

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Sistema de programación, administración y monitoreo de unidades de transporte para el despacho de mercadería en rutas del interior del país.**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INFORMÁTICO**

**AUTOR**

Sameer Ernesto Moharam Bonilla

**ASESOR**

Mag. Rony Cueva Moscoso

Lima, julio de 2019

## Resumen

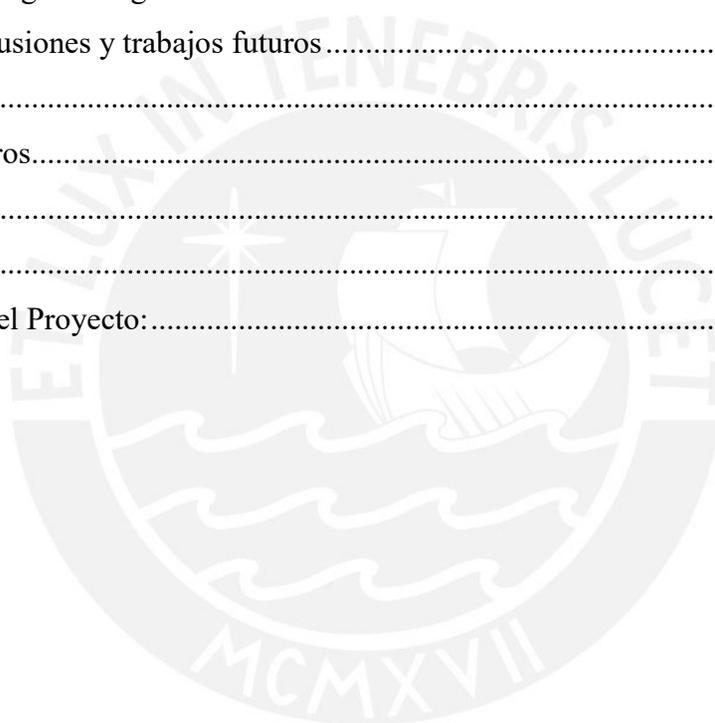
El transporte de mercadería es una actividad muy importante para las empresas dedicadas al comercio de productos. Por lo general las entregas se programan en fechas exactas para cumplir con las solicitudes del cliente. No obstante, hay varios riesgos asociados a esta actividad (como asaltos, desastres naturales y tráfico), los cuales generan demora que pueden afectar negativamente el nivel de satisfacción de los clientes. El presente trabajo de fin de carrera busca brindar una herramienta de soporte a la actividad de transporte de mercadería. Con el fin de reducir el tiempo de las entregas realizadas por cada unidad, se plantea utilizar un algoritmo metaheurístico que asigne adecuadamente las órdenes de despacho a los vehículos de transporte. Asimismo se propone proveer al chofer de una ruta óptima para su desplazamiento, buscando minimizar el tiempo entre cada punto de entrega. Finalmente, también se propone monitorear la ubicación de los vehículos de transporte durante su trayecto, lo que hace posible detectar rápidamente cualquier desvío de la unidad sobre la ruta establecida. Para lograr las funcionalidades mencionadas se integrará la solución en un sistema web y un aplicativo móvil. El sistema web se utilizará para administrar las órdenes de despacho y para mostrar la ubicación de las unidades de transporte. El aplicativo móvil registrará la ubicación de la unidad de transporte y mostrará al chofer la mejor ruta para llegar a su destino.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	i
Tabla de Contenido.....	ii
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tablas.....	vi
Capítulo 1. Generalidades.....	1
1.1 Problemática.....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.2.3 Resultados esperados.....	5
1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación.....	5
1.3 Herramientas y Métodos.....	7
1.3.1 Herramientas:.....	8
1.3.2 Metodologías:.....	10
1.4 Alcance y limitaciones.....	11
1.4.1 Alcance.....	11
1.4.2 Limitaciones.....	12
1.5 Viabilidad.....	12
1.5.1 Viabilidad Técnica.....	12
1.5.2 Viabilidad Temporal.....	13
1.5.3 Viabilidad Económica.....	13
1.6 Riesgos.....	13
Capítulo 2. Marco Conceptual.....	15
2.1 Empresa grande.....	15
2.2 Transporte de mercadería.....	15
2.3 Orden de entrega.....	15
2.4 Riesgo.....	15
2.5 Satisfacción del cliente.....	16
2.6 Monitoreo de carga.....	16

2.7 GPS.....	16
2.8 Programación de entregas .....	16
2.9 Problema de enrutamiento de vehículos.....	17
2.10 Problema del camino más corto .....	17
2.11 Algoritmo .....	17
2.12 Heurística .....	17
2.13 Metaheurística .....	18
2.14 Cadena de valor de Porter .....	18
Capítulo 3. Estado del Arte.....	19
3.1 Revisión y discusión.....	19
3.1.1 Beetrack .....	19
3.1.2 WiseTrack.....	20
3.1.3 Aplicación de RFID y GPS para el Aseguramiento de la Seguridad del Transporte de la Carga.....	20
3.1.4 Waze .....	21
3.1.5 Algoritmo de Etiquetado Basado en Ejes Para Encontrar los Caminos más Cortos en Redes de Carreteras .....	21
3.1.6 Análisis del Efecto de Operadores de Mejora Local en Algoritmos Genéticos y Recocido Simulado para el Problema de Enrutamiento de Vehículos .....	21
3.1.7 Técnicas de Optimización por Colonia de Hormigas para el Problema de Enrutamiento de Vehículos .....	23
3.2 Conclusiones .....	24
Capítulo 4. Documento de Modelo del Proceso de Despacho.....	25
4.1 Modelo del proceso de despacho .....	25
Capítulo 5. Documento de Análisis y Diseño.....	27
5.1 Catálogo de requisitos .....	27
5.2 Patrón arquitectónico.....	28
5.3 Diagrama de despliegue .....	28
5.4 Casos de uso .....	29
5.4.1 Diagrama de actores .....	29
5.4.2 Tipos de usuarios .....	29
5.4.3 Diagrama de casos de uso.....	30

5.4.4 Especificación de casos de uso .....	30
5.5 Modelo de base de datos .....	43
5.6 Estándares de interfaz gráfica .....	45
5.7 Prototipo de interfaces.....	46
Capítulo 6. Aplicación para asignar los despachos .....	73
6.1 Algoritmo para la asignación de los despachos .....	73
6.1.1 Planteamiento inicial .....	73
6.1.2 Función objetivo .....	74
6.1.3 Pseudocódigo del algoritmo .....	75
Capítulo 7. Conclusiones y trabajos futuros.....	78
7.1 Conclusiones .....	78
7.2 Trabajos futuros.....	78
Bibliografía .....	80
Anexos .....	84
A. Cronograma del Proyecto:.....	84



## Índice de Figuras

Figura 1. Crecimiento del PBI anual del Perú (en %). En la parte inferior se muestra el año, y en la parte izquierda, el porcentaje en el cual aumentó el PBI dicho año. Imagen de autoría propia. ....	1
Figura 2. Imágenes de la plataforma web y el aplicativo móvil de Beetrack. Imagen recuperada de la página oficial de Beetrack (s.f.). ....	19
Figura 3. Imágenes de la aplicación de escritorio y la aplicación móvil de WiseTrack. Imagen recuperada de la página oficial de WiseTrack (s.f.).....	20
Figura 4. Modelo del proceso de transporte. Imagen de autoría propia. ....	25
Figura 5. Diagrama de despliegue. Imagen de autoría propia. ....	28
Figura 6. Diagrama de actores. Imagen de autoría propia. ....	29
Figura 7. Diagrama de casos de uso. Imagen de autoría propia. ....	30
Figura 8. Modelo de la base de datos. Imagen de autoría propia.....	43
Figura 9. Barra lateral y ejemplos de los botones a usarse. Imagen de autoría propia. ....	45
Figura 10. Interfaz del login del sistema web. Imagen de autoría propia. ....	46
Figura 11. Interfaz de lista de clientes. Imagen de autoría propia. ....	47
Figura 12. Interfaz de detalle de cliente. Imagen de autoría propia.....	48
Figura 13. Interfaz de lista de ubicaciones de entrega. Imagen de autoría propia. ....	49
Figura 14. Interfaz de detalle de ubicación de entrega. Imagen de autoría propia. ....	50
Figura 15. Interfaz de lista de transportistas. Imagen de autoría propia. ....	51
Figura 16. Interfaz de detalle de transportista. Imagen de autoría propia.....	52
Figura 17. Interfaz de lista de empresas de transporte. Imagen de autoría propia.....	53
Figura 18. Interfaz de detalle de empresa de transporte. Imagen de autoría propia. ....	54
Figura 19. Interfaz de lista de vehículos. Imagen de autoría propia. ....	55
Figura 20. Interfaz de detalle de vehículo. Imagen de autoría propia.....	56
Figura 21. Interfaz de lista de pedidos. Imagen de autoría propia. ....	57
Figura 22. Interfaz de detalle de pedido. Imagen de autoría propia. ....	58
Figura 23. Interfaz de lista de productos. Imagen de autoría propia.....	59
Figura 24. Interfaz para importar archivos de MS Excel. Imagen de autoría propia.....	60
Figura 25. Interfaz de lista de usuarios. Imagen de autoría propia. ....	61

Figura 26 Interfaz de detalle de usuario. Imagen de autoría propia.....	62
Figura 27. Interfaz de lista de órdenes de despacho. Imagen de autoría propia. ....	63
Figura 28. Interfaz de detalle de orden de despacho. Imagen de autoría propia.....	64
Figura 29. Interfaz de asignación de órdenes de despacho. Imagen de autoría propia. ....	65
Figura 30. Interfaz de monitoreo de vehículos. Imagen de autoría propia. ....	66
Figura 31. Interfaz de seguimiento de órdenes de despacho. Imagen de autoría propia. ....	67
Figura 32. Interfaz del login del aplicativo móvil. Imagen de autoría propia. ....	68
Figura 33. A la izquierda, interfaz de selección de orden para el registro de observaciones o el cambio de estado. A la derecha, detalle de una orden. Imagen de autoría propia. ....	69
Figura 34. Interfaz para el cambio de estado o el registro de una observación a una orden. Imagen de autoría propia. ....	70
Figura 35. Interfaz donde se señala la ruta generada por el algoritmo. Imagen de autoría propia. ....	71
Figura 36. Modelo de guía de remisión. Imagen de autoría propia. ....	72

## Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación de los resultados entre el algoritmo recocido simulado y el algoritmo genético después de aplicar el operador de mejora local. Extraído de A. Van Breedam (1996).....	22
Tabla 2. Resultados de la aplicación de optimización por colonia de hormigas (tanto simple como múltiple) para el problema de enrutamiento de vehículos. Extraído de Bell & McMullen (2004).....	23

## Capítulo 1. Generalidades

### 1.1 Problemática

A lo largo de los últimos años se ha podido observar que la economía del Perú, después de un período de aumento acelerado, llegó a ser una de las economías de la región de más rápido crecimiento económico, con un promedio de 5.9% de crecimiento del PBI anual en el período del 2006 al 2015, en un entorno de baja inflación, promediando 2.9% en el mismo período. Un entorno externo favorable, políticas macroeconómicas prudentes y reformas estructurales son probablemente la causa de dicho crecimiento acelerado (The World Bank, 2017). No obstante, en los últimos cuatro años dicho crecimiento ha disminuido un poco, como se puede observar en el siguiente gráfico de crecimiento anual del PBI del Perú (International Monetary Fund, 2017):

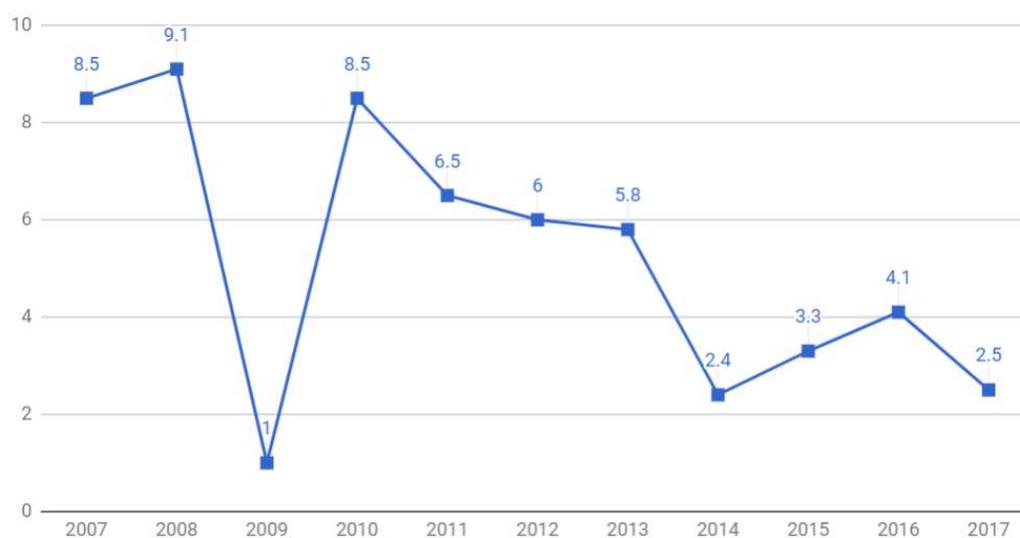


Figura 1. Crecimiento del PBI anual del Perú (en %). En la parte inferior se muestra el año, y en la parte izquierda, el porcentaje en el cual aumentó el PBI dicho año. Imagen de autoría propia.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe estima el crecimiento del PBI del Perú del 2018 en 3.6%, basándose en el incremento del gasto en obra pública (Diario Gestión, 2018).

En este contexto, según el reporte de estructura empresarial del Perú del 2016 emitido por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, sólo el 0.6% de las empresas en el Perú se categorizan como gran o mediana empresa (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, 2017). Sin embargo, pese a que la cantidad de pequeñas y micro empresas es mucho mayor al de

empresas grandes, los ingresos registrados por las pequeñas, medianas y micro empresas en el año 2012 sólo representaron el 20.7% de las ventas totales del país (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, 2013).

Una de las actividades relacionadas a las ventas es la actividad de transporte. El transporte es la parte de la actividad económica ocupada de incrementar la satisfacción humana cambiando la ubicación geográfica de bienes o personas (Benson & Whitehead, 2013). Siendo esta actividad parte de la cadena de valor de Porter, como parte de las operaciones de logística de entrada o logística de salida, las empresas con necesidades de transporte deben garantizar la eficacia y la eficiencia de sus procesos de transporte para maximizar la satisfacción de sus clientes y alcanzar una ventaja competitiva (Porter, 2008).

La actividad de transporte y distribución de mercancía también está sometida a riesgos, tanto de carácter natural como de carácter humano (Zimmerman, 2012). Estos riesgos para el desempeño adecuado de la actividad pueden incurrir en costos adicionales que la empresa tendría que asumir, así como retrasar en gran medida el proceso. Según el calendario de riesgos emitido por el Instituto Nacional de Defensa Civil, entre los peligros más comunes que pueden ocurrir en el Perú se encuentran los terremotos, los huaicos, la actividad volcánica, entre otros (Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú., s.f.). Estos peligros podrían ocasionar un alto impacto en el desarrollo de la actividad de transporte, por ejemplo, causando daños en las carreteras, lo cual retrasaría las entregas e impediría el desempeño normal de la actividad, en el caso del transporte en la vía terrestre (Periódico Perú21, 2017). Además de los peligros de carácter natural, están también peligros de carácter humano como la seguridad de los vehículos, los cuales pueden ser asaltados (Diario Gestión, 2018). Dichos asaltos conllevarían pérdidas económicas a las empresas afectadas.

El monitoreo de carga, pese a no disminuir considerablemente la probabilidad de ocurrencia de estas amenazas, provee información valiosa acerca de la posición geográfica de la carga en un momento determinado, facilitando con esto la respuesta en tiempo real ante disrupciones que pueda haber en la cadena de aprovisionamiento (Burges, 2012). Mediante esto se buscaría minimizar el impacto que cualquier retraso incurrido tendría en la satisfacción del cliente. Gracias a la tecnología móvil con la que se cuenta hoy en día, es posible realizar el monitoreo con facilidad, debido a que la mayor parte de los modelos de *smartphones* distribuidos

en la actualidad cuentan con un receptor GPS. En el 2016, en Lima Metropolitana, el 93.3% de los hogares tenían al menos un miembro que poseyera teléfono celular, por lo que contar con un receptor GPS no debería representar una dificultad (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, s.f.). Asimismo, permite el uso de aplicativos móviles que puedan proveer funcionalidades adicionales además del monitoreo, facilita el cambio de un chofer de un vehículo a otro, e involucra un menor costo para la empresa. El problema principal, sin embargo, sería la necesidad de que el *smartphone* cuente con una conexión a internet para poder registrar su ubicación.

Otro peligro que puede considerarse y que es más fácil de controlar es los desvíos que podrían realizar los transportistas para llevar carga de otras empresas, atender algún trabajo adicional que esté realizando como tercero, u otro interés personal. Estos desvíos podrían ocasionar que el transportista no llegue a tiempo a su destino. Mediante el monitoreo de carga se puede garantizar que el transportista se mantenga dirigido hacia su destino, ya que, de no hacerlo, se podría tomar la medida de no contratar a dicho transportista nuevamente. Otro beneficio que las empresas buscarían obtener también, mediante el monitoreo, sería la capacidad de responder ante accidentes de tránsito. Esto puede darse porque, en el Perú, el transporte de carga es una actividad realizada informalmente, habiendo señales de incumplimiento de las normas de tránsito, así como niveles de seguridad precarios (Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria, 2013).

Las empresas grandes de transporte, las cuales son aquellas a las que se buscará dar soporte mediante el proyecto de fin de carrera, tienen la particularidad de requerir entregas programadas en fechas exactas, por lo que surge también la necesidad de agrupar las entregas de forma eficiente, minimizando los tiempos entre entrega y entrega para reducir costos. Similarmente, también se busca disminuir el tiempo que toma el vehículo en repartir dicha carga, desde que sale del almacén hasta que regresa. La gran cantidad de aplicaciones en el mundo real han demostrado que los usos de soluciones computarizadas para resolver problemas de enrutamiento de vehículos traen ahorros sustanciales en los costos de transporte a nivel global (Toth & Vigo, 2014). Del mismo modo, el problema del camino más corto es también un problema importante que considerar, dado que una de sus aplicaciones es el de sistemas de navegación de vehículos (Ortega-Arranz, Llanos, & Gonzalez-Escribano, 2014). Estos problemas pueden ser resueltos

computacionalmente mediante algoritmos, ya sean algoritmos exactos, heurísticas o metaheurísticas.

Las entregas realizadas satisfactoriamente en las fechas y horas acordadas incrementan el nivel de satisfacción de los clientes, al permitir mejorar el rendimiento del comprador, generando con esto valor para el comprador (Porter, 2008). Es por esto que un sistema que contribuya al desarrollo adecuado de la actividad de transporte y que propicie que las entregas se realicen adecuadamente y a tiempo puede ser una valiosa herramienta competitiva para la empresa que lo utilice. Entre la funcionalidad adicional que el sistema podría proveer estaría también la capacidad de consultar si una entrega se realizó a tiempo o no, si es que una parte o la totalidad fue devuelta, o si se realizó completamente por lo que podría darse inicio a la facturación de la entrega respectiva.

De todo lo anteriormente mencionado, se puede observar que una falta de información en tiempo real de las unidades de transporte, así como la inadecuada programación de las entregas, puede ocasionar potenciales demoras en la entrega de la mercadería.

El presente proyecto de fin de carrera busca dotar al personal de información de utilidad al personal de gestión de la empresa, permitiéndole dar seguimiento a los transportistas con la finalidad de minimizar gastos innecesarios o demoras; además, también, proveyendo a los transportistas una aplicación que le permita generar rutas adecuadas para realizar las entregas, así como el orden en el que estas deban realizarse. Se busca que, finalmente, todo esto contribuya a generar satisfacción en los clientes.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema que permita administrar y monitorear unidades de transporte de mercadería, asignar las órdenes de despacho a los choferes y vehículos, y generar rutas para la navegación en las carreteras del país.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- O 1. Implementar una aplicación que permita asignar las órdenes de despacho a los choferes de manera que minimice los tiempos de entrega.

