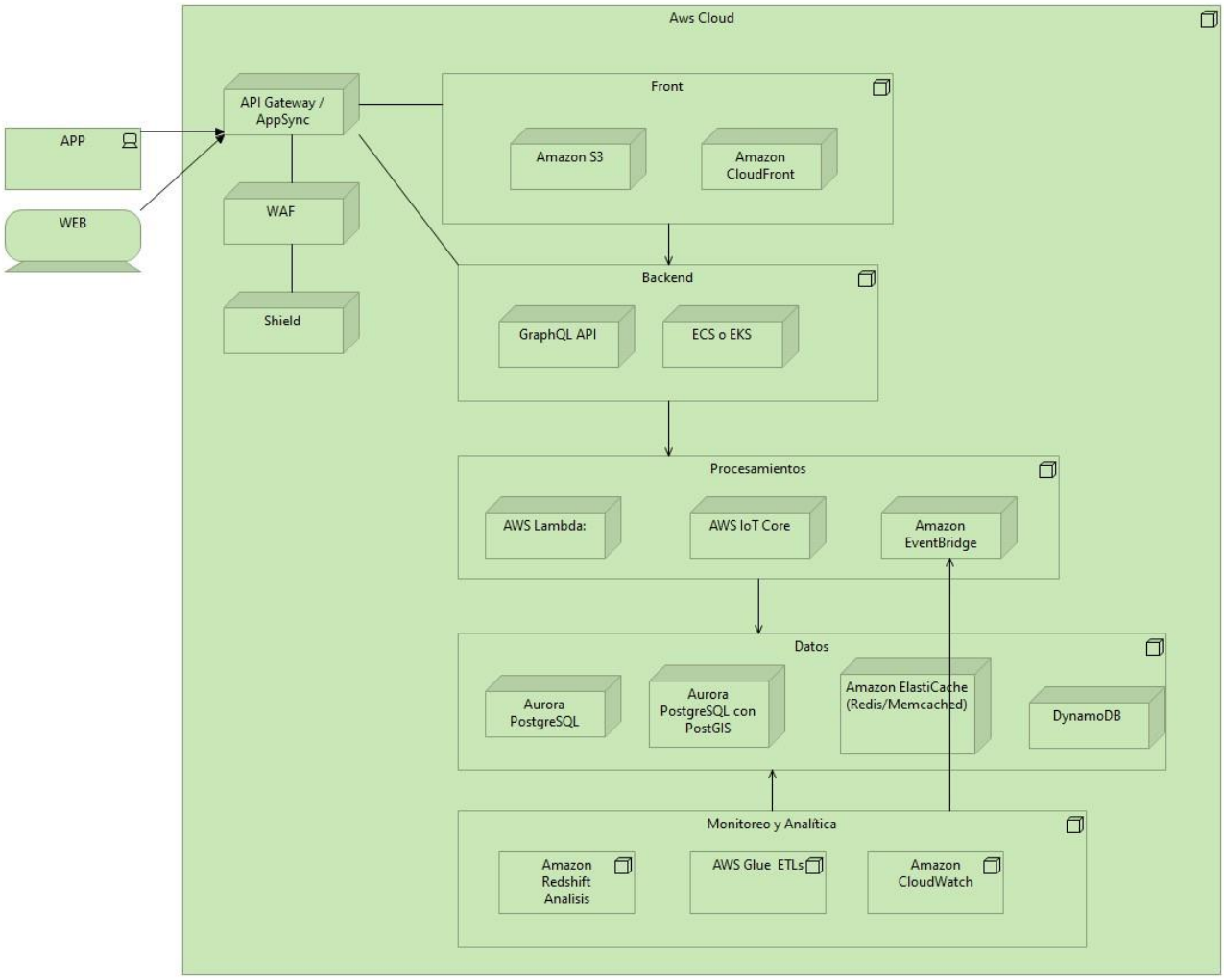
Orientado al cliente: el sistema debe mejorar la experiencia del usuario final, reduciendo tiempos de entrega y proporcionando actualizaciones en tiempo real.

