



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de los procesos clave y de un algoritmo para la gestión de una red de distribución de mercancías entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Producción,
Logística y Cadena de Suministro

AUTOR/A: Valdez , Geovanny

Tutor/a: Alarcón Valero, Faustino

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE MÁSTER DE INGENIERÍA AVANZADA
DE PRODUCCIÓN, LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

DISEÑO DE LOS PROCESOS CLAVE Y DE UN ALGORITMO PARA LA GESTIÓN DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS ENTRE INDUSTRIALES Y TENDEROS DE LA CIUDAD DE LOJA, ECUADOR.

AUTOR: GEOVANNY ROLANDO VALDEZ MASACHE

TUTOR: FAUSTINO ALARCÓN VALERO

Curso Académico: 2021-22

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi tutor, al Doctor Faustino Alarcón Valero, por la orientación, conocimientos, experiencia y palabras de aliento recibidos a lo largo del desarrollo de mi trabajo de fin de máster TFM.

A los demás docentes de la Universidad Politécnica de València, pues su experiencia y conocimientos fueron determinantes para culminar uno de los objetivos que me he planteado para mi vida.

Al Ingeniero Kelvin Sigcho, gerente general de la industria de alimentos La Sureñita S.A., por la apertura en conocer de primera mano el funcionamiento logístico de su organización, la cual me permitió abordar ciertos apartados de este TFM con mayor claridad.

Finalmente, quiero agradecer a mis padres †Franco Rolando Valdez Sotomayor y a mi madre Amparo del Cisne Masache Pinzón, por su apoyo constante en cada objetivo que me he propuesto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN.....	11
MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	12
PROBLEMÁTICA.....	14
OBJETIVOS	16
METODOLOGÍA Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN	17
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE.....	18
<i>1.1 Logística y transporte en el Ecuador</i>	<i>18</i>
1.1.1 Desempeño logístico	18
1.1.2 Inversión en TICS	19
1.1.3 Comercio electrónico en el Ecuador	20
1.1.4 Información empresarial del cantón Loja.....	21
<i>1.2 Procesos de negocio</i>	<i>22</i>
1.2.1 Gestión de procesos de negocio	23
1.2.2 Ciclo de vida de los procesos de negocio	23
1.2.3 Las TICs y la BPM	26
1.2.3.1 BPMN 2.0.....	26
<i>1.3 Transporte de mercancías</i>	<i>27</i>
1.3.1 Logística urbana.....	29
1.3.2 Tipos estrategias de distribución.....	30
1.3.2.1 Envíos directos (Many-To-Many)	30
1.3.2.2 Envíos Hub-&-Spoke	30
1.3.2.3 Envíos con paradas múltiples (Peddling).....	31
1.3.3 Canales de distribución	31
<i>1.4 Problema de ruteo de vehículos</i>	<i>33</i>
CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LOS PROCESOS CLAVE PARA LA GESTIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN... 36	
<i>2.1 Identificación de los procesos.....</i>	<i>36</i>
<i>2.2 Descripción de los procesos y subprocesos.....</i>	<i>38</i>
2.1.1 Proceso de solicitud de pedidos (PSP).....	39
2.1.1.1 Descripción del proceso de solicitud de pedidos (PSP).....	39
2.1.1.2 Cliente del proceso de solicitud de pedidos (PSP)	39
2.1.1.3 Objetivos del proceso de solicitud de pedidos (PSP)	39
2.1.1.4 KPIs del proceso de solicitud de pedidos (PSP)	40
2.1.1.5 Modelado del proceso de solicitud de pedidos por App móvil.....	44
2.1.2 Proceso de gestión de pedidos (PGP).....	44
2.1.2.1 Descripción del proceso de gestión de pedidos (PGP)	44
2.1.2.2 Cliente del proceso de gestión de pedidos (PGP)	45