- O 2. Implementar una aplicación que genere y muestre rutas adecuadas para la navegación de las unidades de transporte, minimizando los tiempos de entrega.
- O 3. Desarrollar una aplicación que permita el monitoreo en tiempo real de las unidades de transporte, mostrando las ubicaciones de los vehículos en tiempo real.

### 1.2.3 Resultados esperados

Para el primer objetivo específico (O1):

- R 1. Documento de análisis y diseño de la aplicación para asignación de órdenes de despacho.
- R 2. Aplicación para asignar las órdenes de despacho.

Para el segundo objetivo específico (O2):

- R 3. Documento de análisis y diseño de la aplicación generadora de rutas.
- R 4. Aplicación generadora de rutas.

Para el tercer objetivo específico (O3):

- R 5. Documento de modelo del proceso de despacho.
- R 6. Documento de análisis y diseño de la aplicación de monitoreo, incluyendo el diagrama de arquitectura.
- R 7. Servidor de la aplicación de monitoreo.
- R 8. Cliente móvil de la aplicación de monitoreo para los choferes.
- R 9. Cliente web de la aplicación de monitoreo para el administrador.

### 1.2.4 Mapeo de objetivos, resultados y verificación

<b>Objetivo:</b> Implementar una aplicación que permita asignar las órdenes de despacho a los choferes de manera tal que minimice los tiempos de entrega.		
<b>Resultado</b>	<b>Meta física</b>	<b>Medio de verificación</b>
Documento de análisis y diseño de la aplicación para asignación de órdenes de despacho.	Documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juicio experto. Se verificará que el documento cubra lo necesario de acuerdo al modelo del proceso planteado.</li> <li>- Documento que contiene todos los escenarios considerados para la asignación de despachos.</li> </ul>
Aplicación para asignar las órdenes de despacho.	Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas unitarias. Se verificará que el sistema sea capaz de</li> </ul>

		<p>asignar despachos de manera eficiente, de forma tal que se busque minimizar los tiempos de entrega.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documento donde se desarrolla el algoritmo a utilizarse.</li> </ul>
<p><b>Objetivo:</b> Implementar una aplicación que genere y muestre rutas adecuadas para la navegación de las unidades de transporte en la red de carreteras, minimizando los tiempos de entrega.</p>		
<b>Resultado</b>	<b>Meta física</b>	<b>Medio de verificación</b>
Documento de análisis y diseño de la aplicación generadora de rutas.	Documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validación con un experto. Se verificará que el documento cubra lo necesario de acuerdo al modelo del proceso planteado.</li> <li>- Documento que contiene todos los escenarios considerados para la generación de rutas.</li> </ul>
Aplicación generadora de rutas.	Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas unitarias. Se verificará que la aplicación sea capaz de generar rutas de forma tal que se minimice la distancia recorrida en la red de carreteras.</li> </ul>
<p><b>Objetivo:</b> Desarrollar una aplicación que permita el monitoreo en tiempo real de las unidades de transporte, registrando y mostrando las ubicaciones de los vehículos en tiempo real.</p>		
<b>Resultado</b>	<b>Meta física</b>	<b>Medio de verificación</b>
Documento de modelo del proceso.	Modelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validación con un experto. Se verificará que el documento esté acorde al proceso de una empresa real.</li> </ul>
Documento de análisis y diseño de la aplicación de monitoreo.	Documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validación con un experto. Se verificará que el documento cubra lo necesario de acuerdo al modelo del proceso planteado.</li> </ul>
Servidor de la aplicación de monitoreo.	Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas unitarias. Se verificará que la aplicación sea capaz de recibir las señales de los clientes para monitorear su ubicación.</li> </ul>

Cliente móvil de la aplicación de monitoreo para los choferes.	Software	- Pruebas unitarias. Se verificará que la aplicación sea capaz de reportar su ubicación al servidor sin problemas. Se verificará que el acceso sea mediante cuenta de usuario, y contraseña.
Cliente web de la aplicación de monitoreo para el administrador.	Software	- Pruebas unitarias. Se verificará que la aplicación sea capaz de mostrar las ubicaciones de los vehículos sin problemas. Se verificará que el acceso sea mediante cuenta de usuario, y contraseña.

### 1.3 Herramientas y Métodos

Resultado Esperado	Herramientas y metodologías
Documento de análisis y diseño de la aplicación para asignación de órdenes de despacho.	StarUML Extreme Programming
Aplicación para asignar las órdenes de despacho.	Python Django Extreme Programming PostgreSQL Algoritmo GRASP
Documento de análisis y diseño de la aplicación generadora de rutas.	StarUML Extreme Programming
Aplicación generadora de rutas.	Python Django Extreme Programming PostgreSQL Google Maps APIs
Documento de modelo del proceso.	Bizagi BPM Modeler
Documento de análisis y diseño de la aplicación de monitoreo.	StarUML Extreme Programming
Servidor de la aplicación de monitoreo.	Python Django

	Extreme Programming PostgreSQL
Cliente móvil de la aplicación de monitoreo para los choferes.	Java Android Studio Extreme Programming Google Maps APIs
Cliente web de la aplicación de monitoreo para el administrador.	Python Django Leaflet Gentelella Alela Extreme Programming

### 1.3.1 Herramientas:

- StarUML:

Herramienta para la elaboración de diagramas acorde al lenguaje de modelado UML (StarUML, s.f.). Se utilizará esta herramienta para elaborar los diagramas que se van a utilizar debido a que es gratuita, se es familiar con ella, y porque se considera importante el diagramado adecuado de los principales componentes del software a desarrollarse.

- Bizagi BPMN Modeler:

Herramienta para el modelado de procesos de acuerdo a la notación BPMN (Bizagi, s.f.). Se utilizará esta herramienta para el modelado del proceso de transporte de la empresa debido a que es gratuita, se es familiar con ella, y a que el proceso debe estar claramente establecido para evitar complicaciones ocasionadas por un mal entendimiento del proceso a soportarse con el software que se va a desarrollar.

- Python:

Lenguaje de programación interpretado y orientado a objetos. Se utilizará este lenguaje para la implementación del sistema web para la asignación de las órdenes de despacho y el monitoreo de las unidades de transporte debido a su simplicidad, su facilidad de aprendizaje, su legibilidad, y su soporte para el uso de paquetes y módulos (Python,s.f.).

- **Django:**

Marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones web en Python (Django, s.f.). Se utilizará este marco de trabajo para la implementación del sistema web para la asignación de las órdenes de despacho y el monitoreo de las unidades de transporte debido a que se cuenta con experiencia anterior con la herramienta, así como debido a que funciona sobre Python, que es el lenguaje que se usará.
- **PostgreSQL:**

Sistema de administración de bases de datos relacionales. Se utilizará para almacenar los datos relativos a las unidades de transporte que se va a monitorear, así como otra información como la de los clientes que se van a atender. También se utilizará esta herramienta debido a que es de uso gratuito, y a que emplea el lenguaje SQL (PostgreSQL, s.f.).
- **Java:**

Lenguaje de programación orientado a objetos (Gosling, Joy, Steele, Bracha, & Buckley, 2015). Se utilizará este lenguaje para implementar el cliente móvil de la aplicación de monitoreo debido a que se tiene experiencia implementando aplicaciones móviles con dicho lenguaje.
- **Android Studio:**

Entorno integrado de desarrollo para la construcción de aplicaciones móviles para el sistema operativo Android (Android Studio, s.f.). Se utilizará para desarrollar el cliente móvil de la aplicación de monitoreo debido a que es gratuito y a que se tiene experiencia previa implementando aplicaciones móviles en dicho entorno.
- **Algoritmo GRASP:**

GRASP es una metaheurística para resolver problemas de optimización combinatoria. Cada iteración consiste de dos fases: construcción y búsqueda local. La fase de construcción arma una solución factible de forma tanto voraz como aleatoria. Durante la fase de búsqueda local, se explora su vecindad en búsqueda de un óptimo local. El proceso se repite varias veces para encontrar soluciones sucesivamente mejores (Resende & Ribeiro, 2016).

- **Google Maps APIs:**

Conjunto de herramientas para colocar Google Maps en páginas web, o extraer información de Google Maps (Google, s.f.). Se utilizará en el aplicativo móvil para mostrar las unidades de transporte en la red de carreteras, para la obtención de las rutas, y para calcular las distancias entre los puntos de entrega para la programación de los despachos debido a que se puede usar gratuitamente hasta una cierta cantidad de consultas al día, y a que cuenta con una amplia cantidad de funcionalidades que pueden ser útiles para el sistema.
- **Leaflet:**

Librería en JavaScript de código abierto que permite mostrar mapas interactivos (Leaflet, s.f.). Se utilizará en la página web para mostrar las ubicaciones de las unidades de transporte que estén atendiendo alguna orden de despacho debido a que es de uso completamente gratuito, y a que se cuenta con experiencia previa utilizando Leaflet en páginas web.
- **Gentelella Alela:**

Es una plantilla de uso libre que incorpora diversas librerías y *plugins* para el diseño de interfaces web de administración (Colorlib, s.f.). Se utilizará como base para el diseño de las interfaces del cliente web debido a que es de uso gratuito, y a que implementa varios controles que podrían resultar útiles para la creación de interfaces web.

### 1.3.2 Metodologías:

- **Extreme Programming:**

Metodología de desarrollo que promueve ciclos de desarrollo cortos y un enfoque incremental y evolutivo en cuanto al planeamiento, lo cual resulta en retroalimentación concreta y continua (Beck & Andres, 2005). Dada la gran cantidad de prácticas que considera Extreme Programming, de las cuales no muchas pueden aplicarse a proyectos desarrollados por una sola persona, sólo se utilizarán algunos elementos de Extreme Programming, como la ejecución constante de pruebas, la simplicidad de código, priorizando que se produzca código funcional, y el desarrollo en iteraciones cortas.

## 1.4 Alcance y limitaciones

### 1.4.1 Alcance

El presente proyecto de fin de carrera se enfocará en el desarrollo de un sistema de información que permita el monitoreo de las unidades de transporte, la gestión de la información necesaria para la asignación adecuada de los despachos a los transportistas, y asistencia a los transportistas mediante la generación de rutas, esto último utilizando algoritmos metaheurísticos.

- El sistema contará con las siguientes funcionalidades:
- El sistema permitirá realizar el mantenimiento de los clientes, sus ubicaciones de entrega, las empresas de transporte, los choferes, los vehículos, y los usuarios.
- El sistema permitirá importar la información de pedidos y productos.
- El sistema permitirá crear órdenes de despacho para atender total o parcialmente a un pedido.
- El sistema permitirá la asignación tanto manual como automatizada de las órdenes de despacho a los choferes y vehículos que los van a despachar.
- El sistema permitirá mostrar en un mapa la ubicación en tiempo real de las unidades de transporte que se encuentren realizando entregas, mediante una interfaz web.
- El sistema permitirá mostrar la lista de las órdenes de despacho atendidas en cualquier rango de fechas.
- El sistema permitirá mostrar rutas a los transportistas para realizar los despachos, mediante un aplicativo móvil.
- El sistema permitirá que el transportista marque el despacho que está realizando como realizado, mediante un aplicativo móvil.

El sistema contará con una parte basada en web, y otra parte como aplicativo móvil. Además, se hará uso de los *smartphones* de los transportistas que serán monitoreados, así como de la tecnología GPS.

## 1.4.2 Limitaciones

Las limitaciones del presente proyecto de fin de carrera son:

- Se limitará el peso y volumen máximo que puedan transportar los vehículos acorde a una capacidad máxima de cada camión.
- No se considerará el orden en el que los productos se ingresarán al camión, o la posición en la que serán ingresados.
- No se diferenciará por tipo de producto, solo se considerará volumen y peso de cada producto.
- El aplicativo móvil sólo funcionará mediante una conexión a internet. Debido a esto, solo se podrá mostrar en pantalla la información actualizada de los equipos que se encuentren conectados a internet.
- No se considerará la densidad del tránsito para la generación de las rutas, ni vías bloqueadas por motivos extraordinarios.

## 1.5 Viabilidad

### 1.5.1 Viabilidad Técnica

Se cuenta con experiencia previa utilizando la mayor parte de las herramientas que se utilizarán para el desarrollo de este proyecto de fin de carrera. Para el resto de las herramientas, las cuales son las referentes a la elaboración de documentos, no se considera que habrá problema para su aprendizaje, debido a que todas las herramientas elegidas cuentan con una amplia variedad de tutoriales y guías en línea.

En cuanto a las prácticas de Extreme Programming que se utilizarán, no se considera que habrá alguna dificultad en su uso, dado que ya se cuenta con experiencia previa trabajando con estas prácticas.

Asimismo, gracias a la difusión que tienen los *smartphones* hoy en día, es posible utilizar fácilmente el receptor GPS que trae incorporado para realizar el monitoreo, en lugar del GPS colocado por el seguro en el vehículo, el cual requeriría un costo adicional asociado.

### 1.5.2 Viabilidad Temporal

Se considera que el tiempo disponible para implementar el sistema es suficiente, dado que el sistema no es excesivamente extenso. Se iniciará la ejecución del proyecto antes de iniciar el curso de Proyecto de Tesis 2. Se incluye el cronograma del proyecto en los anexos.

### 1.5.3 Viabilidad Económica

Dado que las herramientas a usarse son todas gratuitas, y a que se cuenta con los equipos necesarios para probar el funcionamiento del sistema (incluyendo un teléfono móvil y un equipo donde montar la base de datos), este proyecto de fin de carrera podrá llevarse a cabo sin dificultades, sin que sea necesaria ninguna inversión mayor para su desarrollo. De haber un cambio en los términos de uso o en los precios de las licencias de las APIs a usarse, será necesario decidir entre asumir el costo, de ser éste aceptable, o cambiar de API.

## 1.6 Riesgos

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Severidad	Medida de Contingencia
Mal modelo del proceso, o errores en los requisitos.	Medio	Baja	Baja	Validación continua de las iteraciones con un experto en el campo para poder realizar las correcciones necesarias conforme se detecten.
Pérdida de los avances realizados en el proyecto.	Alto	Baja	Media	Respaldo constante de los avances en un sistema de almacenamiento en la nube.
Complicaciones debido a cambios en los términos de uso o en los precios de las licencias de las APIs a usarse.	Alto	Baja	Media	Cambiar el API a ser usado.

Matriz de probabilidad-impacto utilizada:

	Impacto bajo	Impacto medio	Impacto alto
Probabilidad alta	Severidad media	Severidad alta	Severidad alta
Probabilidad media	Severidad baja	Severidad media	Severidad alta
Probabilidad baja	Severidad baja	Severidad baja	Severidad media



## **Capítulo 2. Marco Conceptual**

El objetivo del siguiente marco conceptual es el de definir aquellos conceptos que han sido tocados en la problemática, con la finalidad de dar más detalle a la situación descrita en la problemática.

### **2.1 Empresa grande**

Una empresa grande es, según el Decreto Supremo N° 013-2013-PRODUCE, aquella empresa cuyas ventas anuales superen el límite de 2300 UITs (Diario El Peruano, 2013). Las empresas grandes, junto a las empresas medianas (aquellas empresas cuyas ventas anuales están entre 1700 UITs y 2300 UITs), forman el 0.6% del total de empresas del Perú según el reporte de estructura empresarial del Perú del 2016 emitido por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, 2017).

### **2.2 Transporte de mercadería**

El transporte es la parte de la actividad económica ocupada de incrementar la satisfacción humana cambiando la ubicación geográfica de bienes o personas (Benson & Whitehead, 2013). Se define el transporte de mercadería como la manera de acarrear y llevar bienes (Lowe, 2002).

### **2.3 Orden de entrega**

Una orden de entrega, u orden de despacho, es un documento que detalla las instrucciones para la entrega de un conjunto de bienes a un recipiente consignado (Lowe, 2002). Es decir, una orden de entrega detalla principalmente qué bienes deben ser entregados, en qué cantidad, a quién se le debe entregar, y dónde y cuándo se realiza la entrega, entre otros datos.

### **2.4 Riesgo**

Es la estimación matemática de la relación entre las consecuencias de un determinado peligro respecto a la probabilidad de que dicho peligro se materialice en un accidente. Un peligro es una ocurrencia potencialmente dañina que puede ser de carácter natural o humano (Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú., s.f.).

## **2.5 Satisfacción del cliente**

La satisfacción del cliente es la medida del rendimiento de la organización como un producto total en relación a un conjunto de requerimientos específicos al cliente. Para una correcta medida de la satisfacción del cliente, primero se deben determinar dichos requerimientos de los clientes (Hill & MacDougall, 2017). Entre los requerimientos habituales considerados por las empresas grandes, se encuentra la necesidad de recibir sus entregas en fechas exactas.

## **2.6 Monitoreo de carga**

El monitoreo activo de la carga consiste en realizar seguimiento a la posición de la carga que se está transportando para ser capaz de reaccionar en tiempo real en caso hayan interrupciones en la cadena de aprovisionamiento, así como recuperar la carga en caso de un robo. Para lograr una apropiada cobertura mediante el monitoreo activo de la carga se debe identificar la carga asociada con el dispositivo de seguimiento que provea la ubicación (Burges, 2012).

## **2.7 GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de navegación satelital desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en la década de 1970. GPS provee posicionamiento continuo a lo largo de todo el globo. Con un receptor GPS conectado a una antena GPS, un usuario puede recibir las señales GPS, las cuales pueden ser usadas para determinar su posición en cualquier parte del mundo. Actualmente, GPS está disponible a todos los usuarios del mundo, sin ningún costo directo (El-Rabbany, 2002).

## **2.8 Programación de entregas**

Programar operaciones que involucren múltiples vehículos despachados desde un centro de entrega para entregar bienes a numerosas ubicaciones. Entre los objetivos de un sistema de programación de entregas están: la reducción de los costos mediante el uso eficiente del personal y los vehículos, mejorar el servicio brindado al cumplir los plazos de entrega, generación rápida de un programa de entregas sin necesidad de contar con humanos expertos, y generación de programas de entregas de larga escala dentro de una ventana de tiempo práctica (Sawamoto, Tsuji, & Koizumi, 2002).

## **2.9 Problema de enrutamiento de vehículos**

Es el problema en el que, dada una flota de vehículos y un conjunto de solicitudes de transporte, se debe determinar el conjunto de rutas de vehículos que deben realizarse para satisfacer todas las solicitudes al costo mínimo, es decir, determinar qué vehículo atenderá qué solicitudes en qué orden de forma tal que todas las rutas puedan ser ejecutadas factiblemente (Toth & Vigo, 2014).

## **2.10 Problema del camino más corto**

Es un problema que consiste en, dado un grafo determinado, encontrar el camino más corto entre un nodo tomado como punto de partida, hacia otro nodo del grafo tomado como punto de llegada. Debido al alto costo computacional de resolver dicho problema, se suelen usar heurísticas que no garanticen optimalidad, pero entreguen una solución al problema aproximada a la óptima, a mayor velocidad (Ortega-Arranz, Llanos, & Gonzalez-Escribano, 2014).

## **2.11 Algoritmo**

Un algoritmo es un procedimiento especificado paso a paso para la resolución de todas las instancias de un determinado problema. Si para un problema determinado existe un algoritmo capaz de determinar la solución para cualquier instancia de dicho problema, se dice que aquel algoritmo resuelve el problema (Neapolitan & Naimipour, 2011).