7.2.Punto de vista de infraestructura

Desde este punto de vista se busca mostrar la organización de los componentes a nivel de infraestructura, la arquitectura propuesta es una arquitectura por capas y microservicios en la nube de AWS, como se muestra en el siguiente modelo:

Figura 21

Punto de vista de infraestructura



Nota: Fuente elaboración propia caso de estudio

Teniendo en cuenta el diagrama anterior se realizan las siguientes aclaraciones técnicas de componentes a usar en AWS:

- **AWS Lambda:** permite realizar cálculos y tareas específicas, como la optimización de rutas o actualizar estados.
- **Amazon ECS o EKS:** permite ejecutar microservicios de larga duración en funciones complejas o persistentes.
- **Amazon Aurora PostgreSQL con PostGIS:** con esta tecnología, se podrán almacenar datos geoespaciales, como zonas, rutas, puntos de entrega, eventos.

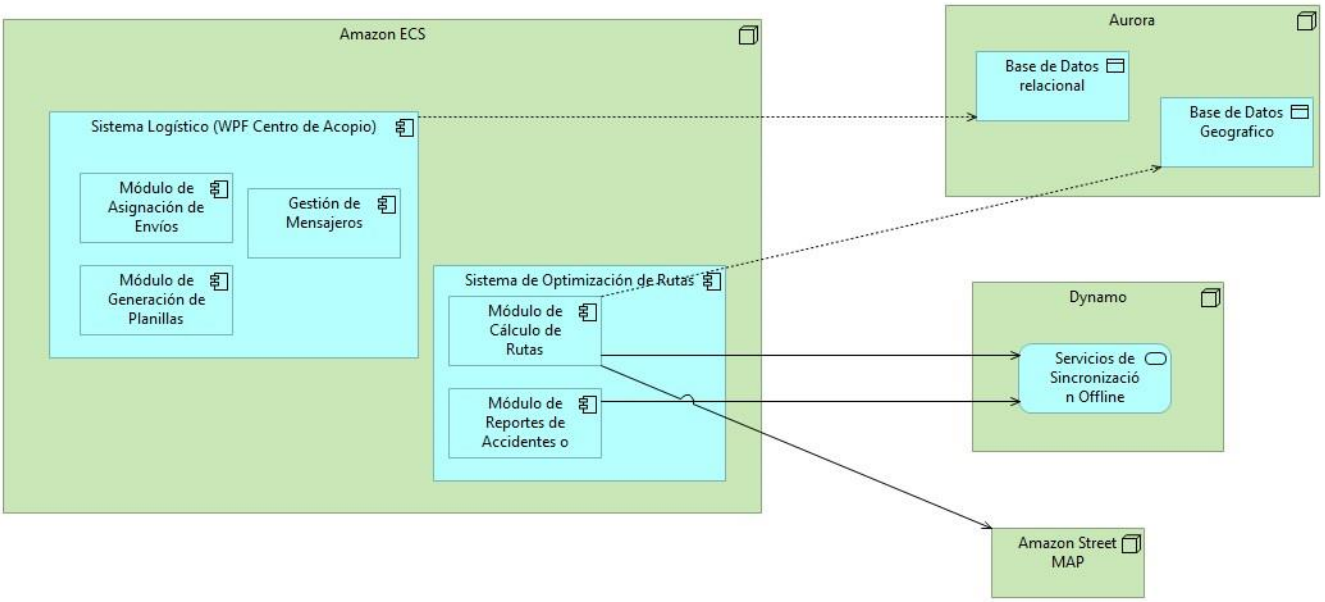
- **Amazon ElastiCache:** para administrar el caché ya que se necesita mantenerlo para los resultados de las rutas óptimas a tomar, así como la información que se solicita con mucha frecuencia.
- **Amazon Kinesis:** se usa para manejar los flujos de los datos en tiempo real, por ejemplo, para los mensajes de los estados de las actualizaciones de semáforos, o reportes de incidentes.
- **Amazon CloudWatch:** permite contener al monitoreo, todo el rendimiento y métricas del sistema.
- **AWS Glue**: usado procesar y transformar la información en ETL, que igualmente conviene para procesar organizativamente los datos externos como los datos geoespaciales

7.3.Punto de vista de uso de infraestructura

La figura 22 muestra a alto nivel los componentes que interactúan en cada uno de los nodos de infraestructura.