2.1.2.3	Objetivos del proceso de gestión de pedidos (PGP)	45
2.1.2.4	KPI del proceso de gestión de pedidos (PGP)	46
2.1.2.5	Modelado del proceso de gestión de pedidos en Plataforma Web	46
2.1.3	Subproceso de preparación de pedidos (SPP)	48
2.1.3.1	Descripción del subproceso de preparación de pedidos (SPP)	48
2.1.3.2	Cliente del subproceso de preparación de pedidos (SPP)	48
2.1.3.3	Objetivos del subproceso de preparación de pedidos (SPP)	48
2.1.3.4	KPIs del subproceso de preparación de pedidos (SPP)	49
2.1.3.5	Modelado del subproceso de preparación de pedidos	51
2.1.4	Subproceso de distribución de pedidos (SDP)	51
2.1.4.1	Descripción del subproceso de distribución de pedidos (SDP)	51
2.1.4.2	Cliente del subproceso de distribución de pedidos (SDP)	52
2.1.4.3	Objetivos del subproceso de distribución de pedidos (SDP)	52
2.1.4.4	KPIs del subproceso de distribución de pedidos (SDP)	52
2.1.4.5	Modelo del subproceso de entrega de mercancías	54
2.1.5	Tabla de indicadores compuesta de procesos y subprocesos	55
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL ALGORITMO Y APLICACIÓN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN		57
3.1	<i>Diseño del algoritmo</i>	58
3.1.1	Datos de entrada	60
3.1.2	Asignación de cargas en los camiones	60
3.1.3	Asignación de la ruta de distribución	60
3.1.4	Datos de salida	61
3.2	<i>Aplicación del algoritmo sobre una red de distribución</i>	62
3.2.1	Datos de entrada	62
3.2.2	Funcionamiento del algoritmo	65
3.3	<i>Comparativa con la distribución de pedidos mediante un centro de consolidación</i>	72
CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO		77
4.1	<i>Costes de desarrollo del documento</i>	77
4.1.1	Costes de honorarios de desarrollo	77
4.1.2	Costes de materiales empleados para el desarrollo del documento	77
4.1.3	Coste total de desarrollo del documento	78
4.2	<i>Coste de implementación del proyecto</i>	78
4.2.1	Coste de mano de obra para la implementación	78
4.2.2	Costes de adquisición de equipos requeridos para la implementación	80
4.2.3	Coste total de implementación del proyecto	80
4.3	<i>Coste total del proyecto</i>	80
4.4	<i>Retorno de la inversión</i>	81
4.4.1	Plan de comercialización	81
4.4.1.1	Servicio	81
4.4.1.2	Precio	82