## **2.12 Heurística**

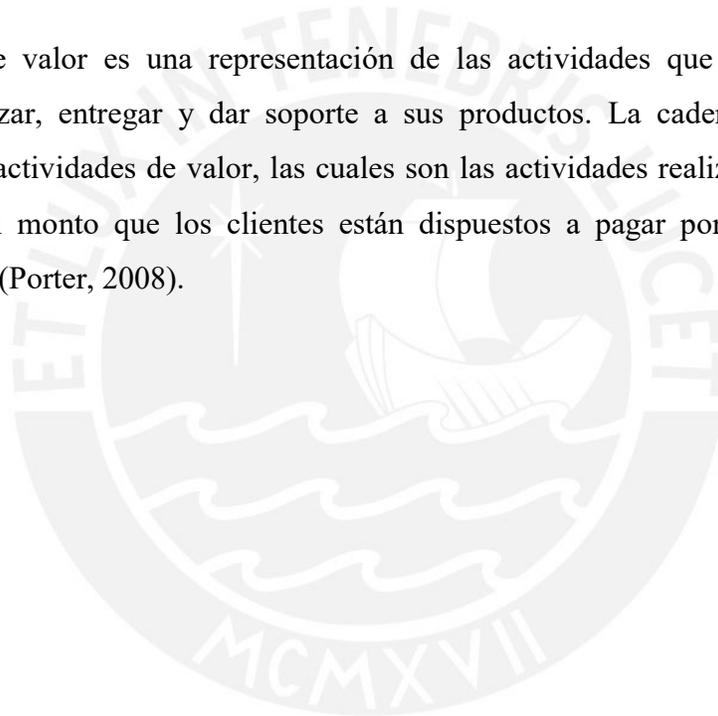
Los métodos heurísticos son aquellos que, en contraposición con los métodos exactos que garantizan dar una solución óptima al problema, sólo intentan entregar una solución buena, aunque no necesariamente sea la óptima. No obstante, el tiempo tomado por el método exacto para encontrar una solución óptima a un problema, si es que dicho método existiera, es usualmente de una magnitud mayor que el que tomaría el método heurístico. Ejemplos de heurísticas son la mejora k-opt y el algoritmo de Kernighan-Lin (Martí & Reinelt, 2011).

### **2.13 Metaheurística**

Una metaheurística es un proceso de generación iterativa que guía una heurística subordinada mediante la combinación inteligente de diferentes conceptos para explorar y explotar los espacios de búsqueda utilizando estrategias de aprendizaje para estructurar la información con la finalidad de encontrar soluciones casi óptimas eficientemente. Ejemplos de metaheurísticas son los algoritmos genéticos, el recocido simulado, y la búsqueda tabú (Osman & Kelly, 1996).

### **2.14 Cadena de valor de Porter**

La cadena de valor es una representación de las actividades que son realizadas para diseñar, comercializar, entregar y dar soporte a sus productos. La cadena de valor muestra principalmente las actividades de valor, las cuales son las actividades realizadas por la empresa que incrementan el monto que los clientes están dispuestos a pagar por el producto que la empresa les provee (Porter, 2008).



## Capítulo 3. Estado del Arte

La necesidad de garantizar que las entregas lleguen correctamente y a tiempo a su destino ha llevado a las personas a crear y evaluar numerosas propuestas para prevenir retrasos que puedan ocurrir durante el proceso. Se hará una revisión del estado del arte, y el método que se usará es el método tradicional de revisión de estado del arte. El tema que se revisará es el de sistemas existentes para el monitoreo de carga y algoritmos para la solución del problema de enrutamiento de vehículos (VRP). Esto con el objetivo de averiguar qué características poseen las herramientas de monitoreo de carga que existen en el mercado, determinar funcionalidades nuevas que se puedan ofrecer, y encontrar maneras eficientes de resolver los problemas de optimización que serán abordados en el sistema. Se consultará el metabuscador de Google, así como la base de datos de publicaciones de Springer.

### 3.1 Revisión y discusión

#### 3.1.1 Beetrack

Beetrack es una herramienta comercial que permite asignar, controlar, y gestionar la trazabilidad de vehículos de carga a medida que realizan las entregas en tiempo real, permitiendo, entre otras cosas además, optimizar las rutas de entregas asignando responsables, horas, y número de entregas, y generar estadísticas en base a la información de los despachos realizados. Es decir, permite conocer las ubicaciones de los vehículos gestionados a lo largo de sus rutas (Beetrack, s.f.). Se observó que el uso del teléfono celular del transportista para el monitoreo hacía que dicho monitoreo sea más económico y sencillo respecto al uso del GPS del vehículo, por lo que se usará dicho método para el monitoreo de los vehículos en este proyecto de fin de carrera.

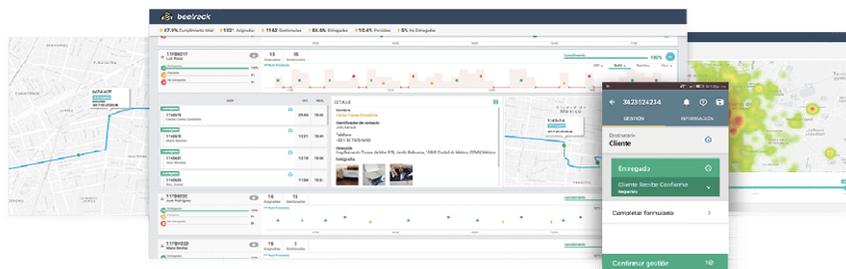


Figura 2. Imágenes de la plataforma web y el aplicativo móvil de Beetrack. Imagen recuperada de la página oficial de Beetrack (s.f.).

### 3.1.2 WiseTrack

WiseTrack es un sistema de monitoreo de activos. Utilizando la tecnología RFID (tecnología que permite identificar etiquetas adheridas a objetos) y códigos de barras, permite monitorear la ubicación de cualquier activo. Ofrece una serie de funcionalidades relacionadas, como alertas asociadas a la demora de determinado activo, manejo de inventarios, administración de flotas, programación de despachos, estadísticas, entre otros. Funciona principalmente como una aplicación de escritorio, pero se puede utilizar también un servidor web o una aplicación móvil (WiseTrack, s.f.). Al igual que WiseTrack, se implementará la funcionalidad de asignación de entregas en este proyecto de fin de carrera.



Figura 3. Imágenes de la aplicación de escritorio y la aplicación móvil de WiseTrack. Imagen recuperada de la página oficial de WiseTrack (s.f.).

### 3.1.3 Aplicación de RFID y GPS para el Aseguramiento de la Seguridad del Transporte de la Carga

El sistema tratado en este estudio es una herramienta de seguridad que utiliza las tecnologías RFID y GPS para identificar a los conductores y monitorear la integridad de la carga transportada. El sistema utiliza la base de datos de la Oficina de Aduanas y Protección fronteriza de Estados Unidos conocida como el Entorno Comercial Automatizado (Automated Commercial Environment, ACE). El sistema permite la evaluación de sellos electrónicos colocados para asegurar la carga tanto en el momento en el que el vehículo es cargado hasta que llega a su destino. Además, mediante la tecnología GPS se puede conocer la posición en la cual se ubica la carga en tiempo real (Zhang, 2013).

### **3.1.4 Waze**

Waze es una aplicación de navegación basado en comunidad para generar rutas óptimas en una red de carreteras. La aplicación utiliza información registrada por otros usuarios para identificar caminos que podrían ser perjudiciales para generar rutas óptimas en tiempo, y alertar a sus usuarios a evitar dichos caminos. El uso de la comunidad de usuarios para actualizar la información relevante con agilidad es lo que hace de Waze una herramienta potente para generar rutas óptimas en tiempo (en lugar de distancia) (Waze, s.f.).

### **3.1.5 Algoritmo de Etiquetado Basado en Ejes Para Encontrar los Caminos más Cortos en Redes de Carreteras**

El algoritmo de etiquetado es un algoritmo exacto que, para agilizar consultas referentes al camino más corto en una red de carreteras de tamaño continental, en una etapa de preprocesamiento genera, para cada vértice, una etiqueta hacia adelante y una etiqueta reversa. Cada etiqueta consiste en un conjunto de vértices con sus respectivas distancias desde (en el caso de la etiqueta hacia adelante) o hacia (en el caso de la etiqueta reversa). El etiquetado se considera válido si es que para todo par de vértices, al menos uno de los vértices que contiene el camino más corto desde el vértice de origen hasta el vértice de llegada se encuentra contenido en la intersección de la etiqueta hacia adelante del vértice de origen y la etiqueta reversa del vértice de destino. Al realizar una consulta para encontrar el camino más corto entre dos vértices, entonces, se tendría que buscar, entre todos los vértices contenidos en la intersección mencionada, aquel que minimice la suma de distancias desde el origen hasta él, y desde él hasta el destino. Pese a ser eficiente, teóricamente, es impráctico para redes de carreteras de tamaño continental, debido a que el preprocesamiento podría ser muy lento, y el uso de memoria, excesivo. La implementación basada en ejes, por tanto, busca crear una versión más práctica del algoritmo de etiquetado, utilizando conceptos de otros algoritmos para agilizar el preprocesamiento y comprimiendo las etiquetas para reducir el espacio de memoria necesario (Abraham, Delling, Goldberg, & Werneck, 2011).

### **3.1.6 Análisis del Efecto de Operadores de Mejora Local en Algoritmos Genéticos y Recocido Simulado para el Problema de Enrutamiento de Vehículos**

Estudio realizado para analizar el efecto que tenía la implementación de un operador de mejora local para optimizar el rendimiento de metaheurísticas aplicadas al problema de

enrutamiento de vehículos, particularmente los algoritmos genéticos y el recocido simulado. Para este propósito se presentan las propuestas de solución al VRP utilizando dichas metaheurísticas. Para el operador de mejora utilizado, se evalúan cinco tipos de movimientos posibles con la finalidad de encontrar mejores soluciones a la actual. Para concluir el estudio se realizó la comparación del rendimiento entre ambas metaheurísticas, resultando el recocido simulado más efectivo para encontrar soluciones óptimas en poco tiempo, pese a no ser considerablemente afectado por la adición del operador de mejora local (Van Breedam, 1996). Se muestran los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 1: Comparación de los resultados entre el algoritmo recocido simulado y el algoritmo genético después de aplicar el operador de mejora local. En cada celda se detalla el costo total de la solución en la primera línea, seguido del número de rutas de dicha solución (entre paréntesis), y finalmente se coloca en la segunda línea el tiempo de ejecución en un CPU de 486/33 MHz para encontrar dicha solución. Las columnas “Bad Solution” y “Good Solution” señalan las soluciones iniciales que se utilizaron para los algoritmos, “SA” corresponde al resultado del recocido simulado, “GA” corresponde al resultado del algoritmo genético, “LI” corresponde al uso de únicamente el operador de mejora descrito en el estudio, y “TS” corresponde al resultado de una implementación de búsqueda tabú. Extraído de A. Van Breedam (1996).

Problem	Bad Solution	Good solution	SA	GA	LI	TS
1	2562 (10) 3.1	1245 (10) 3.1	1144 (10) 310.0	1145 (10) 2782.0	1158 (10) 56.0	1143 (10) 4120.0
2	2352 (10) 3.1	1703 (10) 24.2	1585 (10) 424.0	1587 (10) 1276.0	1609 (10) 68.0	1580 (10) 384.0
3	2726 (20) 43.0	1781 (20) 0.1	1751 (20) 155.0	1752 (20) 729.0	1756 (20) 138.0	1751 (20) 638.0
4	3094 (20) 10.2	1671 (20) 2.0	1480 (20) 171.0	1478 (20) 665.0	1487 (20) 169.0	1476 (20) 265.0
5	1266 (5) 61.0	1072 (5) 48.2	975 (5) 1413.0	984 (5) 1781.0	1019 (5) 59.0	988 (5) 846.0
6	1436 (5) 49.2	1105 (5) 64.0	978 (5) 2350.0	997 (5) 7093.0	1037 (5) 172.0	984 (5) 2501.0
7	1332 (5) 44.0	1097 (5) 62.1	1024 (5) 952.0	1029 (5) 20638.0	1070 (5) 67.0	1032 (5) 2766.0
8	1593 (7) 18.2	1251 (6) 43.0	1068 (6) 2624.0	1069 (6) 1096.0	1125 (6) 125.0	1067 (6) 823.0
9	2544 (11) 15.1	2089 (11) 4.0	1755 (11) 210.0	1772 (11) 830.0	1852 (11) 72.0	1790 (10) 1181.0
10	1588 (11) 8.0	1202 (11) 4.2	1063 (10) 364.0	1071 (11) 1498.0	1064 (10) 85.0	1045 (10) 669.0
11	1948 (11) 6.2	1386 (11) 29.2	1165 (11) 139.0	1166 (11) 1953.0	1205 (11) 119.0	1160 (10) 2261.0
12	2987 (20) 6.0	2212 (14) 21.0	1616 (11) 234.1	1633 (11) 803.0	1770 (14) 251.0	1678 (14) 381.0
13	2129 (19) 2.1	1235 (12) 2.3	976 (11) 97.0	988 (11) 1498.0	1058 (12) 82.0	989 (12) 349.0
14	3692 (20) 13.2	3011 (16) 2.2	2328 (14) 340.0	2365 (15) 1815.0	2645 (20) 171.0	2337 (16) 1915.0
15	2175 (16) 16.1	1398 (12) 24.2	1103 (12) 103.0	1125 (12) 1072.0	1182 (12) 119.0	1083 (12) 1903.0

### 3.1.7 Técnicas de Optimización por Colonia de Hormigas para el Problema de Enrutamiento de Vehículos

El estudio presenta la implementación de una metaheurística de optimización por colonia de hormigas para determinar la solución del problema de enrutamiento de vehículos. Se usa además el operador de mejora local 2-opt para guiar a las soluciones encontradas y poder encontrar una solución óptima a mayor velocidad. El estudio compara entre el uso de una sola colonia de hormigas en contraposición al uso de múltiples colonias de hormigas, concluyendo que, a medida que aumenta el tamaño del problema, el beneficio de usar múltiples colonias es más evidente (Bell & McMullen, 2004). Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2: Resultados de la aplicación de optimización por colonia de hormigas (tanto simple como múltiple) para el problema de enrutamiento de vehículos. Se ejecutaron ambas variaciones del algoritmo con tres problemas diferentes (C1, C3, y C4). El resultado de la función objetivo mínima obtenida en cada ejecución se ilustra en la columna “Min L”. La columna “CL Fraction” corresponde al tamaño de la lista de candidatos como una fracción respecto al total de clientes a atenderse, “Mean L” corresponde al promedio de valores de función objetivo, “Std. dev.” a la desviación estándar de los valores de función objetivo hallados, y “% inferior” la distancia de la solución mínima obtenida en dicha ejecución a la solución óptima, expresada como porcentaje.

ACO results

Approach	Problem	CL Fraction	Min L	Mean L	Std. dev.	% inferior
Single ACO	C1	1/3	540.30	551.98	3.84	2.99
		1/5	524.80	528.90	2.89	.04
		1/7	528.60	532.85	1.91	.77
		1/9	539.80	548.18	4.95	2.91
	C3	1/3	871.30	891.21	9.40	5.47
		1/5	856.80	876.71	7.24	3.72
		1/7	854.10	868.19	6.53	3.39
		1/9	854.20	865.65	5.31	3.41
	C4	1/3	1178.61	1197.43	8.52	14.60
		1/5	1154.15	1170.47	9.89	12.22
		1/7	1136.16	1154.40	8.38	10.48
		1/9	1131.83	1143.43	6.29	10.06
Multiple ACO	C1	1/3	535.20	550.06	3.30	2.03
		1/5	524.80	537.12	9.03	.04
		1/7	528.40	544.49	11.17	.73
		1/9	538.40	558.00	9.42	2.63
	C3	1/3	881.40	889.49	4.96	6.69
		1/5	848.30	870.68	10.14	2.69
		1/7	840.20	868.37	9.42	1.71
		1/9	852.40	867.91	8.37	3.18
	C4	1/3	1151.31	1173.43	10.59	11.95
		1/5	1119.88	1144.47	9.86	8.89
		1/7	1094.80	1131.21	11.40	6.45
		1/9	1104.21	1123.28	9.97	7.37

### 3.2 Conclusiones

Se puede observar que las funcionalidades más comunes ofrecidas por los sistemas de monitoreo de carga son, además del mismo monitoreo de los vehículos de transporte, la asignación de las entregas a transportistas, y la generación de rutas para la navegación en la red de carreteras, con la finalidad de minimizar los tiempos entre entregas. Se puede observar además que, mediante el uso de metaheurísticas para resolver el problema de enrutamiento de vehículos, se puede ofrecer la funcionalidad de agrupar automáticamente los despachos, con la finalidad de asignar los grupos a los choferes y vehículos que los van a atender.

Beetrack	Herramienta comercial para la gestión de los vehículos de carga. Utiliza un aplicativo móvil.
Wisetrack	Sistema de monitoreo de activos, funciona principalmente como una aplicación de escritorio. Utiliza la tecnología RFID.
Aplicación de RFID y GPS para el Aseguramiento de la Seguridad del Transporte de la Carga	Herramienta de seguridad que utiliza las tecnologías RFID y GPS para monitorear la integridad de la carga que se transporta.
Waze	Aplicación de navegación que genera rutas, buscando minimizar el tiempo que dura el recorrido.
Algoritmo de Etiquetado Basado en Ejes Para Encontrar los Caminos más Cortos en Redes de Carreteras	Algoritmo exacto para generar rutas óptimas en la red de carreteras, al etiquetar los vértices en un preprocesamiento inicial. Las etiquetas se utilizan para determinar el camino más corto.
Análisis del Efecto de Operadores de Mejora Local en Algoritmos Genéticos y Recocido Simulado para el Problema de Enrutamiento de Vehículos	Estudio realizado para analizar el efecto de un operador de mejora local para optimizar el rendimiento de ciertos algoritmos metaheurísticos.
Técnicas de Optimización por Colonia de Hormigas para el Problema de Enrutamiento de Vehículos	Estudio que presenta la implementación del algoritmo de colonia de hormigas para resolver el problema de enrutamiento de vehículos.

## Capítulo 4. Documento de Modelo del Proceso de Despacho

### 4.1 Modelo del proceso de despacho

En el presente capítulo se abordará el resultado esperado 5, el cual consiste en la elaboración del documento de modelo del proceso de transporte y monitoreo de mercadería. El proceso consiste en la elaboración de una orden de despacho que, posteriormente, se asigna a un transportista para su entrega. Los productos especificados en dicha orden se cargan en el vehículo del transportista, tras lo cual el transportista se dirige al lugar de la entrega a realizar el despacho. El vehículo es monitoreado hasta que se registra como realizado el despacho.

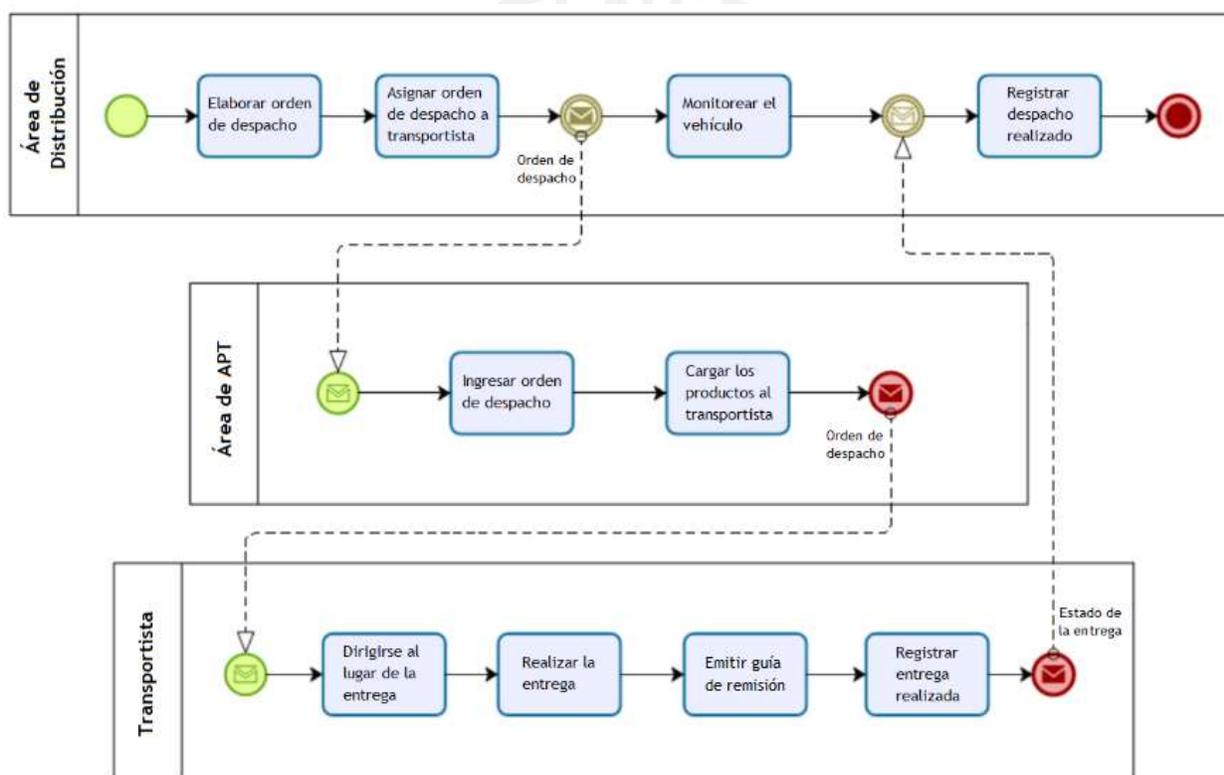


Figura 4. Modelo del proceso de transporte. Imagen de autoría propia.