Figura 22

Punto de vista de uso de infraestructura



Agregando al punto de vista de uso de la infraestructura, se decide generar los siguientes servicios, estos se encuentras modelados a alto nivel nombrados como módulos sin embargo a continuación se describen:

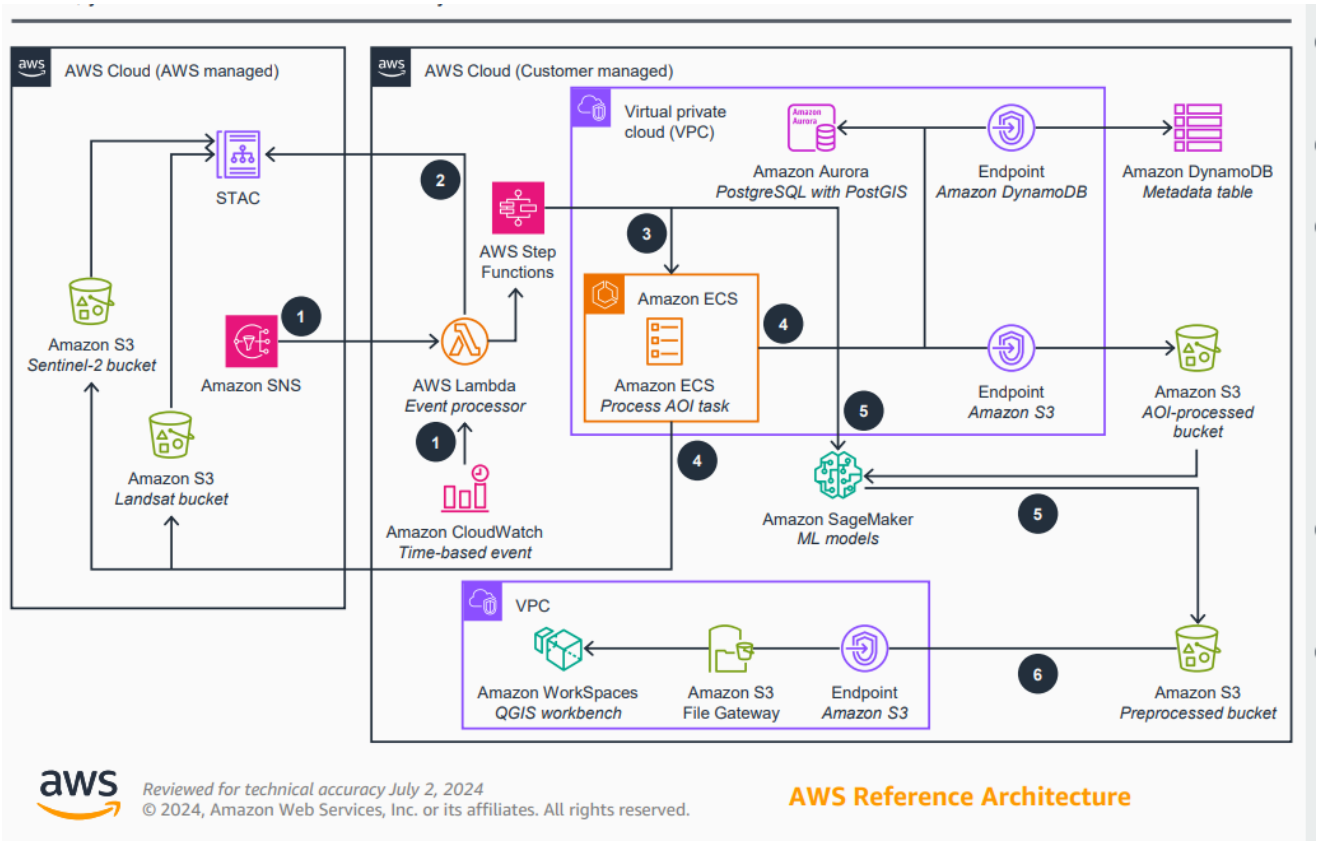
- **Servicio de gestión de mensajeros:** maneja el proceso creación de los mensajeros y asignación de zonas y asignación de envíos.
- **Servicio de gestión de envíos :** maneja el proceso asignación de envíos y generación de plantillas.
- **Servicio de rutas:** calcula la ruta óptima utilizando algoritmos de enrutamiento.
- **Servicio de mapas:** interactúa con proveedores de mapas para obtener datos geográficos.
- **Servicio de reportes e incidentes:** recolecta y procesa información de tráfico en tiempo real a partir de los usuarios y otras fuentes.
- **Servicio de notificaciones:** envía notificaciones push a los usuarios (alertas de tráfico, cambios de ruta).