4.2.1.3 Plaza.....	82
4.2.1.4 Promoción	83
4.2.1.5 Personal.....	83
4.2.1.6 Proveedores	83
4.4.2 Estimación de ventas.....	84
4.2.2.1 Flujo de caja mensual	84
4.4.3 Valor actualizado neto VAN.....	86
4.4.4 Tasa interna de retorno TIR.....	87
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango y puntaje de indicadores de desempeño LPI. (Fuente: THE WORLD BANK, 2022) ¹	19
Tabla 2. Empresas oficiales de transporte de carga en la ciudad de Loja, año 2015. (Fuente: GAD Municipal de Loja, 2015). ²	21
Tabla 3. Ciclo de vida de la BPM por Ramadhani & Mahendrawathi. (Fuente: Ramadhani & Mahendrawathi, 2019).....	23
Tabla 4. Actividades para desarrollar según el ciclo de vida de la BPM. (Fuente: elaboración propia)	36
Tabla 5. Ejemplo de un catálogo de productos de un industrial. (Fuente: elaboración propia).	41
Tabla 6. Encuesta de satisfacción del usuario de la App móvil. (Fuente: elaboración propia).....	42
Tabla 7. Tabla de indicadores de los procesos y subprocesos. (Fuente: elaboración propia).....	56
Tabla 8. Datos de entrada para el cálculo de costes y tiempos de transporte en la ruta de distribución. (Fuente: elaboración propia).....	64
Tabla 9. Datos de demanda aleatoria para la ruta de distribución. (Fuente: elaboración propia).	64
Tabla 10. Costes de distribución de la Ruta 1. (Fuente: elaboración propia).	66
Tabla 11. Tiempos de distribución de la Ruta 1. (Fuente: elaboración propia).....	66
Tabla 12. Costes de distribución de la Ruta 2. (Fuente: elaboración propia).....	68
Tabla 13. Tiempos de distribución de la Ruta 2. (Fuente: elaboración propia).....	68
Tabla 14. Costes de distribución de la Ruta 3. (Fuente: elaboración propia).	70
Tabla 15. Tiempos de distribución de la Ruta 3. (Fuente: elaboración propia).....	70
Tabla 16. Costes de distribución mediante un CDC. (Fuente: elaboración propia).	72
Tabla 17. Tiempos de distribución mediante un CDC. (Fuente: elaboración propia).	72
Tabla 18. Comparativa de costos y tiempos de distribución totales (Fuente: elaboración propia).	74
Tabla 19. Cálculo de costes de honorarios de desarrollo. (Fuente: elaboración propia).	77
Tabla 20. Cálculo de costes de materiales empleados (Fuente: elaboración propia).	78
Tabla 21. Coste total de desarrollo del documento. (Fuente: Elaboración propia).....	78
Tabla 22. Cálculo de costes de mano de obra para la implementación. (Fuente: Elaboración propia).	79
Tabla 23. Costes de adquisición de equipos, materiales y licencias para la implementación. (Fuente: elaboración propia).	80
Tabla 24. Coste total de implementación del proyecto. (Fuente: elaboración propia).....	80
Tabla 25. Coste total del proyecto. (Fuente: elaboración propia).....	81
Tabla 26. Costes y precios del servicio de gestión y distribución de pedidos. (Fuente: elaboración propia).	82
Tabla 27. Gastos asociados a la plaza de trabajo. (Fuente: elaboración propia).....	82
Tabla 28. Gastos asociados a la promoción del servicio. (Fuente: elaboración propia).....	83
Tabla 29. Gastos asociados al personal. (Fuente: elaboración propia).	83
Tabla 30. Costes y precio del servicio (Fuente: elaboración propia).	84
Tabla 31. Estimación de ventas para el primer mes de operaciones. (Fuente: elaboración propia). ..	84
Tabla 32. Flujo de caja mensual. (Fuente: elaboración propia).....	85
Tabla 33. Flujo de caja anual. (Fuente: elaboración propia).....	85
Tabla 34. Cálculo del VAN. (Fuente: elaboración propia).	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Radar comparativo del desempeño logístico LPI del Ecuador 2018. (Fuente: THE WORLD BANK, 2022). ¹	19
Ilustración 2. Porcentaje de empresas que realizan inversión en TICs, según sector económico. (Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015).....	20
Ilustración 3. Ciclo de vida de la BPM por Czvetkó. (Fuente: Czvetkó et al., 2021).....	24
Ilustración 4. Servicios de transporte FTL y LTL. (Fuente: LOGISTICS, 2022).	28
Ilustración 5. Tipos de estrategias de distribución. (Fuente: Estrada Romeu, 2007).	30
Ilustración 6. Etapas de la cadena de suministro. (Fuente: Chopra & Meindl, 2006).	31
Ilustración 7. Canales de distribución. (Fuente: Acosta, 2017).	32
Ilustración 8. Conjunto de variaciones típicas de VRP. (Fuente: González Vagas & González Aristizábal, 2006).....	34
Ilustración 9. Mapa de procesos para la gestión de la red de distribución. (Fuente: elaboración propia).	36
Ilustración 10. Participantes de la red de distribución en la ciudad de Loja. (Fuente: elaboración propia).	37
Ilustración 11. Esquema logístico base para el diseño de los procesos de la gestión de la red de distribución. (Fuente: elaboración propia).....	37
Ilustración 12. Procesos operativos clave a diseñar. (Fuente: elaboración propia).	38
Ilustración 13. Ficha del proceso de solicitud de pedidos. (Fuente: elaboración propia).	39
Ilustración 14. Modelado del proceso de solicitud de pedidos por App móvil. (Fuente: elaboración propia).	44
Ilustración 15. Ficha del proceso gestión de pedidos. (Fuente: elaboración propia).....	45
Ilustración 16. Modelado de gestión de pedidos en Plataforma Web. (Fuente: elaboración propia).	47
Ilustración 17. Ficha del subproceso de preparación de pedidos. (Fuente: elaboración propia).	48
Ilustración 18. Modelado del subproceso de preparación de pedidos. (Fuente: elaboración propia).	51
Ilustración 19. Ficha del subproceso de distribución de mercancías. (Fuente: elaboración propia). ..	52
Ilustración 20. Modelado del subproceso de distribución de pedidos. (Fuente: elaboración propia).	55
Ilustración 21. Diseño de la red de distribución con estrategia Peddling en modo B2B. (Fuente: elaboración propia).	57
Ilustración 22. Algoritmo diseñado para la gestión de redes de distribución Peddling en entornos B2B. (Fuente: elaboración propia)	59
Ilustración 23. VRP similares al problema de ruteo de vehículos perseguido. (Fuente: elaboración propia).	61
Ilustración 24. Configuración de las unidades de carga. (Fuente:(Mecalux, 2022).....	63
Ilustración 25. Dimensiones del vagón del camión. (Fuente: Grupo Mavesa, 2022).	63
Ilustración 26. Ruta de distribución ejemplificada. (Fuente: elaboración propia).	65
Ilustración 27. Estrategia de distribución Peddling para T1. (Fuente: elaboración propia).	67
Ilustración 28. Estrategia de distribución Peddling para T3. (Fuente: elaboración propia).	69
Ilustración 29. Estrategia de distribución Peddling para T3, T4 y T5. (Fuente: Elaboración propia)....	71
Ilustración 30. Estrategia de distribución mediante un CDC. (Fuente: elaboración propia).	73