En la tarea “Elaborar orden de despacho”, el personal del área de distribución selecciona un conjunto de productos para ser entregado a los clientes y se emite una orden de despacho. En la tarea “Asignar orden de despacho a transportista”, se le asigna la orden de despacho emitida a algún transportista, quien será encargado de entregar los productos al cliente. En la tarea “Ingresar orden de despacho”, la orden de despacho asignada es recibida por el área de almacén de productos terminados, para que en la tarea “Cargar los productos al transportista”, ingrese en

el vehículo del transportista asignado los productos que se deberán entregar. En la tarea “Dirigirse al lugar de la entrega”, el transportista se desplaza hacia la ubicación donde deberá realizar la entrega de los productos al cliente. En la tarea “Monitorear el vehículo”, el área de distribución verifica el estado de la entrega y la posición del transportista. En la tarea “Realizar la entrega”, el transportista le entrega al cliente los productos que transportó. La entrega puede ser aceptada totalmente, aceptada parcialmente, o rechazada. En la tarea “Emitir guía de remisión”, el transportista emite la guía de remisión de la entrega respectiva para que el cliente la modifique, de ser necesario, y la firme. Esto se realiza de manera manual. En la tarea “Registrar entrega realizada”, el transportista notifica al área de distribución el estado de la entrega que acaba de realizar. En la tarea “Registrar despacho realizado”, el área de distribución registra el estado del despacho, de forma tal que se pueda programar la entrega de los productos que aún no han sido entregados, si es que los hubiera.

El presente proyecto de fin de carrera busca dar soporte a la tarea “Monitorear el vehículo”, permitiendo, mediante el sistema, consultar la ubicación de los vehículos que se encuentran atendiendo las órdenes de despacho. También se busca dar soporte a la tarea “Asignar orden de despacho a transportista”, permitiendo realizar esta asignación de manera automática, utilizando un algoritmo metaheurístico que busque minimizar el tiempo entre entrega y entrega.

## Capítulo 5. Documento de Análisis y Diseño

En el presente capítulo se abordarán los resultados esperados 1, 3, y 6, los cuales consisten en los documentos de análisis y diseño de cada uno de los módulos correspondientes al sistema que se va a elaborar.

### 5.1 Catálogo de requisitos

	<b>Requisitos Funcionales</b>	<b>Prioridad</b>
1	El sistema permitirá administrar clientes.	Alta
2	El sistema permitirá administrar empresas de transporte, transportistas, y vehículos.	Alta
3	El sistema permitirá administrar ubicaciones de entrega.	Alta
4	El sistema permitirá visualizar pedidos.	Alta
5	El sistema permitirá visualizar productos	Media
6	El sistema permitirá importar los datos de los productos y los pedidos a partir de archivos de MS Excel.	Media
7	El sistema permitirá administrar usuarios.	Alta
8	El sistema permitirá administrar órdenes de despacho.	Alta
9	El sistema permitirá asignar las órdenes de despacho a los transportistas manualmente.	Alta
10	El sistema permitirá asignar las órdenes de despacho a los transportistas usando el algoritmo GRASP.	Media
11	El sistema permitirá ingresar observaciones respecto a una orden de despacho.	Media
12	El sistema permitirá el monitoreo de los vehículos.	Alta
13	El sistema permitirá cambiar el estado de las órdenes de despacho.	Alta
14	El sistema permitirá generar rutas en la red de carreteras usando un algoritmo genético.	Alta
15	El sistema permitirá realizar seguimiento de los despachos por fecha.	Baja
16	El sistema permitirá generar las guías de remisión para las órdenes de despacho.	Baja
	<b>Requisitos No Funcionales</b>	<b>Prioridad</b>
1	El sistema podrá ser accedido desde la web.	Alta

2	El sistema contará con un aplicativo móvil para el monitoreo y la generación de rutas.	Alta
3	El sistema estará montado en la nube.	Media
4	El sistema estará implementado en Python usando el framework Django.	Media
5	El sistema contará con una base de datos en PostgreSQL.	Baja

## 5.2 Patrón arquitectónico

Se utilizará el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC), que separa las capas de datos, presentación, y lógica de negocio. Se decidió utilizar este patrón arquitectónico debido a que permite la separación de intereses, la cual es importante para que el sistema sea mantenible y extensible, además de permitir concentrar las sesiones de trabajo en uno solo de dichos aspectos, facilitando la implementación del sistema. Además, el marco de trabajo Django funciona con este patrón arquitectónico.

El patrón MVC se adapta al problema a resolver dado que, al tratarse de un sistema al cual se accede tanto mediante la web como desde un aplicativo móvil, se debe desacoplar la lógica del negocio de la lógica de las interfaces, ya que, tanto el cliente web como el cliente móvil manejan la misma información. Se evita también los problemas de concurrencia al ejecutar la lógica de negocio únicamente en el servidor, y no en los clientes respectivos.

## 5.3 Diagrama de despliegue

A continuación se muestran los equipos y los componentes que conformarán el sistema a desarrollarse.

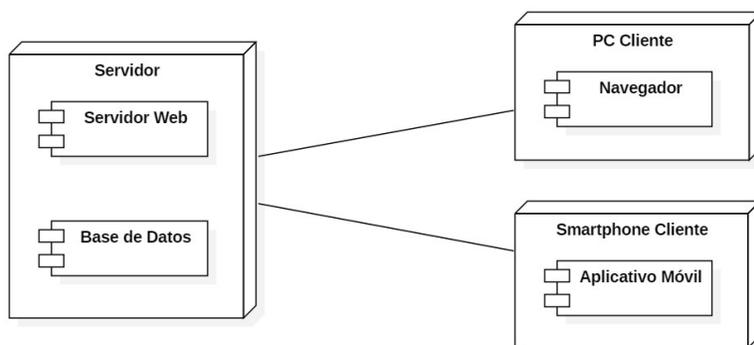


Figura 5. Diagrama de despliegue. Imagen de autoría propia.

## 5.4 Casos de uso

### 5.4.1 Diagrama de actores

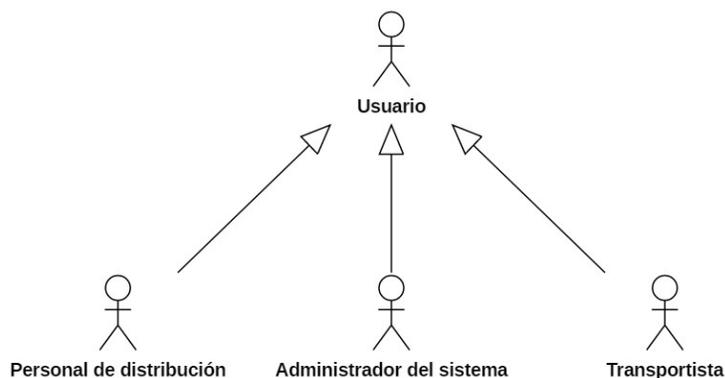


Figura 6. Diagrama de actores. Imagen de autoría propia.

### 5.4.2 Tipos de usuarios

- Personal de distribución: Responsable de elaborar las órdenes de despacho y de asignarlas a los transportistas para su entrega. Además, debe encargarse del monitoreo de las unidades de transporte.
- Administrador del sistema: Encargado del manejo de los usuarios del sistema.
- Transportista: Encargado de atender las órdenes de despacho. Es el usuario del dispositivo móvil del sistema.

### 5.4.3 Diagrama de casos de uso



Figura 7. Diagrama de casos de uso. Imagen de autoría propia.

### 5.4.4 Especificación de casos de uso

- **Administrar clientes**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar clientes:</b>	
1. El usuario selecciona la opción para administrar clientes del menú	

principal.

2. El sistema muestra una tabla con los datos de los clientes registrados, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear cliente, editar cliente, eliminar cliente, y ver ubicaciones del cliente.
3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.

### **Flujos alternos:**

#### **2.1. Nuevo cliente:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear un nuevo cliente.
2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa el nombre, el tipo de cliente, el DNI o RUC, los apellidos, el teléfono, y el correo electrónico del cliente.
3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.
4. El usuario presiona el botón de aceptar. El cliente se crea y el caso de uso finaliza.

#### **2.2. Editar cliente:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para editar cliente y el cliente que desea editar.
2. El sistema muestra un formulario con los datos del cliente que se pueden editar (el nombre, el tipo de cliente, el DNI o RUC, los apellidos, el teléfono, y el correo electrónico). El usuario modifica los datos del cliente.
3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.
4. El usuario presiona el botón de aceptar. Los datos del cliente se modifican y el caso de uso finaliza.

#### **2.3. Eliminar cliente:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para eliminar cliente y el cliente que desea eliminar.
2. El sistema muestra un mensaje de confirmación.
3. El usuario presiona el botón de aceptar. El cliente se elimina y el caso de uso finaliza.

#### **2.4. Ver ubicaciones del cliente:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para ver ubicaciones del cliente y el cliente cuyas ubicaciones quiere ver.
2. El sistema muestra una tabla con los datos de las ubicaciones de entrega asociadas al cliente, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear, editar, y eliminar las ubicaciones de entrega de dicho cliente.
3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.

<b>Postcondición:</b>	La información de los clientes se ha modificado.
-----------------------	--

- **Administrar transportistas**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar transportistas:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar transportistas del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de los transportistas registrados, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear, editar, y eliminar transportistas.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
<b>2.1. Nuevo transportista:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear un nuevo transportista.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa el nombre, los apellidos, la empresa de transporte, el teléfono, el correo electrónico, y la licencia de conducir del transportista.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. El transportista se crea y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.2. Editar transportista:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para editar transportista y el transportista que desea editar.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario con los datos del transportista que se pueden editar (el nombre, los apellidos, la empresa de transporte, el teléfono, el correo electrónico, y la licencia de conducir). El usuario modifica los datos del transportista.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. Los datos del transportista se modifican y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.3. Eliminar transportista:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para eliminar transportista y el transportista que desea eliminar.</li> <li>2. El sistema muestra un mensaje de confirmación.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de aceptar. El transportista se elimina y el caso</li> </ol>	

de uso finaliza.	
<b>Post-Condición:</b>	La información de los transportistas se ha modificado.

- **Administrar empresas de transporte**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar empresas de transporte:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar empresas de transporte del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de las empresas de transporte registradas, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear, editar, y eliminar empresas de transporte.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
<b>2.1. Nueva empresa de transporte:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear una nueva empresa de transporte.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa el nombre y el RUC de la empresa de transporte.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. La empresa de transporte se crea y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.2. Editar empresa de transporte:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para editar empresa de transporte y la empresa de transporte que desea editar.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario con los datos de la empresa de transporte que se pueden editar (el nombre y el RUC). El usuario modifica los datos de la empresa de transporte.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. Los datos de la empresa de transporte se modifican y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.3. Eliminar empresa de transporte:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para eliminar empresa de transporte y la empresa de transporte que desea eliminar.</li> <li>2. El sistema muestra un mensaje de confirmación.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de aceptar. La empresa de transporte se</li> </ol>	

elimina y el caso de uso finaliza.	
<b>Post-Condición:</b>	La información de las empresas de transporte se ha modificado.

- **Administrar vehículos**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar vehículos:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar vehículos del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de los vehículos registrados, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear, editar, y eliminar vehículos.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
<b>2.1. Nuevo vehículo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear un nuevo vehículo.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa la placa, la empresa de transporte, el modelo, el peso tara, y la capacidad máxima tanto en volumen como en peso del vehículo.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. El vehículo se crea y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.2. Editar vehículo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para editar vehículo y el vehículo que desea editar.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario con los datos del vehículo que se pueden editar (la placa, la empresa de transporte, el modelo, el peso tara, y la capacidad máxima tanto en volumen como en peso). El usuario modifica los datos del vehículo.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. Los datos del vehículo se modifican y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.3. Eliminar vehículo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para eliminar</li> </ol>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>vehículo y el vehículo que desea eliminar.</li> <li>2. El sistema muestra un mensaje de confirmación.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de aceptar. El vehículo se elimina y el caso de uso finaliza.</li> </ul>
<b>Post-Condición:</b> La información de los vehículos se ha modificado.

- **Administrar ubicaciones de entrega**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar ubicaciones de entrega:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar ubicaciones de entrega del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de las ubicaciones de entrega registradas, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear, editar, y eliminar ubicaciones de entrega.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ul>	
<b>Flujos alternos:</b>	
<b>2.1. Nueva ubicación de entrega:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear una nueva ubicación de entrega.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa el cliente al que corresponde la ubicación de entrega, la dirección, el distrito, la provincia, el departamento, las coordenadas geográficas (mediante un mapa), y el radio admisible de la ubicación de entrega.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. La ubicación de entrega se crea y el caso de uso finaliza.</li> </ul>	
<b>2.2. Editar ubicación de entrega:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para editar ubicación de entrega y la ubicación de entrega que desea editar.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario con los datos de la ubicación de entrega que se pueden editar (el cliente, la dirección, el distrito, la provincia, el departamento, las coordenadas geográficas, y el radio admisible). El usuario modifica los datos de la ubicación de entrega.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. Los datos de la ubicación de entrega se modifican y el caso de uso finaliza.</li> </ul>	

**2.3. Eliminar cliente:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para eliminar ubicación de entrega y la ubicación de entrega que desea eliminar.
2. El sistema muestra un mensaje de confirmación.
3. El usuario presiona el botón de aceptar. La ubicación de entrega se elimina y el caso de uso finaliza.

<b>Postcondición:</b>	La información de las ubicaciones de entrega se ha modificado.
-----------------------	--

- **Visualizar pedidos**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar pedidos:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar pedidos del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de los pedidos registrados, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para visualizar el detalle de los pedidos.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
<b>2.1. Visualizar detalle de pedido:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para visualizar detalle de pedido y el pedido que desea visualizar.</li> <li>2. El sistema muestra los datos del pedido (el código, el cliente, la dirección de entrega, la fecha programada de entrega, el estado, el peso total y el volumen total), así como la lista de los productos que lo conforman, con sus respectivas cantidades, pesos subtotales, y volúmenes totales.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Postcondición:</b>	La información de los pedidos no ha cambiado.

- **Visualizar productos**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar productos:</b>	

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar productos del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de los productos registrados (el código, el nombre, la unidad, el peso y el volumen) y una caja de texto para el filtrado.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>
<p><b>Flujos alternos:</b></p> <p>Este caso de uso no posee flujos alternos.</p>
<p><b>Postcondición:</b> La información de los productos no ha cambiado.</p>

- **Importar los datos de productos y pedidos de Excel**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<p><b>Flujo básico:</b></p> <p><b>Importar datos de un archivo de MS Excel:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para importar archivos de MS Excel.</li> <li>2. El usuario selecciona el tipo de archivo que va a importar (productos o pedidos).</li> <li>3. El usuario selecciona el archivo que desea importar.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. La información es importada y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<p><b>Flujos alternos:</b></p> <p>Este caso de uso no posee flujos alternos.</p>	
<b>Postcondición:</b>	Los datos se han importado correctamente.

- **Administrar usuarios**

<b>Actores:</b>	Administrador del sistema
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<p><b>Flujo básico:</b></p> <p><b>Mostrar usuarios:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar usuarios del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de los usuarios registrados, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear, editar, y eliminar usuarios.</li> </ol>	

3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.	
<b>Flujos alternos:</b>	
<b>2.1. Nuevo usuario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear un nuevo usuario.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa el nombre, los apellidos, el rol, el teléfono, y el correo electrónico del usuario. Además ingresa el nombre de usuario y la contraseña del usuario.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. El usuario se crea y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.2. Editar usuario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para editar usuario y el usuario que desea editar.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario con los datos del usuario que se pueden editar (el nombre, los apellidos, el rol, el teléfono, el correo electrónico, el nombre de usuario y la contraseña). El usuario modifica los datos del usuario.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. Los datos del usuario se modifican y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>2.3. Eliminar usuario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para eliminar usuario y el usuario que desea eliminar.</li> <li>2. El sistema muestra un mensaje de confirmación.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de aceptar. El usuario se elimina y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Postcondición:</b>	La información de los usuarios se ha modificado.

- **Administrar órdenes de despacho**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Mostrar órdenes de despacho:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para administrar órdenes de despacho del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de las órdenes de despacho</li> </ol>	

<p>registradas, una caja de texto para el filtrado, y las opciones adicionales para crear orden de despacho, visualizar detalle de orden de despacho, y emitir guía de remisión de orden de despacho.</p> <p>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</p>	
<p><b>Flujos alternos:</b></p> <p><b>2.1. Nueva orden de despacho:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para crear una nueva orden de despacho.</li> <li>2. El sistema muestra un formulario en blanco. El usuario ingresa el pedido que se atenderá, el código de la orden, la fecha y hora programada de atención, y la lista de los productos que se despacharán, junto a sus respectivas cantidades, en base a la unidad especificada para dicho producto.</li> <li>3. Si los datos ingresados no son válidos, se mostrará un mensaje de error y el usuario podrá modificar los datos que ingresó.</li> <li>4. El usuario presiona el botón de aceptar. La orden de despacho se crea con estado “En Espera” y el caso de uso finaliza.</li> </ol> <p><b>2.2. Visualizar detalle de orden de despacho:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para visualizar detalle de orden de despacho y la orden de despacho que desea visualizar.</li> <li>2. El sistema muestra los datos de la orden de despacho (el pedido que le corresponde, el código de la orden y la fecha y hora programada de atención), así como la lista de los productos que lo conforman, con sus respectivas cantidades.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol> <p><b>2.3. Emitir guía de remisión de orden de despacho:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para emitir guía de remisión de orden de despacho y la orden de despacho de la cual desea emitir la guía.</li> <li>2. El sistema genera la guía de remisión, mostrando la información de las ubicaciones de partida y de destino, los datos del transportista que realiza la entrega y la lista de los productos entregados.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Postcondición:</b>	La información de las órdenes de despacho se ha modificado.

● **Asignar órdenes de despacho a transportistas**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	

**Mostrar órdenes de despacho no asignadas:**

1. El usuario selecciona la opción para asignar órdenes de despacho del menú principal.
2. El sistema muestra una tabla con los datos de las órdenes de despacho en estado “En Espera”, una caja de texto para el filtrado, y la opción de asignar transportista a orden de despacho manualmente o algorítmicamente.
3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.

**Flujos alternos:****2.1. Asignar órdenes de despacho manualmente:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para asignar transportista a orden de despacho manualmente, y la orden de despacho a la que le desea asignar un transportista y un vehículo.
2. El sistema muestra una lista de transportistas y de vehículos. El usuario selecciona el transportista y el vehículo a quien le desea asignar la orden de despacho.
3. El usuario presiona el botón de aceptar. La orden de despacho se asigna al transportista y al vehículo, y el caso de uso finaliza.

**2.2. Asignar órdenes de despacho mediante algoritmo:**

1. En el paso 2 del flujo básico, el usuario selecciona la opción para asignar transportista a orden de despacho algorítmicamente.
2. El sistema muestra la lista de las órdenes de despacho junto con el transportista y el vehículo a los cuales se les asignará cada orden de despacho.
3. El usuario presiona el botón de aceptar. Las órdenes de despacho se asignan a los transportistas y a los vehículos, y el caso de uso finaliza.