7.4.Arquitectura AWS

Teniendo en cuentas las arquitecturas para el procesamiento de datos geográficos proveídas por AWS, el siguiente diagrama muestra cómo crear un repositorio de datos geoespaciales escalable en la nube de AWS. Simplificando el diseño geoespacial con canalizaciones de datos que facilitan el acceso a datos, sin procesar mediante la integración de conjuntos de datos administrados por Registry of Open Data de AWS.

Figura 23

Guía para escalar datos geoespaciales en AWS



Nota: Fuente tomado de (Amazon.com, 2024)

7.5.Consideraciones para la Escalabilidad y Adaptabilidad

- **Contenedores:** Contenedores (Docker) para empaquetar los servicios y desplegarlos de forma consistente en diferentes entornos.
- **APIs GraphQl:** Exponer los servicios a través de GraphQl para facilitar la integración con otros sistemas.
- **Auto Scaling**: se deben configurar las instancias de **Amazon EC2**, **ECS**, o **EKS** para que escalen horizontalmente según demanda teniendo en cuenta las variables de CPU y memoria.
- **Multi-AZ y Backup**: Configurar bases de datos con Multi-AZ para alta disponibilidad.

7.6.Patrones de diseño aplicados

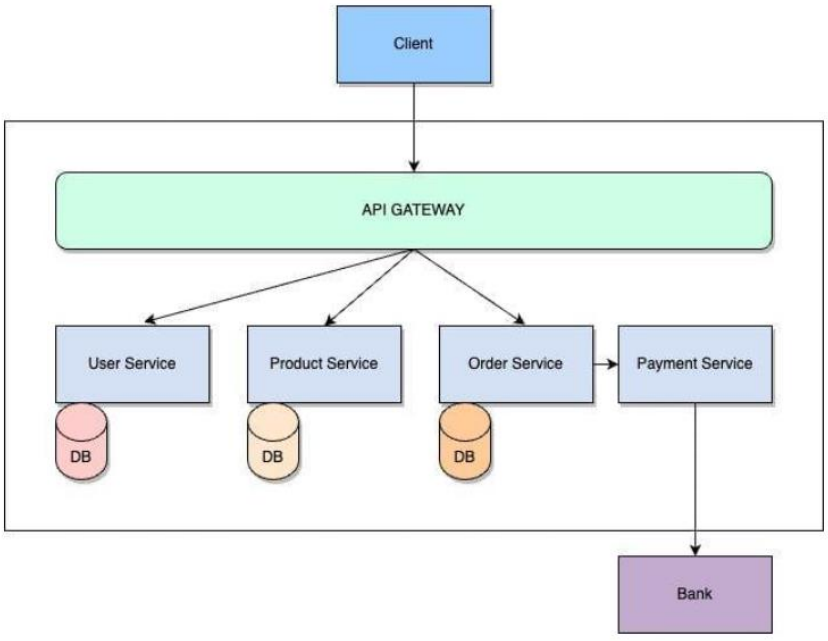
En los procesos de construcción de software, es importante tener en cuenta los patrones de diseño, ya que son soluciones demostradas y documentadas a problemas frecuentes en el diseño de software proporcionando un enfoque estructurado y reutilizable.

7.6.1. Microservicios:

Para el diseño de este sistema se propuso generar una arquitectura de microservicios ya que favorece la escalabilidad y la disponibilidad, debido a que los servicios pueden replicarse según la demanda. Este patrón propone dividir la funcionalidad del sistema en servicios pequeños y desacoplados, cada uno con una tarea específica, esto permite desarrollar, probar, desplegar y escalar cada servicio de forma autónoma, lo que mejora la agilidad y facilita la entrega continua de software. Cada microservicio puede emplear diferentes tecnologías y lenguajes, lo que permite seleccionar las herramientas más adecuadas para cada servicio. (Paradigmadigital.com, 11), se debe usar API Gateway para gestionar las comunicaciones.

Figura 24

Ejemplo de una arquitectura básica de microservicios



Nota. Fuente tomada de (Paradigmadigital.com, 11)