RESUMEN

El aumento del nivel de vida y del poder adquisitivo en las economías emergentes ha contribuido a un mayor consumo y, por tanto, a nuevos retos en la innovación y el desarrollo de la logística, especialmente la relacionada con la última milla. En este contexto, las actividades logísticas “Business To Business” (B2B) en las ciudades tienden a fragmentarse, ya que los diferentes proveedores logísticos tratan de satisfacer las demandas de los clientes con sus propios recursos. La fragmentación y descentralización de la logística impide que las empresas optimicen el uso de sus recursos individuales y, la mayoría de las veces, se traduce en un aumento de costes y en una disminución del servicio al cliente. Una de las prácticas que más se está imponiendo para resolver estos problemas es el desarrollo de modelos basados en el uso de la tecnología y en las economías colaborativas.

En consecuencia, cada vez se desarrollan más plataformas y aplicaciones en línea para ayudar a las empresas en la entrega de las mercancías y poder facilitar el aumento de los ingresos y la reducción de costes. Estas plataformas están surgiendo rápidamente con la llegada de modelos de negocio similares al de "Uber" debido a la importancia de hacer coincidir la demanda y la oferta de forma eficiente en entornos industriales. En el caso del Ecuador, por ejemplo, la logística y transporte ha tenido un bajo desempeño debido a la falta de inversión en infraestructura, poca formación y desarrollo de tecnologías de la información y comunicación (TICs) que ha conllevado que las empresas no manejen un control eficiente de los pedidos y entregas a través de procesos bien definidos. Esto se traduce en retrasos y en una falta de seguimiento y localización a la hora de entregar las mercancías a los consumidores.