<b>Postcondición:</b>	Las órdenes de despacho se han asignado.
-----------------------	--

- **Ingresar observaciones a orden de despacho**

<b>Actores:</b>	Transportista
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Ingresar observación a orden de despacho:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para ingresar observación a una orden de despacho y la orden de despacho a la cual desea agregar una observación.</li> <li>2. El sistema muestra un cuadro de texto. El transportista ingresa en dicho cuadro de texto la observación que desea agregar.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de aceptar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	

<b>Flujos alternos:</b>	
Este caso de uso no posee flujos alternos.	
<b>Postcondición:</b>	La observación se ha agregado a la orden de despacho.

- **Monitorear vehículos**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema. Los vehículos deben encontrarse atendiendo alguna entrega.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Monitorear vehículos:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para monitorear vehículos.</li> <li>2. El sistema muestra un mapa donde se encuentran marcadas las ubicaciones actuales de los vehículos que se encuentren atendiendo alguna entrega en dicho momento.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
Este caso de uso no posee flujos alternos.	
<b>Postcondición:</b>	La ubicación de los vehículos se ha mostrado.

- **Cambiar el estado de las órdenes de despacho**

<b>Actores:</b>	Transportista
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Cambiar estado a orden de despacho:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para cambiar el estado de una orden de despacho y la orden de despacho a la cual desea cambiar el estado.</li> <li>2. El sistema muestra los posibles estados para la orden de despacho. El usuario selecciona el estado que desea colocar a la orden de despacho.</li> <li>3. Si el usuario intenta cambiar el estado a un estado exitoso pese a no encontrarse en la vecindad de la ubicación de destino, se muestra un mensaje de error, y el usuario podrá cambiar el estado que ingresó.</li> <li>4. Si el usuario intenta cambiar el estado a un estado exitoso, y sí se encuentra en la vecindad de la ubicación de destino, se le permite ingresar las cantidades de los productos que está entregando.</li> <li>5. El usuario presiona el botón de aceptar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	

<b>Flujos alternos:</b>	
Este caso de uso no posee flujos alternos.	
<b>Postcondición:</b>	La orden de despacho ha cambiado de estado correctamente.

- **Generar rutas en la red de carreteras**

<b>Actores:</b>	Transportista
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Cambiar estado a orden de despacho:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para mostrar una ruta hacia su destino.</li> <li>2. El sistema muestra un mapa, señalando una ruta hacia el destino del transportista. La ruta considerará el sentido de las calles.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
Este caso de uso no posee flujos alternos.	
<b>Postcondición:</b>	La ruta se ha mostrado correctamente.

- **Realizar seguimiento de los despachos**

<b>Actores:</b>	Personal de distribución
<b>Precondición</b>	El usuario debe haberse autenticado en el sistema.
<b>Flujo básico:</b>	
<b>Realizar seguimiento:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción para realizar seguimiento a las órdenes de despacho del menú principal.</li> <li>2. El sistema muestra una tabla con los datos de las órdenes de despacho registradas, incluyendo la fecha programada de entrega y la fecha real, y una caja de texto para el filtrado.</li> <li>3. El usuario presiona el botón de regresar y el caso de uso finaliza.</li> </ol>	
<b>Flujos alternos:</b>	
Este caso de uso no posee flujos alternos.	
<b>Postcondición:</b>	Se ha realizado seguimiento a las órdenes de despacho.

## 5.5 Modelo de base de datos

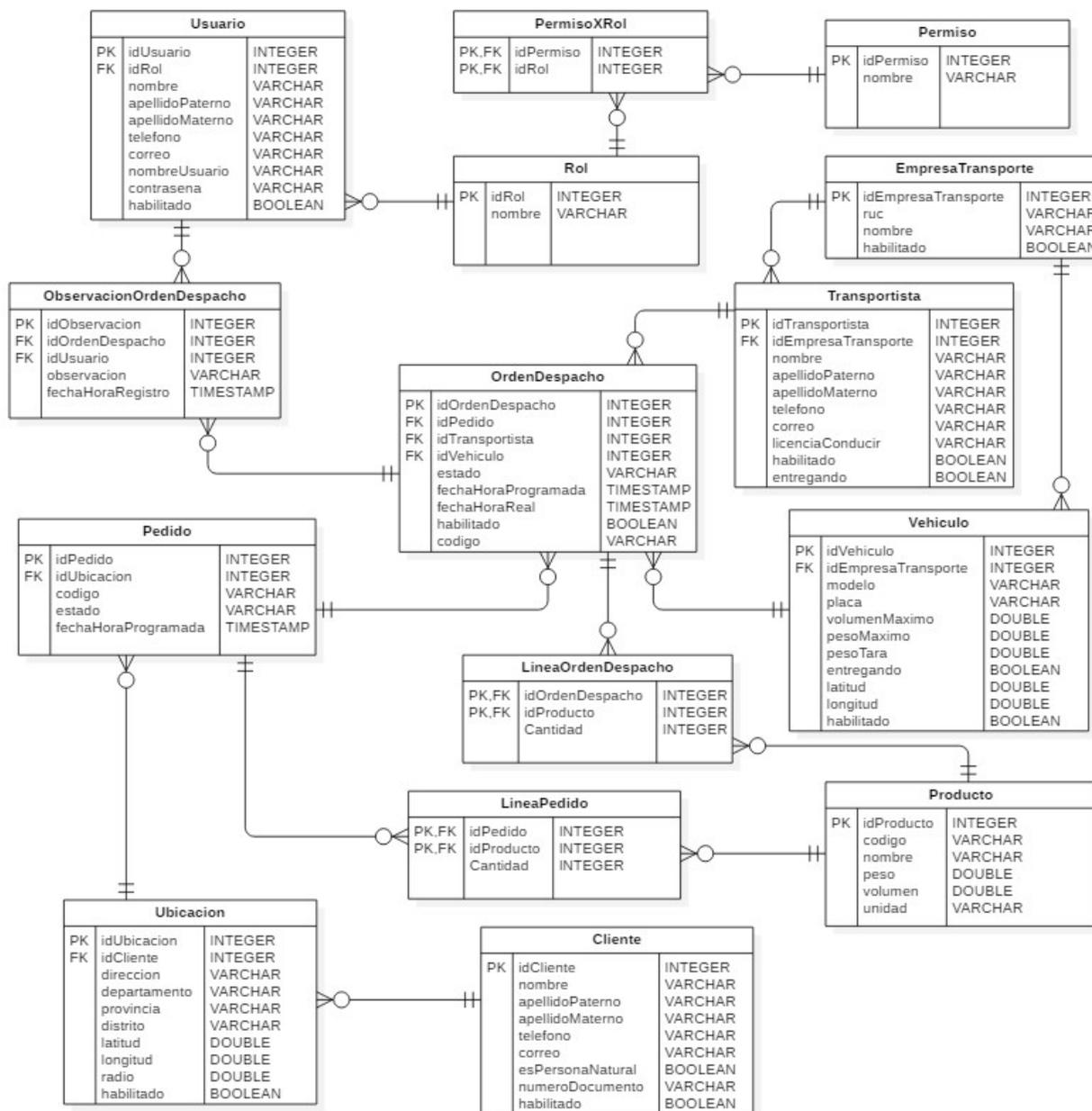


Figura 8. Modelo de la base de datos. Imagen de autoría propia.

- La tabla “Usuario” será utilizada para la administración de los usuarios del sistema, así como las tablas “Rol” y “Permiso” se utilizarán para limitar el acceso de los usuarios a las diferentes funcionalidades del sistema.

- La tabla “Transportista” corresponde a la lista de los transportistas que se encargarán de atender las órdenes de despacho. La tabla “EmpresaTransporte” almacena la información de las empresas a las cuales pertenecen los transportistas. Finalmente, la tabla “Vehiculo” contiene la información de los vehículos que se utilizarán para atender las órdenes de despacho.
- La tabla “OrdenDespacho” contiene la información de las órdenes de despacho que se atenderán en base a los pedidos.
- En la tabla “Cliente” se almacena la información de los clientes de la empresa, y en la tabla “Ubicacion”, la información de los lugares donde el cliente va a recibir los productos que corresponden a su pedido respectivo.



## 5.6 Estándares de interfaz gráfica

Se tendrá en consideración lo siguiente:

- Se mostrará una barra lateral con las principales opciones del sistema. Dicha barra actuará como el menú principal del sistema.
- Se utilizará como tipo de fuente “Trebuchet MS”.
- Al momento de confirmar una acción, se mostrará en la esquina superior derecha de la pantalla un mensaje de confirmación.
- Los botones que sirven para regresar a la pantalla anterior o cancelar una acción serán de color blanco. Los botones que sirven para eliminar un registro serán de color rojo. Los demás botones serán de color verde.

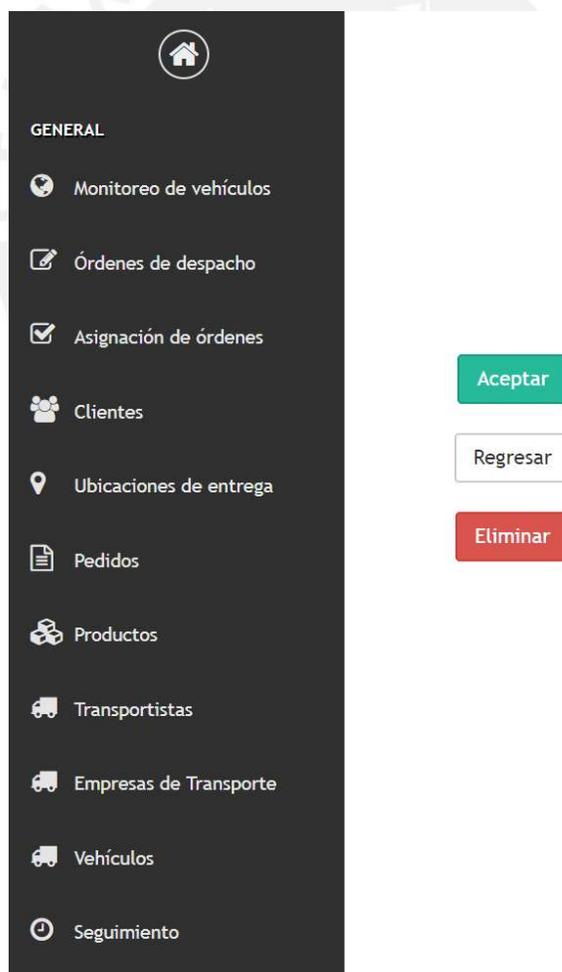


Figura 9. Barra lateral y ejemplos de los botones a usarse. Imagen de autoría propia.

## 5.7 Prototipo de interfaces

- Login en el sistema web



Nombre de la empresa

R.U.C.:0123454321

Dirección: Av. Ejemplo 4321  
Teléfono: (01) 555-5555

Nombre de Usuario

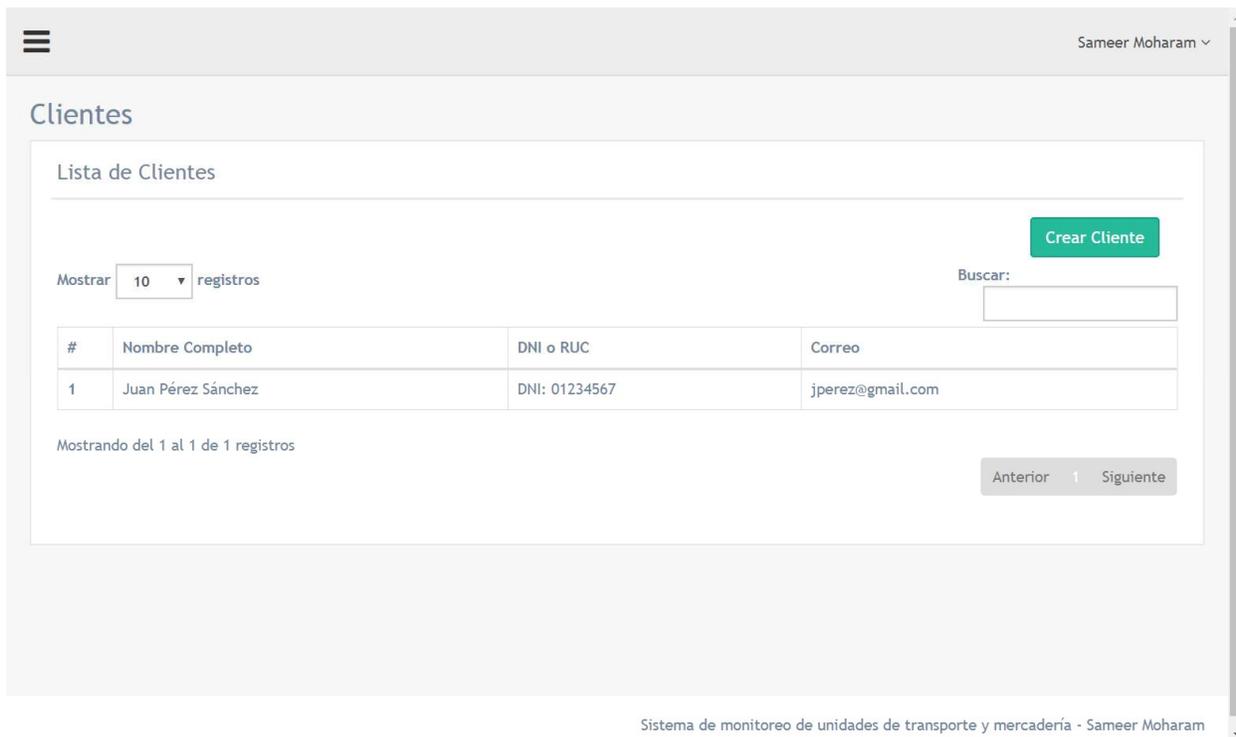
Contraseña

Ingresar

Figura 10. Interfaz del login del sistema web. Imagen de autoría propia.

Mediante esta pantalla, el usuario podrá autenticarse en el sistema web ingresando el nombre de su usuario y su contraseña. En caso de que el usuario haya olvidado su contraseña, tendrá que contactarse con el administrador del sistema para recuperarla.

- **Administración de clientes**



The screenshot displays a web interface for managing clients. At the top, there is a navigation bar with a hamburger menu icon on the left and the user name 'Sameer Moharam' on the right. Below the navigation bar, the main heading is 'Clientes'. Underneath, there is a section titled 'Lista de Clientes'. This section includes a 'Mostrar' dropdown menu set to '10 registros', a search box labeled 'Buscar:' with a 'Crear Cliente' button to its right, and a table with the following data:

#	Nombre Completo	DNI o RUC	Correo
1	Juan Pérez Sánchez	DNI: 01234567	jperez@gmail.com

Below the table, it indicates 'Mostrando del 1 al 1 de 1 registros'. At the bottom right of the table area, there are navigation buttons for 'Anterior', '1', and 'Siguiete'. The footer of the page reads 'Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam'.

Figura 11. Interfaz de lista de clientes. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todos los clientes registrados en el sistema. Se puede filtrar la lista de los clientes en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar un nuevo cliente.

Crear Cliente

Nombres \*

Tipo de Cliente \*  Empresa  Persona Natural

RUC o DNI \*

Apellido Paterno \*

Apellido Materno \*

Teléfono \*

Correo \*

Aceptar Cancelar

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 12. Interfaz de detalle de cliente. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para ingresar un nuevo cliente. Esta información es la misma que se muestra al momento de seleccionar un cliente para verlo en detalle o para editarlo. Se puede crear un cliente tanto como persona natural o como empresa. Se incluye además la información de contacto del cliente. No se incluyen la dirección o las direcciones del cliente, sin embargo, en la ventana para ver detalle de cliente se muestra un botón “Ubicaciones”, con la cual se puede ver la lista de las ubicaciones de dicho cliente o crearle una nueva ubicación.

La dirección del cliente se registrará en un formulario aparte, debido a que se considerará la posibilidad de que un cliente tenga varias direcciones posibles.

- **Administración de ubicaciones de entrega**

Ubicaciones de Entrega

Lista de Ubicaciones de Entrega

Mostrar 10 registros

Crear Ubicación de Entrega

Buscar:

#	Cliente	Dirección
1	Juan Pérez	Av. Arequipa 1234

Mostrando del 1 al 1 de 1 registros

Anterior 1 Siguiete

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 13. Interfaz de lista de ubicaciones de entrega. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de las ubicaciones de entrega registradas en el sistema. Se muestra además a qué cliente pertenece dicha ubicación. Se puede filtrar la lista en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar una nueva ubicación.

Ubicaciones de Entrega

Crear Ubicación de Entrega

Cliente \* - Seleccione -

Departamento \*

Provincia \*

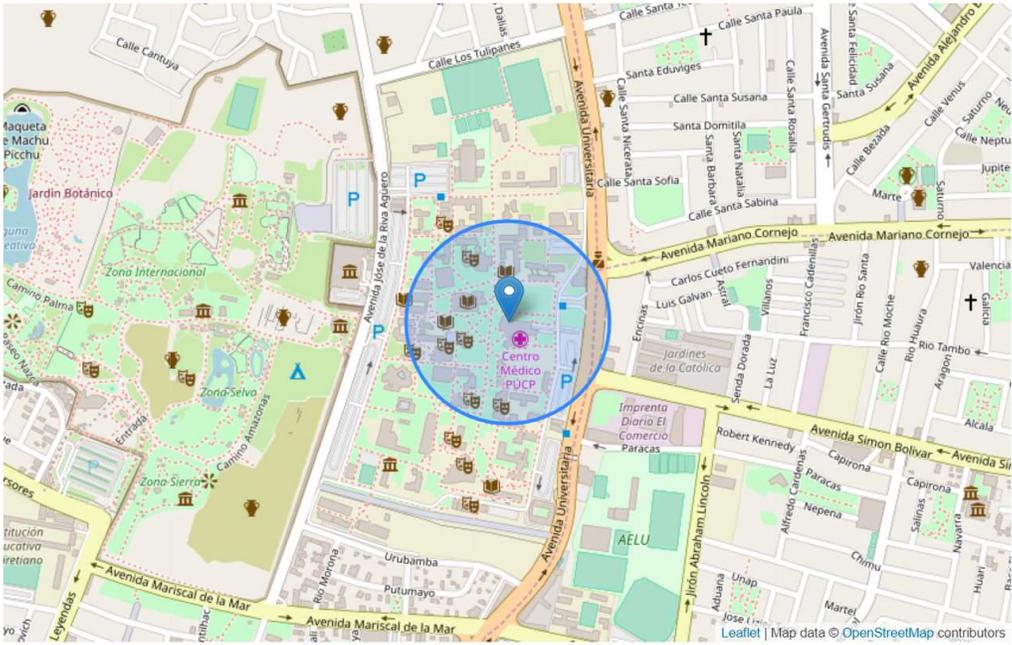
Distrito \*

Dirección \*

Latitud \* -12.069444

Longitud \* -77.079444

Radio Admisible \* 200



Aceptar Cancelar

Figura 14. Interfaz de detalle de ubicación de entrega. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para ingresar una nueva ubicación de entrega. Esta información es la misma que se muestra al momento de seleccionar una ubicación para verla en detalle o para editarla. Está incluida la información referente a la dirección de la ubicación, así como la ubicación geográfica del lugar, la cual puede ser ingresada mediante un

mapa, y será de uso para la generación de rutas para la navegación de los transportistas. Se debe definir también un radio en el cual debe ubicarse el transportista para poder registrar la entrega como completada.

- **Administración de transportistas**

Transportistas

Lista de Transportistas

Mostrar 10 registros

Crear Transportista

Buscar:

#	Nombre Completo	Empresa	Lic. Conducir	Estado
1	Pedro Rodríguez Flores	Empresa 01 S.A.	0123654789	En espera

Mostrando del 1 al 1 de 1 registros

Anterior 1 Siguiete

Figura 15. Interfaz de lista de transportistas. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todos los transportistas registrados en el sistema. Se puede filtrar la lista de los transportistas en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar un nuevo transportista.