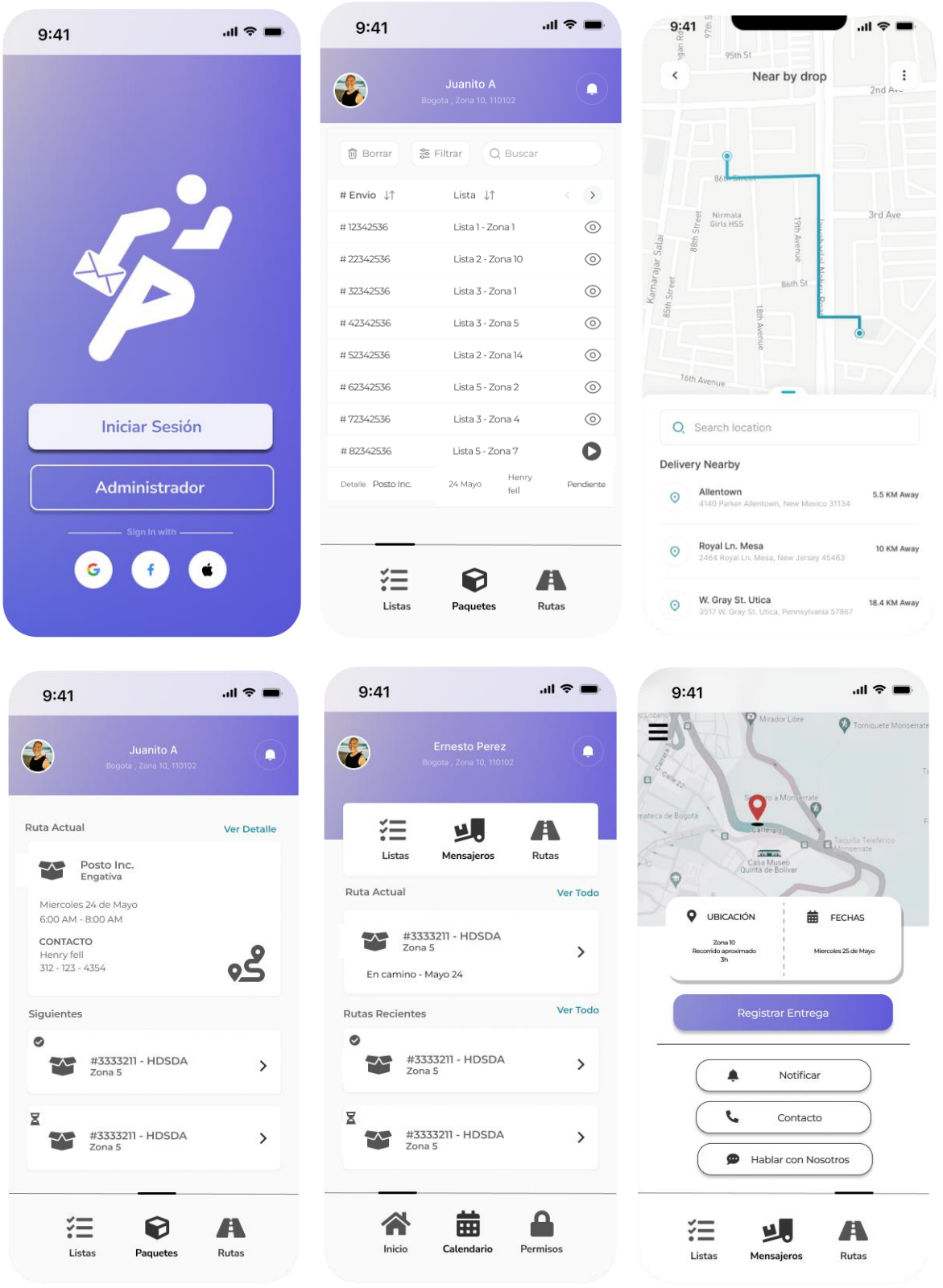
7.6.2. Patrón Fachada

El patrón de diseño es un patrón de diseño estructural que proporciona una interfaz simplificada a una biblioteca, un framework o cualquier otro grupo complejo de clases.

Simplifica las interacciones con APIs externas (como Google Maps o OpenStreetMap) al proporcionar una interfaz única para acceder a sus servicios, reduciendo la complejidad en el resto del sistema.

7.7.Mockups

Los mockups son representaciones visuales de un diseño o interfaz de usuario que ilustran el aspecto del producto final, como una aplicación, sitio web o software. (Walsh, 2023) son usados en el desarrollo de proyectos con el fin de generar una perspectiva antes de realizar cualquier desarrollo además facilitan la comunicación de ideas, evaluar conceptos y recabar retroalimentación antes de proceder a la fase de desarrollo. Para el proyecto se proponen las siguientes pantallas para la gestión de los mensajeros:



Nota. Fuente elaboración Propia

PARTE 3 CIERRE DE LA INVESTIGACIÒN

CAPÍTULO 8

En esté capítulo presenta una síntesis de los resultados conseguidos en la investigación, evaluando el cumplimiento de los objetivos planteados. Además, se ofrece un vistazo rápido de la arquitectura propuesta, que puede ser implementada por empresas de mensajería y se discuten trabajos derivados y se exploran posibles líneas y futuros desarrollos de investigación en esta área.