En el presente trabajo, se diseñan los procesos clave **haciendo uso del lenguaje BPMN 2.0 a través del Modelador Bizagi**, para la gestión de pedidos y entregas de mercancías entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador. Adicionalmente, se diseña un algoritmo que, conjuntamente con los procesos clave, permite gestionar la red distribución de mercancías aplicando una estrategia de distribución Peddling, que funciona a través de un canal corto de distribución en modo B2B. El objetivo es conectar de manera rápida y eficiente la producción local con los tenderos o detallistas. Más concretamente, los procesos clave a diseñar son: 1. El proceso de solicitud de pedidos; y, 2. La gestión de pedidos con sus respectivos subprocesos como la preparación de pedidos y la **distribución** desde las industrias a las tiendas. El diseño del algoritmo, por otra parte, **procesa los datos de entrada para la asignación de cargas en los camiones y la asignación de rutas de distribución a cubrir** en el menor coste y tiempos posibles. El diseño, tanto de los procesos clave como del algoritmo, permitirán tener una base para la construcción futura **de modelos matemáticos que permitan la construcción** de un software especializado que soporte la gestión de pedidos y la distribución de mercancías, apoyado en una App móvil y una Plataforma Web, que sirva como Marketplace.

Palabras clave: Gestión de Procesos de Negocio; Mejora de procesos de negocio; Algoritmo; Proceso de Gestión de Pedidos; Red de distribución; Business to Business (B2B)

ABSTRACT

The increasing living standards and purchasing power in the emerging economies have contributed to a higher consumption, so, to new challenges in innovation and logistics development, especially the related to the last mile. In this context, the "Business To Business" (B2B) logistics activities in cities use to fragment, due to the different logistics providers try to satisfy the customer demands with their own sources. Logistics fragmentation and decentralization prevents that companies optimized their individual resources using, and most of the time it results in costs increase and customer service decrease. One of the practices that is imposing to solve these problems is the development of models based on the technology use and collaborative economies.

As a result, more online platforms and applications are being developed to help companies in the goods delivery to facilitate the increases grow and cost reduction. These platforms are rapidly emerging with the arrival of business models like "Uber" due to the importance of matching the demand and the supply efficiently in industrial environments. In the case of Ecuador, for example, logistics and transportation has had a low performance due to the lack of investment in infrastructure, little training and development in information and communication technologies (ICTs) that has implied that companies do not manage an efficient control of orders and deliveries through well-defined processes. This interprets in delays and a lack of tracking and tracing at the moment to deliver goods to consumers.

In this research, the key processes are designed **using the BPMN 2.0 language through the Bizagi Modeler**, for the management of orders and deliveries of goods between industrial people and shopkeepers in the city of Loja, Ecuador. Additionally, an algorithm is designed that, combined with the key processes, allows managing the goods distribution network by applying a Peddling distribution strategy, which works through a short distribution channel in B2B mode. The aim is to connect local production quickly and efficiently with shopkeepers or retailers. More specifically, the key processes to be designed are: 1. The order request process; and 2. The order management with its respective sub-processes like the order preparation and **distribution** from the industries to the stores. The algorithm design, on the other hand, **processes the input data for the allocation of truck loads and the allocation of distribution routes to be covered** in the shortest and possible cost and time. The design, such as the processes as the algorithm, allows to have a basis for the future building **of mathematical models that allow the building** of a specialized software that supports the orders management and the goods distribution, supported by a mobile App and a Web Platform, that serves as a Marketplace.

Keywords: Business Process Management; Business Process Improvement; Algorithm; Order Management Process; Distribution Network; Business to Business (B2B); Business to Business (B2B)

RESUM

L'augment del nivell de vida i del poder adquisitiu en les economies emergents ha contribuït a un major consum i, per tant, a nous reptes en la innovació i el desenvolupament de la logística, especialment la relacionada amb l'última milla. En aquest context, les activitats logístiques "Business To Business" (B2B) a les ciutats tendeixen a fragmentar-se, ja que els diferents proveïdors logístics tracten de satisfer les demandes dels clients amb els seus propis recursos. La fragmentació i descentralització de la logística impedeix que les empreses optimitzen l'ús dels seus recursos individuals i, la majoria de les vegades, es tradueix en un augment de costos i en una disminució del servei al client. Una de les pràctiques que més s'està imposant per a resoldre aquests problemes és el desenvolupament de models basats en l'ús de la tecnologia i en les economies col·laboratives.