Transportistas

Crear Transportista

Nombres \*

Apellido Paterno \*

Apellido Materno \*

Empresa de Transporte \*

Teléfono \*

Correo \*

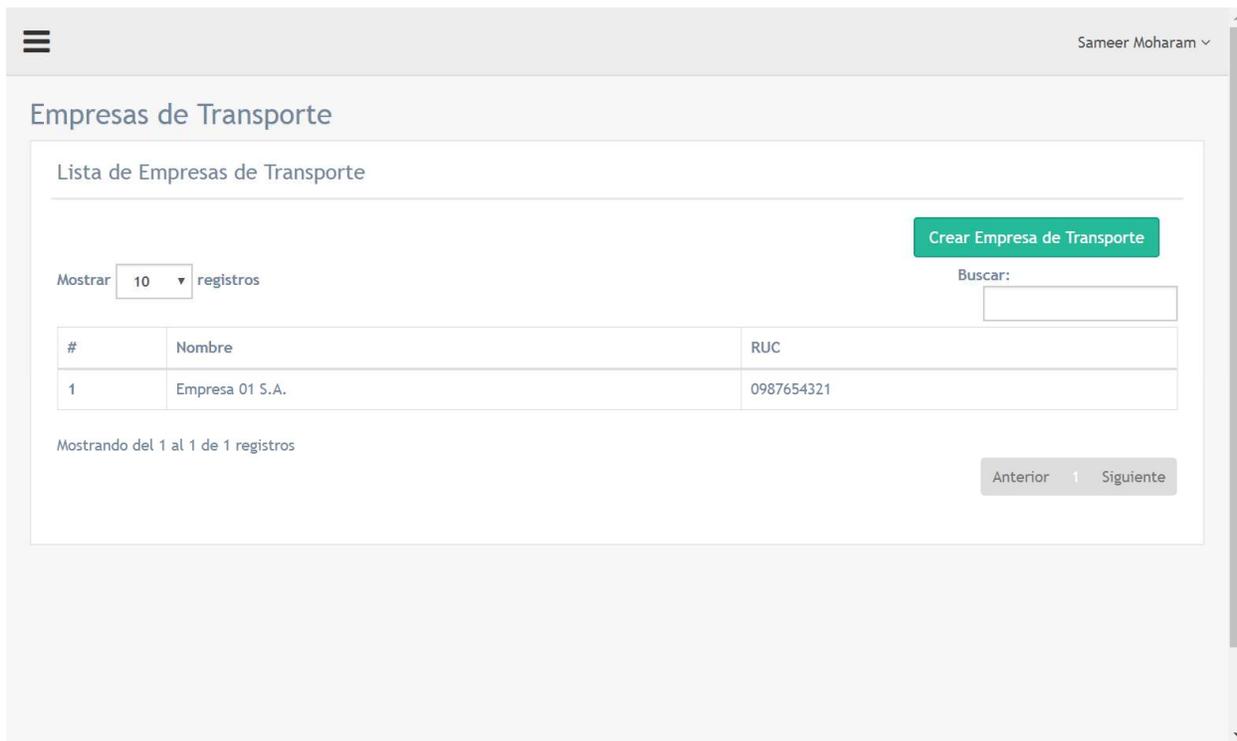
Licencia de Conducir \*

Aceptar Cancelar

Figura 16. Interfaz de detalle de transportista. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para ingresar un nuevo transportista. Esta información es la misma que se muestra al momento de seleccionar un transportista para verlo en detalle o para editarlo. Está incluida, además de la información de contacto, la licencia de conducir del transportista y la empresa para la cual trabaja.

- **Administración de empresas de transporte**

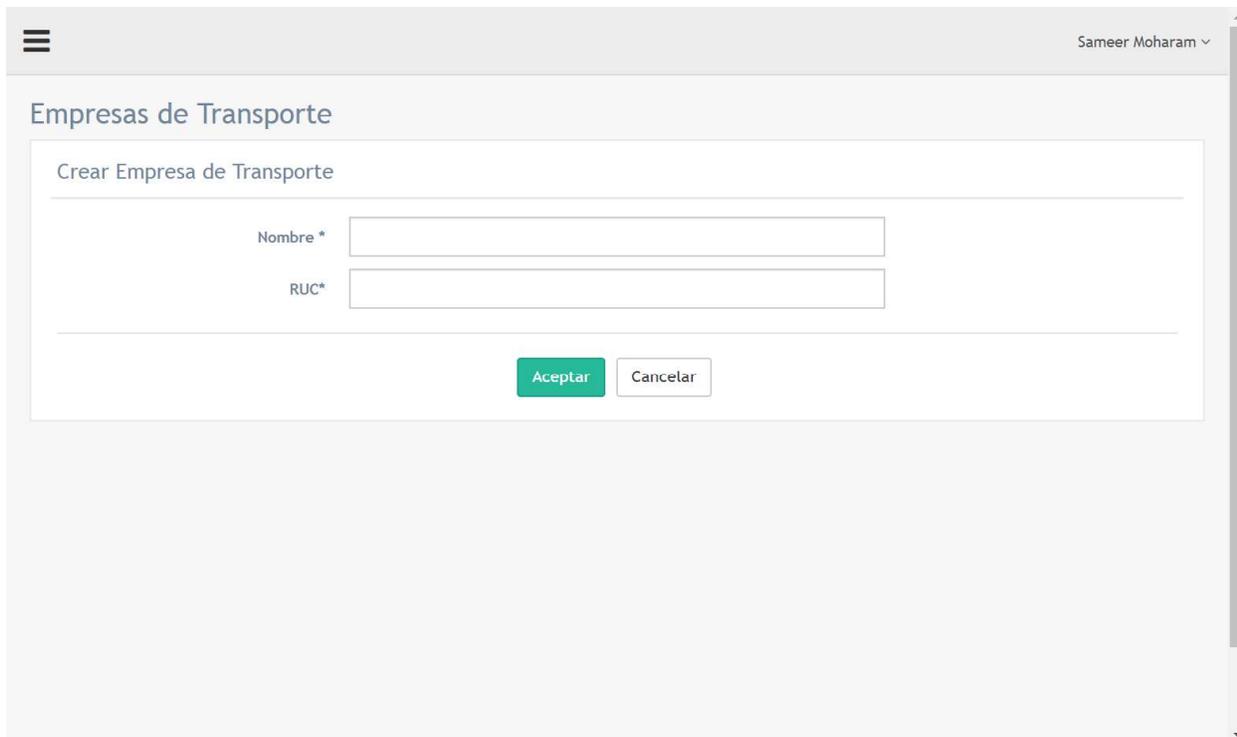


The screenshot displays a web interface for managing transport companies. At the top, there is a navigation bar with a hamburger menu icon on the left and the user name 'Sameer Moharam' on the right. The main heading is 'Empresas de Transporte'. Below this, the title 'Lista de Empresas de Transporte' is shown. The interface includes a 'Mostrar' dropdown menu set to '10 registros', a search bar labeled 'Buscar:', and a green button labeled 'Crear Empresa de Transporte'. A table with three columns: '#', 'Nombre', and 'RUC' is present. The table contains one entry: '# 1', 'Nombre Empresa 01 S.A.', and 'RUC 0987654321'. Below the table, it says 'Mostrando del 1 al 1 de 1 registros'. At the bottom right, there are navigation buttons for 'Anterior', '1', and 'Siguiete'.

#	Nombre	RUC
1	Empresa 01 S.A.	0987654321

Figura 17. Interfaz de lista de empresas de transporte. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todas las empresas de transporte registradas en el sistema. Se puede filtrar la lista de las empresas de transporte en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar una nueva empresa de transporte.



Empresas de Transporte

Crear Empresa de Transporte

Nombre \*

RUC\*

Aceptar Cancelar

Figura 18. Interfaz de detalle de empresa de transporte. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para ingresar una nueva empresa de transporte. Esta información es la misma que se muestra al momento de seleccionar una empresa de transporte para verla en detalle o para editarla. Los datos son el nombre y el RUC de la empresa.

- **Administración de vehículos**

Lista de Vehículos

Mostrar  registros

Buscar:

[Crear Vehículo](#)

#	Placa	Empresa	Modelo	Peso Máximo (kg)	Volumen Máximo (m <sup>3</sup> )
1	ABC-123	Empresa 01 S.A.	ZYX98	500	10

Mostrando del 1 al 1 de 1 registros

[Anterior](#) [1](#) [Siguiete](#)

Figura 19. Interfaz de lista de vehículos. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todos los vehículos registrados en el sistema. Se puede filtrar la lista de los vehículos en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar un nuevo vehículo.

Admin ▾

## Vehículos

### Crear Vehículo

Placa \*

Empresa de Transporte \* - Seleccione - ▾

Modelo \*

Peso Tara (kg) \*

Peso Máximo (kg) \*

Volumen Máximo (m<sup>3</sup>) \*

Figura 20. Interfaz de detalle de vehículo. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para ingresar un nuevo vehículo. Esta información es la misma que se muestra al momento de seleccionar un vehículo para verlo en detalle o para editarlo. Está incluida la capacidad máxima en peso y volumen, el modelo, la placa del vehículo, su peso tara y la empresa a la que pertenece.

- Visualización de pedidos

The screenshot shows a web application interface for viewing orders. At the top, there is a navigation bar with a hamburger menu icon on the left and 'Admin' with a dropdown arrow on the right. Below the navigation bar, the page title 'Pedidos' is displayed. The main content area is titled 'Lista de Pedidos'. It includes a 'Mostrar' dropdown menu set to '10' and the text 'registros'. To the right is a search bar labeled 'Buscar:'. Below these elements is a table with the following data:

Código	Cliente	Dirección	Fecha Programada	Estado
001	Juan Pérez Sánchez	Av. Arequipa 1234	01/05/2019 03:07:25	Falta Entregar

Below the table, it says 'Mostrando del 1 al 1 de 1 registros'. At the bottom right of the table area, there are two buttons: 'Anterior' and 'Siguiente'.

Figura 21. Interfaz de lista de pedidos. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todos los pedidos registrados en el sistema. Se puede filtrar la lista de los pedidos en base a los campos que se muestran en pantalla.

Ver Pedido

Código: 001

Cliente: Juan Pérez Sánchez

Dirección de entrega: Av. Arequipa 1234

Fecha Programada: 01/05/2019 15:07:25

Estado: Falta Entregar

Peso Total (kg): 641.0

Volumen Total (m<sup>3</sup>): 20.0

Código	Nombre del Producto	Cantidad	Unidad	Peso Subtotal (kg)	Volumen Subtotal (m <sup>3</sup> )
001	Sanitario	3	unidad	129.0	6.0
002	Silla	12	unidad	312.0	12.0
003	Refrigerador	4	unidad	200.0	2.0

Regresar

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 22. Interfaz de detalle de pedido. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información correspondiente a un pedido. Está incluida la información básica del cliente, la ubicación donde se realizará la entrega de los productos, la fecha programada de entrega, el estado actual del pedido, la lista de los productos contenidos en el pedido, y la cantidad que se pidió de cada uno de ellos.

- **Visualización de productos**

Productos

Lista de Productos

Mostrar  registros

Buscar:

Código	Nombre del Producto	Unidad	Peso	Volumen
001	Colchón	unidad	5 kg	0.123 m <sup>3</sup>

Mostrando del 1 al 1 de 1 registros

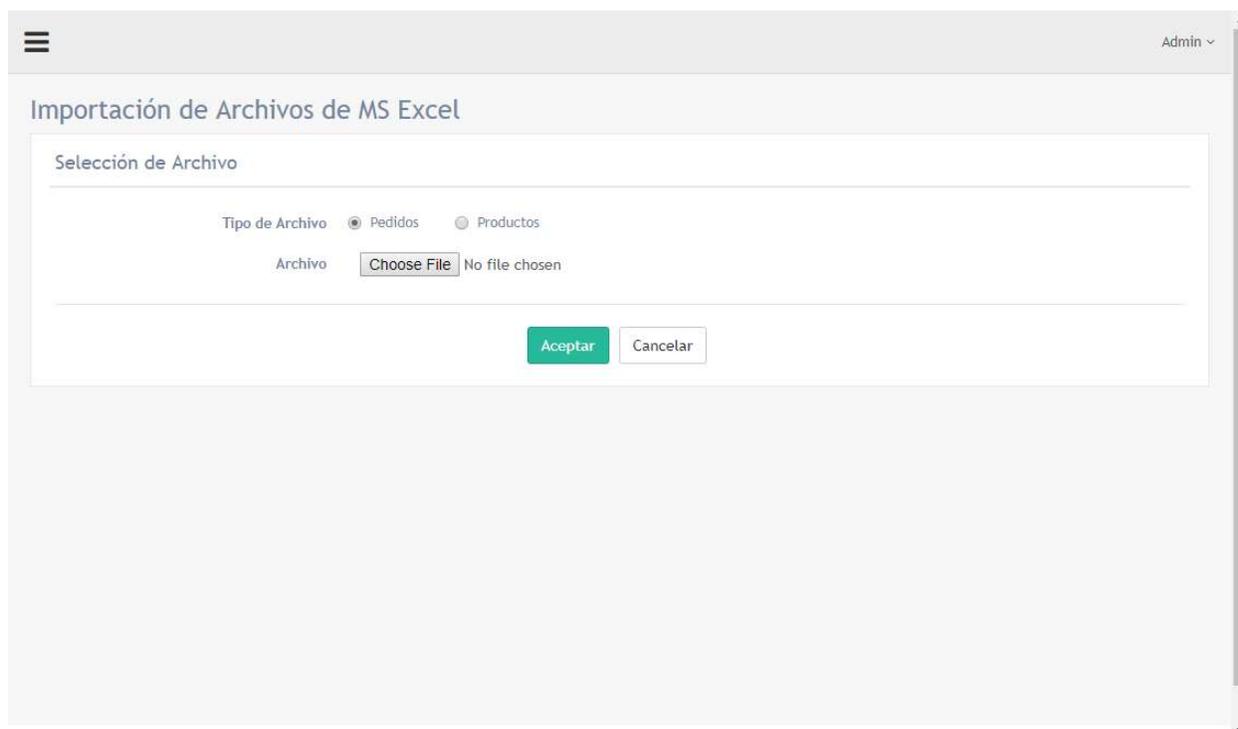
Anterior 1 Siguiete

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 23. Interfaz de lista de productos. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todos los productos registrados en el sistema. Se puede filtrar la lista de los productos en base a los campos que se muestran en pantalla.

- **Importación de datos de Excel**



Importación de Archivos de MS Excel

Selección de Archivo

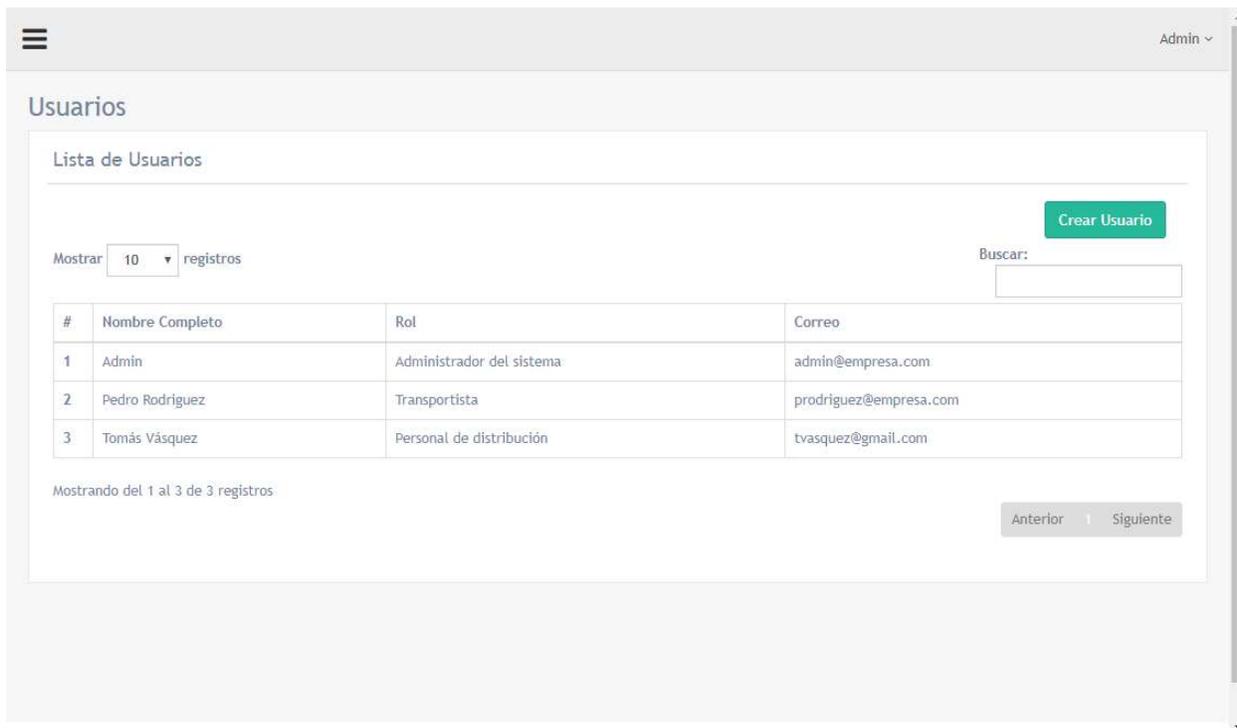
Tipo de Archivo  Pedidos  Productos

Archivo  No file chosen

Figura 24. Interfaz para importar archivos de MS Excel. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se da la opción para importar archivos de MS Excel, los cuales pueden ser archivos con datos referentes a pedidos, o datos referentes a productos.

- **Administración de usuarios**



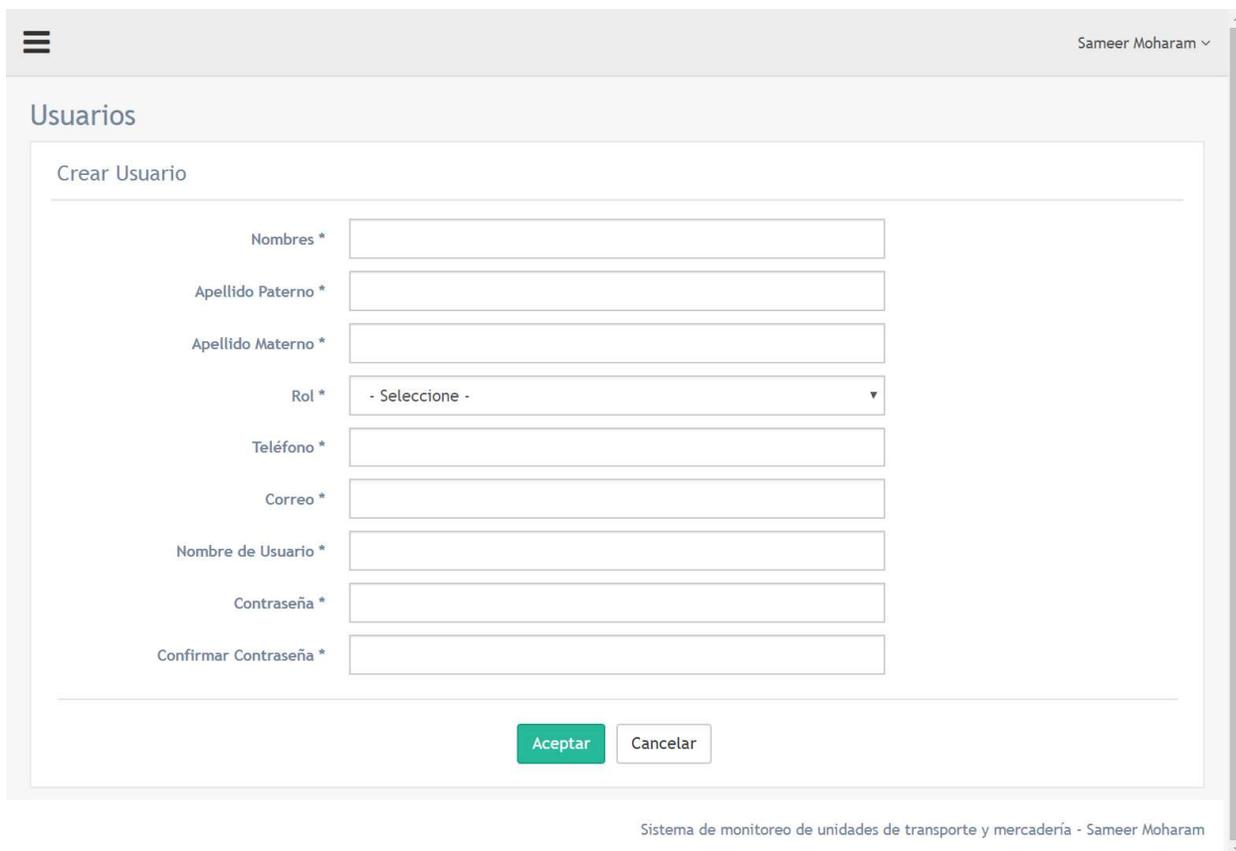
The screenshot displays a web interface for user management. At the top, there is a navigation menu with a hamburger icon and a user profile labeled 'Admin'. The main heading is 'Usuarios'. Below this, there is a section titled 'Lista de Usuarios'. On the left, a dropdown menu shows 'Mostrar 10 registros'. On the right, there is a search bar labeled 'Buscar:' and a green button labeled 'Crear Usuario'. The central part of the interface is a table with the following data:

#	Nombre Completo	Rol	Correo
1	Admin	Administrador del sistema	admin@empresa.com
2	Pedro Rodriguez	Transportista	prodriguez@empresa.com
3	Tomás Vásquez	Personal de distribución	tvasquez@gmail.com

Below the table, it says 'Mostrando del 1 al 3 de 3 registros'. At the bottom right, there are navigation buttons for 'Anterior' and 'Siguiete'.