8. Resultados y discusión

El proyecto comenzó con la búsqueda de una solución a la problemática que enfrentan las empresas de mensajería urbana en la gestión eficiente rutas, y su poco control en este proceso de ruteo urbano, aunque en la actualidad hay aplicaciones gratuitas como WAZE o GOOGLE MAPS que ayudan a manejar en la ciudad, el poco control que se puede obtener de estas es nulo, lo que llevo a considerar una solución propia que permita no solo generar de forma automática un plan de rutas si no que optimice el proceso lo más posible, la investigación partió desde análisis de datos obtenidos mediante encuestas a mensajeros, luego se realizó la definición de la arquitectura partiendo desde el punto de vista empresarial, con el objetivo de que esta arquitectura pueda ser implementada por empresas que quieran estar alineadas con los principios estratégicos de estas, además que permite ver a alto nivel que procesos y áreas serán afectadas si se decide implementar esta solución.

Se presenta una solución extensible y generalizable, que podría ser adaptada y utilizada en cualquier tipo de empresa de mensajería, ya que aborda el problema desde un enfoque empresarial.

A lo largo de los capítulos 4 y 6 se detallan las especificaciones necesarias para su implementación, y al final se proponen mejoras y opciones para su escalabilidad.

CAPÍTULO 9

9. Conclusiones

9.1. Verificación, contraste y evaluación de los objetivos

A lo largo del trabajo se logró diseñar los lineamientos de arquitectura para la creación de un sistema de gestión de rutas, teniendo en cuenta no solo los procesos técnicos sino partiendo del enfoque empresarial, generando las capas de negocio, datos, aplicaciones y tecnología, que permiten tener una vista arquitectónica suficiente para su implementación.

Además, en el proceso de generación de la arquitectura se realizó una revisión adicional de como escalar la arquitectura en caso de ser requerido, aunque al principio no fue fácil abordar el diseño desde un enfoque empresarial, debido a que como desarrolladores nos acostumbramos a ir al código directamente, lo que es una mala práctica en el desarrollo de sistemas de información, se logro profundizar en los aspectos necesarios y definir los lineamientos arquitectónicos.

Teniendo en cuenta lo anterior de pude considerar que el objetivo general y específicos de la investigación fueron cumplidos en su totalidad.

9.2. Síntesis del modelo propuesto

Los lineamientos de arquitectura para un sistema de gestión de rutas propuesto en la investigación, consiste en una solución integral que optimiza la planificación y ejecución de las entregas, garantizando seguridad, eficiencia y reducción de tiempos en las operaciones de mensajería urbana. La arquitectura descrita en el presente documento se compone principalmente de los siguientes servicios clave:

1. **Gestión de Mensajeros**: Este módulo es responsable manejar la información de los mensajeros.
2. **Asignación de Envíos**: Este módulo permite a los administradores asignar los envíos a los mensajeros basándose en las zonas previamente asignadas.
3. **Optimización de Rutas**: Utilizando algoritmos de optimización, el sistema calcula la ruta más segura y rápida para cada mensajero, teniendo en cuenta variables como el tráfico, las condiciones de las vías y accidentes reportados.
4. **Reportes e incidentes**: Este módulo de encarga de gestionar los reportes sobre accidentes o robos, lo que permite a los algoritmos implementados tomar decisiones teniendo en cuenta la seguridad de las rutas y las zonas.

Finalmente, lo que busca esta arquitectura es optimizar las operaciones, mejorar la seguridad y permitir una gestión eficiente de las rutas de entrega, contribuyendo al éxito de las empresas de mensajería urbana mediante el uso de tecnología a la vanguardia.

9.3.Aportes originales

En la investigación se han propuesto enfoques interesantes que pueden ser aplicados en procesos de desarrollos de sistemas de información en general :

- Implementación de un marco de trabajo como TOGAF para la creación de una arquitectura de un sistema, partiendo de 4 capas principales, capa de negocio, capa de datos, capa de aplicación y capa de tecnología, tomando lo mejor de cada etapa para así poder generar una arquitectura que se alinee con los objetivos estratégicos de las empresas.
- Tener en cuenta desde el diseño de la arquitectura como esta puede ser escalada en caso de ser necesario.