Figura 25. Interfaz de lista de usuarios. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de todos los usuarios registrados en el sistema. Se puede filtrar la lista de los usuarios en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar un nuevo usuario. Esta pantalla sólo puede ser accedida por los administradores del sistema.



The screenshot displays a web application interface for user management. At the top right, the user's name 'Sameer Moharam' is visible. The main heading is 'Usuarios'. Below it, a form titled 'Crear Usuario' is presented. The form contains the following fields:

- Nombres \*
- Apellido Paterno \*
- Apellido Materno \*
- Rol \* (Dropdown menu with '- Seleccione -')
- Teléfono \*
- Correo \*
- Nombre de Usuario \*
- Contraseña \*
- Confirmar Contraseña \*

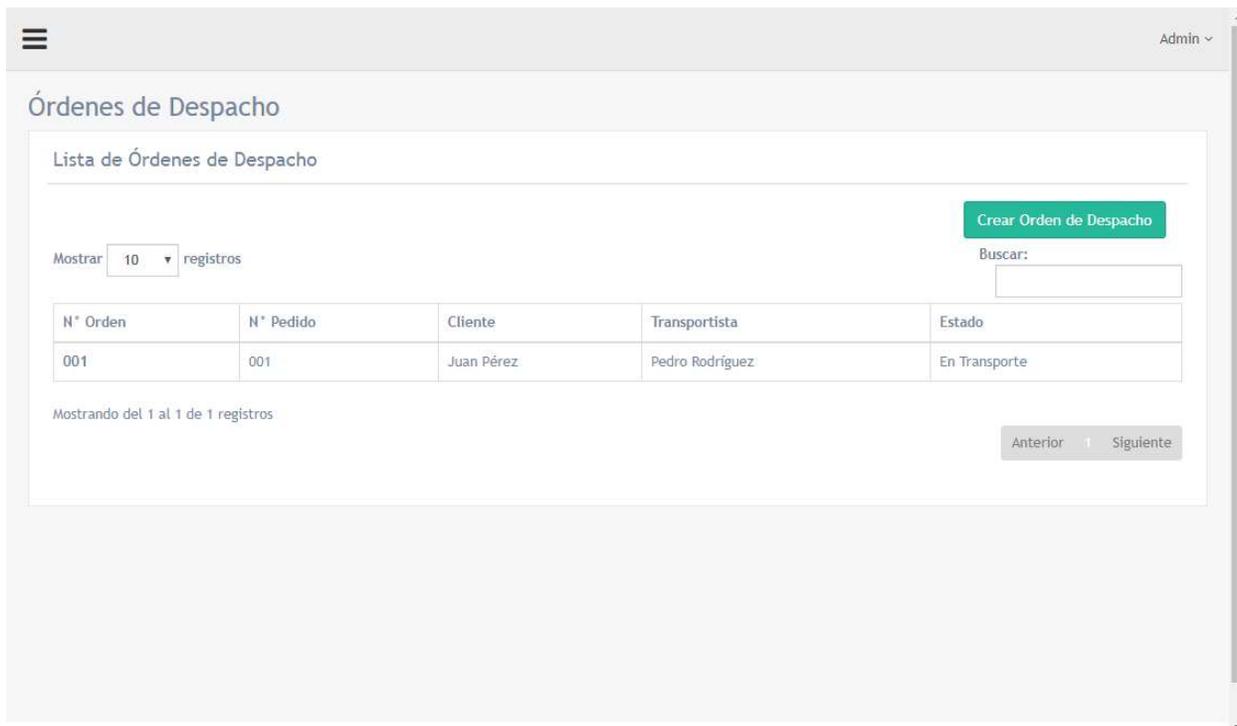
At the bottom of the form, there are two buttons: 'Aceptar' (green) and 'Cancelar' (white).

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 26 Interfaz de detalle de usuario. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para ingresar un nuevo usuario. Esta información es la misma que se muestra al momento de seleccionar un usuario para verlo en detalle o para editarlo. Además de la información de contacto del usuario, se debe proveer las credenciales de acceso para el sistema, y el rol que el usuario tendrá en el sistema.

- **Administración de órdenes de despacho**



The screenshot displays a web interface for managing dispatch orders. At the top, there is a navigation menu with a hamburger icon and a user profile labeled 'Admin'. The main heading is 'Órdenes de Despacho'. Below this, the section is titled 'Lista de Órdenes de Despacho'. On the left, there is a 'Mostrar' dropdown set to '10' and the text 'registros'. On the right, there is a green button labeled 'Crear Orden de Despacho' and a search bar labeled 'Buscar:'. The central part of the interface is a table with the following data:

N° Orden	N° Pedido	Cliente	Transportista	Estado
001	001	Juan Pérez	Pedro Rodríguez	En Transporte

Below the table, it says 'Mostrando del 1 al 1 de 1 registros'. At the bottom right, there are navigation buttons for 'Anterior' and 'Siguiete'.

Figura 27. Interfaz de lista de órdenes de despacho. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información de las órdenes de despacho registradas en el sistema. Se muestra además a qué cliente pertenece dicha orden, a qué pedido le corresponde, y a qué transportista se encuentra asignada, de ser el caso. Una orden de despacho atiende un pedido, y un pedido puede ser atendido por varias órdenes de despacho. Se puede filtrar la lista en base a los campos que se muestran en pantalla. También se provee la opción para registrar una nueva orden de despacho.

Órdenes de Despacho

Crear Orden de Despacho

Pedido \*

Número de Orden \*

Fecha Programada \*

Hora Programada \*

Productos \*

004. Colchón x 15  
005. Sofá x 4  
006. Escritorio x 3  
007. Comedor x 8

Código	Nombre del Producto	Cantidad	Peso Subtotal (kg)	Volumen Subtotal (kg)
001	Sanitario	<input type="text" value="0"/>	0	0
002	Silla	<input type="text" value="0"/>	0	0
003	Refrigerador	<input type="text" value="0"/>	0	0

Peso Total

Volumen Total

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 28. Interfaz de detalle de orden de despacho. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información necesaria para registrar una nueva orden de despacho. Se debe seleccionar un pedido, una fecha y hora para programar la entrega, y los productos del pedido correspondiente que se van a atender, así como la cantidad que se va a entregar de cada producto. En la vista que permite ver el detalle de una orden despacho ya existente, se incluye además un botón para generar la guía de remisión correspondiente.

- Asignación de órdenes de despacho

Lista de Órdenes de Despacho sin Asignar

**Solución Automática**

N° Orden	Cliente	Dirección	Peso Total (kg)	Volumen Total (m <sup>3</sup> )
001	Juan Pérez	Av. Arequipa 1234	644	17
Empresa		Transportista	Vehículo	
Empresa 01 S.A.		Pedro Rodríguez	ABC-123   Pmax: 700 kg   Vmax: 10 m <sup>3</sup>	

N° Orden	Cliente	Dirección	Peso Total (kg)	Volumen Total (m <sup>3</sup> )
002	Alberto Flores	Av. Ayacucho 4321	62	6
Empresa		Transportista	Vehículo	
Empresa 01 S.A.		Pedro Rodríguez	ABC-123   Pmax: 700 kg   Vmax: 10 m <sup>3</sup>	

**Guardar Cambios**

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 29. Interfaz de asignación de órdenes de despacho. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se puede asignar una orden de despacho a un transportista y a un vehículo para que sea atendida. La asignación puede realizarse manualmente, o mediante un algoritmo GRASP. Al ejecutarse el algoritmo, el resultado se mostrará en las columnas “Empresa”, “Transportista” y “Vehículo” de la tabla. El usuario podrá modificar dicho resultado como vea conveniente antes de guardar los cambios.

- Monitoreo de vehículos

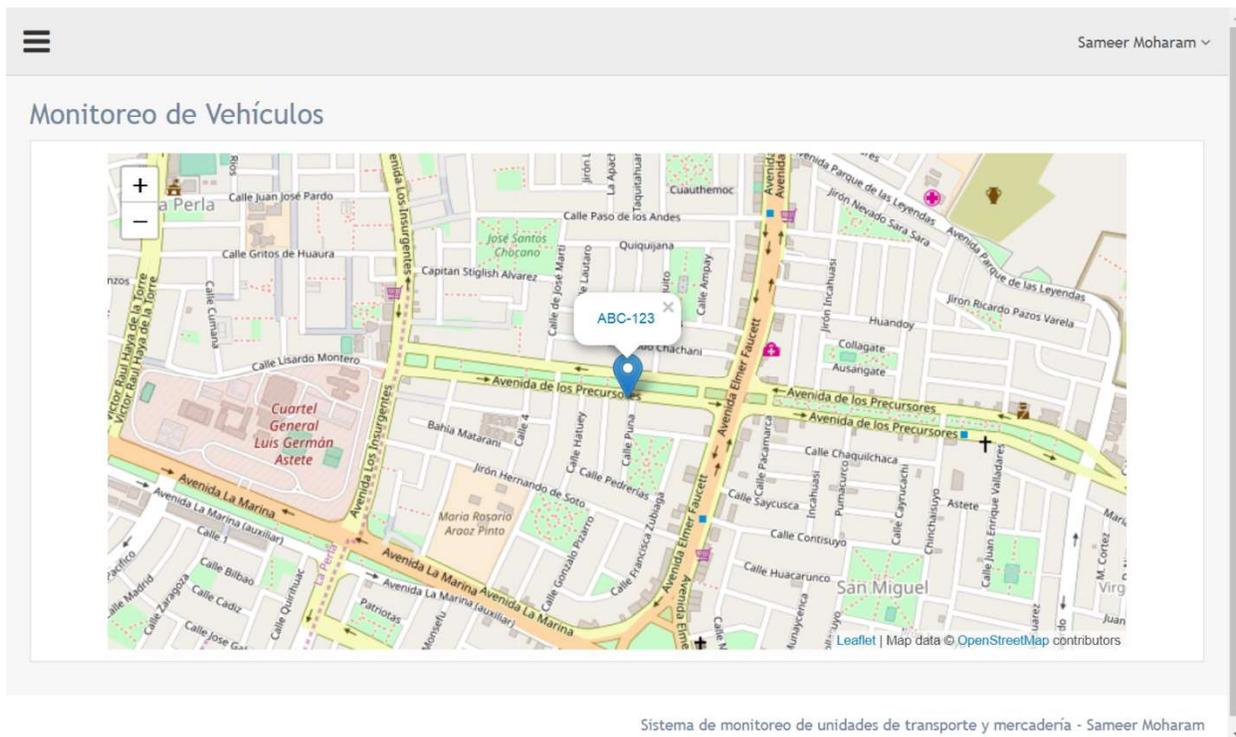


Figura 30. Interfaz de monitoreo de vehículos. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la ubicación de los vehículos que están siendo monitoreados en un mapa. Se muestra además la placa del vehículo encima del marcador que lo representa. Al hacer clic en la placa del vehículo, se muestran los datos de dicho vehículo.

- Seguimiento de los despachos

Seguimiento de Órdenes de Despacho

Seguimiento de Órdenes de Despacho

Fecha Inicio  Fecha Fin

N° Orden	Transportista	Estado	Fecha Programada	Fecha Real
1	Pedro Rodríguez	Entregada	07/12/2018 10:00:00	07/12/2018 11:12:23

Sistema de monitoreo de unidades de transporte y mercadería - Sameer Moharam

Figura 31. Interfaz de seguimiento de órdenes de despacho. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la información referente a las órdenes ya atendidas, mostrando la fecha para la cuales fueron programadas, y la fecha en la que se registró como entregada. Se puede filtrar la información de esta tabla por fecha real indicando una fecha de inicio y una fecha de fin.

- **Login en el aplicativo móvil**



Figura 32. Interfaz del login del aplicativo móvil. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla el transportista podrá autenticarse en el aplicativo móvil para hacer uso del sistema generador de rutas y para poder marcar los despachos como realizados. Se debe ingresar el nombre de usuario y la contraseña del transportista que hará uso del aplicativo, y la placa del vehículo que usará.

- Registro de observaciones y cambio de estado de orden de despacho

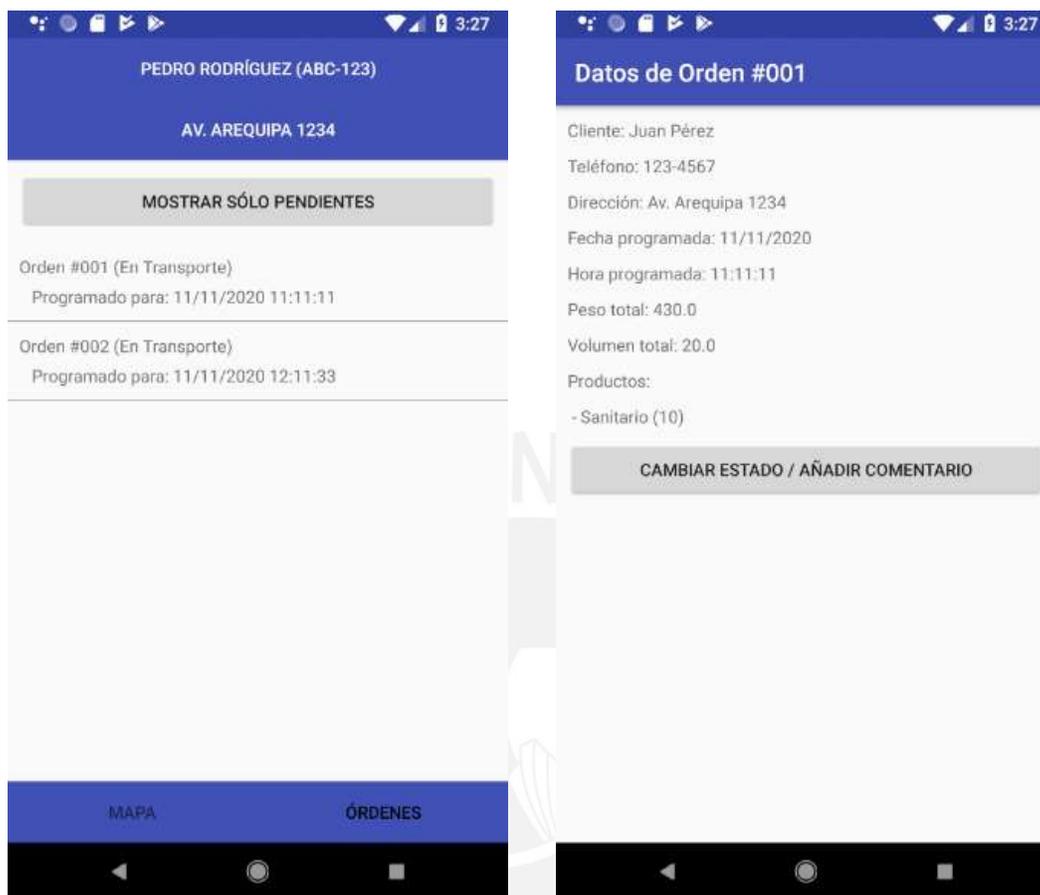


Figura 33. A la izquierda, interfaz de selección de orden para el registro de observaciones o el cambio de estado. A la derecha, detalle de una orden. Imagen de autoría propia.

En la pantalla de la izquierda se puede observar la lista de las órdenes que han sido asignadas al transportista usuario. Se puede seleccionar alguna de estas órdenes para cambiarle el estado o añadirle algún comentario. Se muestra en la parte superior, el nombre del transportista, la placa del vehículo que está operando, y la dirección de su ubicación actual. Al seleccionar una orden, se muestra la pantalla de la derecha.

En la pantalla de la derecha se muestra el detalle de la orden seleccionada, es decir, los datos del cliente, la dirección, la fecha y hora programadas para la entrega, el peso y el volumen total, y los productos que deben ser entregados. Se muestra además un botón para proceder a cambiar el estado o agregar una observación a la orden.

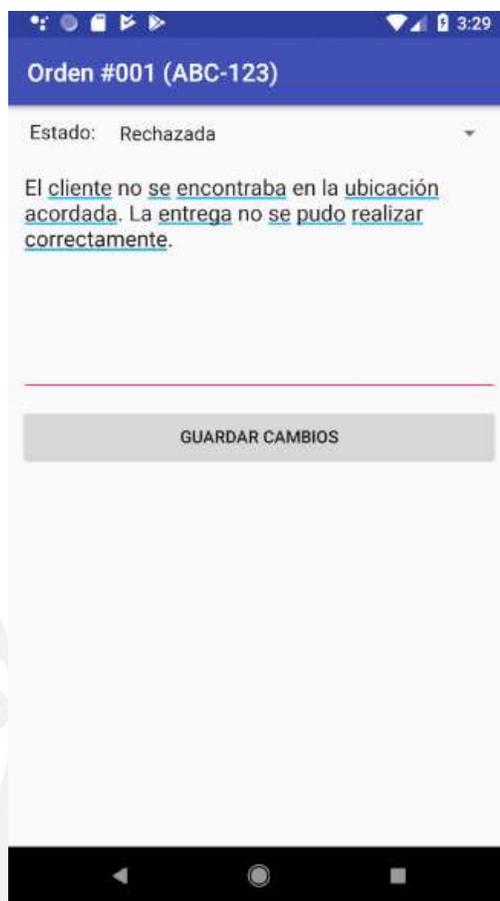


Figura 34. Interfaz para el cambio de estado o el registro de una observación a una orden. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se puede cambiar el estado para indicar si la orden se realizó satisfactoriamente o no, además de registrar una observación con la finalidad de especificar cualquier inconveniente o comentario que el transportista desee. Se puede cambiar el estado de la orden a “Entregada” sólo si el transportista se encuentra en el rango admisible de la ubicación de entrega.

- Generación de rutas



Figura 35. Interfaz donde se señala la ruta generada por el algoritmo. Imagen de autoría propia.

En esta pantalla se muestra la ruta generada algorítmicamente con la finalidad de que el transportista pueda seguirla para llegar a la ubicación de destino.

- Guías de remisión

 <p>Nombre de la empresa</p> <p>R.U.C.: 0123454321</p> <p>Dirección: Av. Ejemplo 4321 Teléfono: (01) 555-5555</p>	R.U.C. 0123454321	
	GUÍA DE REMISIÓN - REMITENTE	
	001	

PUNTO DE PARTIDA	PUNTO DE LLEGADA
Av. Base 1234 - Pueblo Libre - Lima - Lima	Av. Arequipa 1234 - Miraflores - Lima - Lima

DESTINATARIO	DATOS DEL TRANSPORTISTA
Nombres/Razón Social: Juan Pérez Sánchez DNI: 01234567	Apellidos y Nombres: Pedro Rodríguez Escobar Empresa: Empresa 01 S. A. (RUC: 1234567890) Lic. Conducir: 123123

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PESO UNIT.	PESO TOTAL
1	Sanitario	10	unidad	43.0	430.0

---

Firma

---

Conformidad del Cliente

Figura 36. Modelo de guía de remisión. Imagen de autoría propia.

En este documento se mostrará el logo de la empresa emisora de la guía, el código de la orden de despacho, las direcciones tanto del punto de partida como del de llegada, los datos del destinatario, los datos del transportista, y la lista de los productos incluidos, con sus cantidades. Se incluye además espacios para las firmas respectivas.

## Capítulo 6. Aplicación para asignar los despachos

### 6.1 Algoritmo para la asignación de los despachos

#### 6.1.1 Planteamiento inicial

Se decidió usar para la asignación de los despachos el algoritmo GRASP debido a su simplicidad, y a que es sencillo de adaptar e implementar para problemas de ruteo como el que se intentará resolver a continuación.

Para la estructura de las soluciones que serán resultado de la ejecución del algoritmo GRASP se utilizará un vector conformado por una lista de las ubicaciones que serán visitadas por todos los vehículos que serán despachados para atender las respectivas órdenes de despacho. Es decir, se contará con una estructura similar a la siguiente:

[Ubicación 1, Ubicación 2, Ubicación 3, ... , Ubicación n]

Se considerará que las órdenes de despacho serán atendidas en el orden indicado, y que se aprovechará al máximo la capacidad de volumen y de peso de cada vehículo. Para el cálculo de las distancias entre ubicación y ubicación se utilizará la distancia cartesiana entre ambos puntos. Se considerará también una restricción temporal, para la cual se asumirá velocidad constante para cada vehículo.

### 6.1.2 Función objetivo

La función objetivo que se planteará:

$$\text{Min} \left( \sum_{i=1}^n (D(0, S_i) + \sum_{j=S_i}^{E_i-1} D(j, j+1)) \right)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=S_i}^{E_i} V_j \leq V_{max}$$

$$\sum_{j=S_i}^{E_i} W_j \leq W_{max}$$

$$(D(0, S_i) + \sum_{j=S_i}^{E_i-1} D(j, j+1)) \div \text{velocidad} \leq t_{max}$$

$$S_1 = 1$$

$$S_i \leq E_i$$

$$E_n = m$$

$$S_{i+1} = E_i + 1$$

Donde:

- $D(a,b)$ : Es la distancia cartesiana entre el punto ubicado en la posición 'a' de la solución y el ubicado en la posición 'b' de la solución.
- $S_i$ : Es la posición en la solución de la primera ubicación que será despachada por el vehículo 'i'.
- $E_i$ : Es la posición en la solución de la última ubicación que será despachada por el vehículo 'i'.

- $V_j$ : Es el volumen del artículo a entregarse en la ubicación respectiva a la posición 'j' de la solución.
- $V_{max}$ : Es la capacidad máxima de volumen de los vehículos.
- $W_j$ : Es el peso del artículo a entregarse en la ubicación respectiva a la posición 'j' de la solución.
- $W_{max}$ : Es la capacidad máxima de peso de los vehículos.
- *velocidad*: Es la velocidad con la que se considera se desplazarán los vehículos, en promedio.
- $t_{max}$ : Es el tiempo máximo que puede utilizar un vehículo en atender todas las ubicaciones que le corresponden.
- $n$ : Es la cantidad de vehículos que se utilizarán para atender las órdenes de despacho.
- $m$ : Es la cantidad de ubicaciones que se desea atender.

### 6.1.3 Pseudocódigo del algoritmo

A continuación, se mostrará el pseudocódigo que se usará para obtener la lista de las ubicaciones ordenadas de la forma como se van a visitar por los vehículos que serán utilizados. La estructura básica del algoritmo GRASP que se utilizará es la siguiente:

#### función algoritmo\_grasp()

```

mejor_solucion <- construir_solucion_aleatoria()
numero_iteraciones <- 0
mientras numero_iteraciones < maximo_iteraciones hacer
    solucion_candidata <- construccion_grasp()
    //Si la solución que se acaba de crear es la nueva mejor solución
    si costo(solucion_candidata) < costo(mejor_solucion) entonces
        mejor_solucion <- solucion_candidata
    fin si
    numero_iteraciones <- numero_iteraciones + 1
fin mientras
retornar mejor_solucion

```

Se considerará como 10000 el máximo de iteraciones a ejecutarse.

La función `construir_solucion_aleatoria()` crea una solución reordenando las ubicaciones de manera aleatoria. El pseudocódigo de la función `construccion_grasp()` se muestra a continuación:

#### función `construccion_grasp()`

```

solucion_candidata <- {}
ubicaciones_restantes <- ubicaciones
//Repetir hasta que la solución contenga todas las ubicaciones
mientras tamaño(solucion_candidata) < total_ubicaciones hacer
  costo_ubicaciones <- {}
  para cada ubicacion de ubicaciones_restantes hacer
    costo <- costo_añadir(solucion_candidata, ubicacion)
    añadir ubicacion, costo a costo_ubicaciones
  fin para
  //La lista restringida de candidatos (LRC)
  lrc <- {}
  min <- costo_minimo(costo_ubicaciones)
  max <- costo_maximo(costo_ubicaciones)
  para cada ubicacion, costo de costo_ubicaciones hacer
    si costo <= (min + alfa * (max - min)) entonces
      añadir ubicacion a lrc
    fin si
  fin para
  //Se selecciona aleatoriamente de la LRC
  siguiente_ubicacion <- seleccion_aleatoria(lrc)
  añadir siguiente_ubicacion a solucion_candidata
  quitar siguiente_ubicacion de ubicaciones_restantes
fin mientras
retornar solucion_candidata

```

Se considerará 0.2 para el valor del alfa, según los hallazgos realizados por Oyola y Løkketangen en un problema similar (Oyola & Løkketangen, 2014).

La función `costo_añadir(solucion_candidata, ubicacion)` calcula el costo de añadir la ubicación especificada a la solución especificada. Las funciones `costo_minimo(costo_ubicaciones)` y `costo_maximo(costo_ubicaciones)` obtienen el menor y el mayor costo, respectivamente, de la lista de los costos de las ubicaciones.

El pseudocódigo de la función `costo(solucion_candidata)` se muestra a continuación. Esta función es la que se utiliza para determinar la puntuación de cada solución generada mediante el

algoritmo GRASP, con la finalidad de poder compararlas con las demás soluciones y determinar la mejor solución.

```
función costo(solucion_candidata)
```

```
//Se inicializan los acumuladores respectivos a las restricciones
distancia <- distancia(deposito, solucion_candidata[0])
tiempo <- distancia / velocidad
peso <- peso(item(solucion_candidata[0]))
volumen <- volumen(item(solucion_candidata[0]))
//Se inicializa el acumulador referente al costo total de la solución
costo_total <- distancia
//Se inicializan los valores referentes a la capacidad del vehículo
max_peso <- peso_maximo(vehiculos[0])
max_volumen <- volumen_maximo(vehiculos[0])
vehiculo_actual <- 0
i <- 0 //Para cada ubicación...
mientras i < tamaño(solucion_candidata) - 1 hacer
    //Si añadir el siguiente producto no excede las restricciones
    si peso < (max_peso - peso(item(solucion_candidata[i + 1]))) y
        volumen < (max_volumen -
            volumen(item(solucion_candidata[i + 1]))) y
            tiempo < max_tiempo entonces
        //Se atiende el siguiente producto
        distancia_adicional <- distancia(solucion_candidata[i],
            solucion_candidata[i + 1])
        distancia <- distancia + distancia_adicional
        tiempo <- distancia / velocidad
        peso <- peso + peso(item(solucion_candidata[i + 1]))
        volumen <- volumen + volumen(item(solucion_candidata[i + 1]))
        costo_total <- costo_total + distancia_adicional
    sino
        //Se cambia de vehículo y se reinician los acumuladores
        vehiculo_actual <- vehiculo_actual + 1
        max_peso <- peso_maximo(vehiculos[vehiculo_actual])
        max_volumen <- volumen_maximo(vehiculos[vehiculo_actual])
        distancia <- distancia(deposito, solucion_candidata[i + 1])
        tiempo <- distancia / velocidad
        peso <- peso(item(solucion_candidata[i + 1]))
        volumen <- volumen(item(solucion_candidata[i + 1]))
        costo_total <- costo_total + distancia
    fin si
fin mientras
retornar costo_total
```

## **Capítulo 7. Conclusiones y trabajos futuros**

### **7.1 Conclusiones**

Se logró desarrollar un sistema de información para el monitoreo de las unidades de transporte, la asignación de los despachos a los choferes y vehículos, y la generación de rutas para la navegación en la red de carreteras. De esta forma, se usa la tecnología para dar soporte a las actividades del rubro de transporte de mercadería para mejorar el servicio que las empresas ofrecen a sus clientes.

Respecto a cada objetivo específico:

- Se desarrolló un sistema de información que puede asignar las órdenes de despacho a los choferes y los vehículos que los atenderán. Esta asignación se puede realizar tanto de forma manual como algorítmica, usando un algoritmo metaheurístico GRASP. De esta manera, el sistema permitirá a la empresa reducir el tiempo que toma la entrega de la mercadería a sus clientes, con lo que se espera se incremente el valor del servicio prestado y la satisfacción de los clientes.
- Se desarrolló además un módulo que puede permitir el monitoreo de las unidades de transporte utilizadas para atender las órdenes de entrega, el cual permite observar la ubicación en tiempo real de dichas unidades, proporcionando al usuario información que podría ser útil para detectar posibles accidentes o desvíos intencionales realizados por el chofer. Con esta información, se es posible tomar decisiones como no contratar a dicho chofer de nuevo.
- Finalmente, se desarrolló una aplicación que puede generar rutas para la navegación en la red de carreteras, lo cual también permite agilizar la entrega de mercadería a los clientes, facilitando que las entregas puedan realizarse a tiempo, sin demoras.

### **7.2 Trabajos futuros**

Debido a que en una empresa se desea la integración de los sistemas que dan soporte a sus actividades, se podría integrar el sistema con un módulo adicional de ventas. Se podría también administrar la devolución de parte de la mercancía entregada al cliente, lo cual haría que el

sistema sea más flexible. También podría considerarse agregar un algoritmo para determinar el orden de llenado de los camiones.



## Bibliografía

- Abraham, I., Delling, D., Goldberg, A. V., & Werneck, R. F. (2011). A Hub-Based Labeling Algorithm for Shortest Paths in Road Networks (pp. 230–241). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20662-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20662-7_20)
- Android Studio. (s.f.). Android Studio features | Android Developers. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://developer.android.com/studio/features/>
- Beck, K., & Andres, C. (2005). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. Addison-Wesley.
- Beetrack. (s.f.). Página Oficial de Beetrack. Recuperado el 21 de abril de 2018, a partir de <https://www.beetrack.com/>
- Bell, J. E., & McMullen, P. R. (2004). Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2004.07.001>
- Benson, D., & Whitehead, G. (2013). *Transport and Distribution: Made Simple*. Elsevier.
- Bizagi. (s.f.). Bizagi Platform Overview. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://www.bizagi.com/en/products>
- Burges, D. (2013). *Cargo theft, loss prevention, and supply chain security*. Butterworth-Heinemann.
- Colorlib. (s.f.). Gentelella. Recuperado el 27 de agosto de 2019, a partir de <https://github.com/ColorlibHQ/gentelella>
- Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria. (2013). Informe N° 17/2013-2014 Transporte Terrestre de Carga en el Perú. Recuperado el 1 de junio de 2018, a partir de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/51F6BDBEE817DFC0052581210076F6F0/\\$FILE/317\\_INFINVES17\\_transporte.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/51F6BDBEE817DFC0052581210076F6F0/$FILE/317_INFINVES17_transporte.pdf)
- Diario El Peruano. (2013). Decreto Supremo N° 013-2013-PRODUCE. Recuperado el 11 de abril de 2018, a partir de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-texto-unico-ordenado-de-la-ley-de-impulso-al-desarr-decreto-supremo-n-013-2013-produce-1033071-5/>
- Diario Gestión. (2018). Cepal eleva ligeramente su pronóstico de crecimiento para Perú en 2018. Recuperado el 11 de octubre de 2018, a partir de <https://gestion.pe/economia/cepal-eleva-ligeramente-pronostico-crecimiento-peru-2018-242432>
- Diario Gestión. (2018). ¿Cómo enfrentar la inseguridad en transporte? Recuperado el 1 de junio de 2018, a partir de <https://gestion.pe/suplemento/comercial/maquinarias-camiones/enterate-como-enfrentar-inseguridad-transporte-carga-1003286>

Django. (s.f.). Página oficial de Django. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://www.djangoproject.com/>

El-Rabbany, A. (2002). Introduction to GPS: the Global Positioning System. Artech House.

Google. (s.f.). What are the Google Maps APIs? Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://developers.google.com/maps/faq#whatis>

Gosling, J., Joy, B., Steele, G., Bracha, G., & Buckley, A. (2015). The Java ® Language Specification Java SE 8 Edition. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se8/jls8.pdf>

Hill, N., Brierley, J., & MacDougall, R. (2017). How to measure customer satisfaction. Taylor & Francis.

Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú. (s.f.). Calendario de Riesgos. Recuperado el 2 de abril de 2018, a partir de <https://www.indeci.gob.pe/calendario.php>

Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú. (s.f.). Glosario de Términos. Recuperado el 16 de abril de 2018, a partir de <https://www.indeci.gob.pe/glosario-terminos.php>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2013). Micro, Pequeñas y Medianas empresas concentran más del 20% de las ventas. Recuperado el 2 de abril de 2018, a partir de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/micro-pequenas-y-medianas-empresas-concentran-mas/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Perú: Estructura Empresarial, 2016. Recuperado a partir de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1445/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1445/libro.pdf)

Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. (s.f.). Hogares con Acceso a Tecnologías de Información y Comunicación. Recuperado el 18 de mayo del 2018, a partir de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/households-with-access-to-information-and-communic/>

International Monetary Fund. (2017). World Economic Outlook (October 2017) - Real GDP growth. Recuperado el 2 de abril de 2018, a partir de [http://www.imf.org/external/datamapper/NGDP\\_RPCH@WEO/PER](http://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/PER)

Leaflet. (s.f.). Leaflet. Recuperado el 1 de mayo de 2019, a partir de <https://leafletjs.com/>

Lowe, D. (2002). The Dictionary of Transport and Logistics. Kogan Page.

Martí, R., & Reinelt, G. (2011). The Linear Ordering Problem (Vol. 175). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-16729-4>

Neapolitan, R. E., & Naimipour, K. (2011). *Foundations of Algorithms*. Jones & Bartlett Learning.

Osman, I. H., & Kelly, J. P. (1996). *Meta-Heuristics: Theory and Applications*. Springer US.

Ortega-Arranz, H., Llanos, D. R., & Gonzalez-Escribano, A. (2014). *The Shortest-Path Problem: Analysis and Comparison of Methods*. Morgan & Claypool Publishers.

Oyola, J., & Løkketangen, A. (2014). GRASP-ASP: An algorithm for the CVRP with route balancing. *Journal of Heuristics*, 20(4), 361–382. <https://doi.org/10.1007/s10732-014-9251-4>

Periódico Perú21. (2017). Huaicos y lluvias afectan la operatividad de los exportadores, afirma ADEX. Recuperado el 1 de junio de 2018, a partir de <https://peru21.pe/economia/huaicos-lluvias-afectan-operatividad-exportadores-afirma-adex-70617>

Porter, M. E. (2008). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.

PostgreSQL. (s.f.). PostgreSQL: About. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://www.postgresql.org/about/>

Python. (s.f.). What is Python? Executive Summary. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>

Resende, M. G. C., & Ribeiro, C. C. (2016). *Optimization by GRASP: Greedy Randomized Adaptive Search Procedures*. Springer.

Sawamoto, J., Tsuji, H., & Koizumi, H. (2002). Continuous Truck Delivery Scheduling and Execution System with Multiple Agents (pp. 190–204). Springer, Berlin, Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/3-540-45680-5\\_14](http://doi.org/10.1007/3-540-45680-5_14)

StarUML. (s.f.). Página oficial de StarUML. Recuperado el 2 de junio de 2018, a partir de <http://staruml.io/>

The World Bank. (2017). Peru Overview. Recuperado el 2 de abril de 2018, a partir de <http://www.worldbank.org/en/country/peru/overview>

Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*. SIAM.

Van Breedam, A. (1996). An analysis of the effect of local improvement operators in genetic algorithms and simulated annealing for the vehicle routing problem.

Waze. (s.f.). Página oficial de Waze. Recuperado el 22 de abril de 2018, a partir de <https://www.waze.com/>

WiseTrack. (s.f.). Página oficial de WiseTrack. Recuperado el 22 de abril de 2018, a partir de <http://www.wisetrack.com/>

Zhang, R. (2013). Applying RFID and GPS Tracker for Ensuring Cargo Transportation Security. In LISS 2012 (pp. 931–936). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32054-5\\_130](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32054-5_130)

Zimmerman, R. (2012). Transport, the Environment and Security: Making the Connection. Edward Elgar.



# Anexos

## A. Cronograma del Proyecto:

<b>1. Fase de Análisis</b>			<b>8 días</b>	<b>01/08/2018</b>	<b>09/08/2018</b>
1.1. Captura de Requisitos			3 días	01/08/2018	04/08/2018
1.2. Modelado del Proceso			3 días	04/08/2018	07/08/2018
1.3. Redacción del Capítulo "Documento de modelo del proceso"			2 días	07/08/2018	09/08/2018
<b>2. Fase de Diseño</b>			<b>25 días</b>	<b>09/08/2018</b>	<b>03/09/2018</b>
2.1. Diagrama Entidad-Relación			3 días	09/08/2018	12/08/2018
2.2. Mockups de la Aplicación de Programación de Despachos			5 días	12/08/2018	17/08/2018
2.3. Redacción del Capítulo "Documento de análisis y diseño de la aplicación para programación de despachos"			2 días	17/08/2018	19/08/2018
2.4. Mockups de la Aplicación Generadora de Rutas			5 días	19/08/2018	24/08/2018
2.5. Redacción del Capítulo "Documento de análisis y diseño de la aplicación generadora de rutas"			2 días	24/08/2018	26/08/2018
2.6. Mockups de la Aplicación de Monitoreo			5 días	26/08/2018	31/08/2018
2.7. Redacción del Capítulo "Documento de análisis y diseño de la aplicación de monitoreo"			2 días	31/08/2018	02/09/2018
2.8. Actualización del Documento			1 día	02/09/2018	03/09/2018
<b>3. Fase de Implementación</b>			<b>63 días</b>	<b>03/09/2018</b>	<b>05/11/2018</b>
3.1. Redacción del Capítulo "Aplicación para programar los despachos"			2 días	03/09/2018	05/09/2018
3.2. Redacción del Capítulo "Aplicación generadora de rutas"			2 días	05/09/2018	07/09/2018
3.3. Redacción del Capítulo "Servidor de la aplicación de monitoreo"			2 días	07/09/2018	09/09/2018
3.4. Redacción del Capítulo "Cliente de la aplicación de monitoreo"			2 días	09/09/2018	11/09/2018
3.5. Implementación del Servidor de la Aplicación de Monitoreo			10 días	11/09/2018	21/09/2018
3.6. Implementación del Cliente de la Aplicación de Monitoreo			10 días	21/09/2018	01/10/2018
3.7. Actualización del Documento			1 día	01/10/2018	02/10/2018
3.8. Diseño e Implementación del Algoritmo Generador de Rutas			4 días	02/10/2018	06/10/2018
3.9. Implementación de la Aplicación Generadora de Rutas			12 días	06/10/2018	18/10/2018
3.10. Actualización del Documento			1 día	18/10/2018	19/10/2018
3.11. Diseño e Implementación del Algoritmo para la Programación de Despachos			4 días	19/10/2018	23/10/2018
3.12. Implementación de la Aplicación de Programación de Despachos			12 días	23/10/2018	04/11/2018
3.13. Actualización del Documento			1 día	04/11/2018	05/11/2018
<b>4. Fase de Pruebas</b>			<b>10 días</b>	<b>05/11/2018</b>	<b>15/11/2018</b>
4.1. Pruebas Finales para la Aplicación de Monitoreo			3 días	05/11/2018	08/11/2018
4.2. Pruebas Finales para la Aplicación Generadora de Rutas			3 días	08/11/2018	11/11/2018
4.3. Pruebas Finales para la Aplicación de Programación de Despachos			3 días	11/11/2018	14/11/2018
4.4. Actualización del Documento			1 día	14/11/2018	15/11/2018