9.4.Trabajos o publicaciones derivadas

Partiendo de los resultados obtenidos en este proyecto, se proponen las siguientes investigaciones futuras

- **Ampliación del sistema de seguridad con análisis de datos en tiempo real**: generar una investigación adicional que explore la integración de sensores IOT, análisis en tiempo real para mejorar la seguridad de las entregas, desde el monitoreo de la ubicación hasta la detección de comportamientos sospechosos.
- **Aplicación de la arquitectura:** Es importante tener en cuenta que la investigación es un trabajo teórico por lo que sería interesante implementar los lineamientos propuestos a una empresa real, y generar así la comprobación de la arquitectura y llevar a cabo un estudio de percepción de la solución entre los usuarios finales, asesores y supervisores, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y posibles áreas para expandir la solución.

CAPÍTULO 10

10. Prospectiva del trabajo de grado

10.1. Líneas de investigación futuras

Teniendo en cuenta el auge de la inteligencia artificial, sería valioso explorar la inclusión de algunas de estas innovaciones como nuevos módulos en el sistema propuesto:

Inteligencia artificial: el entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo sería valioso para identificar patrones en distintos aspectos del sistema propuesto, mejorando así la capacidad de toma de decisiones y optimización de rutas.

10.2. Trabajos de investigación futuros

En línea con las áreas de investigación identificadas en la sección anterior, se proponen los siguientes trabajos de investigación futuros:

- **Optimización avanzada de rutas mediante inteligencia artificial**: Un estudio que explore el uso de algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales para mejorar la predicción de rutas, considerando no solo las condiciones de tráfico actuales, sino también patrones históricos, clima y otros factores impredecibles.
- **Sistema predictivo para la gestión de incidentes y emergencias**: Un desarrollo enfocado en crear un módulo que utilice inteligencia artificial para predecir incidentes (accidentes, bloqueos de tráfico, desastres naturales) y ajustar las rutas en tiempo real para minimizar el impacto en las entregas.

Bibliografía

Amazon Web Services, Inc. (s.f). *¿Qué es una base de datos? - Explicación de las bases de datos en la nube - AWS*. Obtenido de aws.amazon.com: https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/2ojRm9H0jT1uo5dHUngPKs/lists/3oawnPobzUjyxtvkRthEpV/fuentes/11VbMlsawLxtvewMXQnHU6/editar/

Amazon.com. (21 de 11 de 2024). *Amazon.com*. Obtenido de https://aws.amazon.com/es/solutions/guidance/scaling-geospatial-data-lakes-with-earth-on-aws/

Asociación Geoinnova. (08 de 11 de 2021). *¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?* . Obtenido de Geoinnova: https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/

Cifras de los Servicios Postales. (25 de 11 de 2024). Obtenido de Gov.co: https://postdata.gov.co/dashboard/cifras-de-los-servicios-postales

Cil, G. (2 de 03 de 2023). *Las 7 «R» de la logística: la clave del éxito.* Obtenido de Las 7 «R» de la logística: la clave del éxito.: https://www.cil-logistica.com/las-7-r-de-la-logistica-la-clave-del-exito/

Daniel. (4 de 01 de 2024). *¿Qué es un algoritmo y por qué es esencial en Data Science?* Obtenido de Formación en ciencia de datos | DataScientest.com: https://datascientest.com/es/que-es-un-algoritmo

Datos Abiertos Colombia. (sf). *¿Qué son los datos abiertos?* Obtenido de Datos Abiertos Colombia: https://www.datos.gov.co/stories/s/-T-primera-vez-con-Datos-Abiertos-Aqu-te-contamos-/smn2-7atz/

E, G., Helm, R., R, J., & Vlissdes, J. (2003). *Patrones de diseño.* Madrid: Pearson Educacion S.A. Obtenido de Patrones de diseño:

https://profeuttec.yolasite.com/resources/Patrones%20de%20dise%C3%B1o%20-%20Erich%20Gamma.pdf

Efiempresa Agencia de Empleo. (26 de 06 de 2023). *Integración tecnológica, sus características y beneficios*. Obtenido de Efiempresa Agencia de Empleo: https://efiempresa.com/es/blog/integracion-tecnologica-beneficios/

Equipo de desarrollo de QGIS. (3 de 13 de 2016). *QGIS User Guide.* Obtenido de https://geoactivismo.org/wp-content/uploads/2016/03/QGIS-2.8-UserGuide-es.pdf

Evaluando Software.com. (22 de 11 de 2023). *Qué es la geolocalización y cómo funciona - Evaluando Software*. Obtenido de Evaluando Software: https://www.evaluandosoftware.com/bpm/la-geolocalizacion-funciona/

GmbH, L. (19 de 9 de 2024). *Leanix.net*. Obtenido de TOGAF®: https://www.leanix.net/en/wiki/ea/togaf?utm_term=togaf%20adm&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&utm_campaign=LATIN-AMERICA-NORTH-HUB_TOGAF_AO_Search_ENG&hsa_ver=3&hsa_cam=21076154135&hsa_grp=164825700932&hsa_acc=2468165327&hsa_kw=togaf%20adm&hsa_mt=e&hsa_n

Grupo PTV. (s.f). *¿Qué es la optimización de rutas?* Obtenido de ptvl: https://www.ptvlogistics.com/es/libro-blanco-optimizacion-de-las-rutas/gracias

Inaoep. (sf). *Ciencias computacionales.* Obtenido de posgrados.inaoep.mx: https://posgrados.inaoep.mx/archivos/PosCsComputacionales/Curso_Propedeutico/Programacion_Estructuras_Datos/Capitulo_10_Grafos.pdf

Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales,icde. (15 de 09 de 2021). *Datos Geográficos | Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales*. Obtenido de icde.com: https://www.icde.gov.co/diccionario-de-terminos/datos-geograficos

James Rumbaugh, I. J. (1997). *The Unified Proces.* Obtenido de https://people.eecs.ku.edu/~hossein/810/Readings/rup-unified-process.pdf

Jimenez, A. (13 de 09 de 2022). *Qué es trazabilidad logística*. Obtenido de Packlink PRO: https://pro.packlink.es/becommerce/trazabilidad-ecommerce/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20trazabilidad%20log%C3%ADstica&text=La%20trazabilidad%20del%20env%C3%ADo%20permite,en%20las%20condiciones%20de%20compra.

Keeling, M. (2017). *Design It! From to Software Architect.* Raleigh, North Carolina: The Pragmatic Bookshelf. Obtenido de Design It! From to Software Architect: http://repo.darmajaya.ac.id/4190/1/Design%20It%21_%20From%20Programmer%20to%20Software%20Architect%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf

Laoyan, S. (8 de 02 de 2024). *Agile Manifesto: la guía para entender la metodología Agile*. Obtenido de Asana: https://asana.com/es/resources/agile-methodology

MIN Transporte. (21 de 07 de 2022). *RESOLUCION 40595 de 2022 Ministerio de Transporte*. Obtenido de https://www.cancilleria.gov.co/: https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_mintransporte_40595_2022.htm#:~:text=Ministerio%20de%20Relaciones%20Exteriores%20%2D%20Normograma,de%202022%20Ministerio%20de%20Transporte%5D&text=Por%20la%20cual%20se%20adopta,

Paradigmadigital.com. (2024 de 26 de 11). *Patrones de arquitectura de microservicios, ¿qué son y qué ventajas…*. Obtenido de Paradigmadigital.com: https://www.paradigmadigital.com/dev/patrones-arquitectura-microservicios-que-son-ventajas/

Redacción Tlw. (20 de 08 de 2022). *Tecnología para optimización de rutas: logra mayor eficiencia y nivel de servicio en tus entregas*. Obtenido de THE LOGISTICS WORLD : https://thelogisticsworld.com/transporte/tecnologia-para-optimizacion-de-rutas-logra-mayor-eficiencia-y-nivel-de-servicio-en-tus-entregas/

Sclar, M. (2016). *Camino mínimo en grafos.* Obtenido de Camino mínimo en grafos: https://www.oia.unsam.edu.ar/wp-content/uploads/2017/11/dijkstra-prim.pdf

SWEBOK. (2001 - 2003). *SWEBOK* .

Thomas H. Cormen, C. E. (2002). *Introduction to Algorithms Second Edition.* Cambridge, Massachusetts London, England: McGraw-Hill Book Company.

Walsh, D. (28 de 09 de 2023). *Mockup: qué es, para qué sirve y ejemplos inspiradores*. Obtenido de Hubspot.es: https://blog.hubspot.es/website/mockup-que-es