En conseqüència, cada vegada es desenvolupen més plataformes i aplicacions en línia per a ajudar a les empreses en el lliurament de les mercaderies i poder facilitar l'augment dels ingressos i la reducció de costos. Aquestes plataformes estan sorgint ràpidament amb l'arribada de models de negoci similars al de "Uber" a causa de la importància de fer coincidir la demanda i l'oferta de manera eficient en entorns industrials. En el cas de l'Equador, per exemple, la logística i transport ha tingut un baix exercici a causa de la falta d'inversió en infraestructura, poca formació i desenvolupament de tecnologies de la informació i comunicació (TICs) que ha comportat que les empreses no manegen un control eficient de les comandes i lliuraments a través de processos ben definits. Això es tradueix en retards i en una falta de seguiment i localització a l'hora d'entregar les mercaderies als consumidors.

En el present treball, es dissenyen els processos clau **fent ús del llenguatge BPMN 2.0 a través del Modelador Bizagi**, per a la gestió de comandes i lliuraments de mercaderies entre industrials i botiguers de la ciutat de Loja, l'Equador. Addicionalment, es dissenya un algorisme que, conjuntament amb els processos clau, permet gestionar la xarxa de distribució de mercaderies aplicant una estratègia de distribució ***Peddling**, que funciona a través d'un canal curt de distribució en manera B2B. L'objectiu és connectar de manera ràpida i eficient la producció local amb els botiguers o detallistes. Més concretament, els processos clau a dissenyar són: 1. El procés de sol·licitud de comandes; i, 2. La gestió de comandes amb els seus respectius subprocessos com la preparació de comandes i la **distribució** des de les indústries a les botigues. El disseny de l'algorisme, d'altra banda, **processa les dades d'entrada per a l'assignació de càrregues en els camions i l'assignació de rutes de distribució a cobrir en el menor cost i temps possibles**. El disseny, tant dels processos clau com de l'algorisme, permetran tindre una base per a la construcció futura **de models matemàtics que permeten la construcció** d'un programari especialitzat que suport la gestió de comandes i la distribució de mercaderies, recolzat en una App mòbil i una Plataforma Web, que servisca com Marketplace.

Paraules clau: Gestió de Processos de Negoci; Millora de processos de negoci; Algorisme; Procés de Gestió de Comandes; Xarxa de distribució; Business to Business (B2B)

INTRODUCCIÓN

El aumento del nivel de vida y del poder adquisitivo en las economías emergentes ha contribuido a un mayor consumo y, por tanto, al incremento y desarrollo de la logística, especialmente la relacionada con la última milla. Sin una participación en tecnología y economías colaborativas, las actividades logísticas como las entregas B2B “Business To Business” dentro de las ciudades tenderán a fragmentarse, ya que los diferentes proveedores logísticos tratan de satisfacer las demandas de los clientes con sus propios recursos (Lau & Li, 2021).

En la ciudad de Loja, Ecuador, no existe actualmente una forma colaborativa entre industriales y consumidores o clientes para acercar los bienes producidos en el menor tiempo y costes posibles, sin causar además caos en las ciudades, como congestión vehicular o contaminación por las emisiones de gases de efecto invernadero por la combustión de combustibles fósiles como el diésel y la gasolina.

Sin embargo, a nivel global, cada vez más se desarrollan plataformas y aplicaciones en línea para ayudar a los transportistas y empresas con propia flota de vehículos a encontrar nuevas formas de reducir sus costes de entrega y así aumentar sus ingresos. Estas plataformas están surgiendo rápidamente con la llegada de modelos de negocio similares al de "Uber" debido a la importancia de hacer coincidir la demanda y la oferta de forma eficiente (Lau & Li, 2021).

En este contexto, el presente trabajo plantea el diseño de los procesos clave: 1. Solicitud de pedidos; y, 2. Gestión de pedidos, con sus respectivos subprocesos, como la preparación de pedidos y la distribución de producto desde las industrias a las tiendas. Adicionalmente, se diseña un algoritmo para la gestión de una red de distribución de mercancías con estrategia Peddling y con conexión directa B2B “Business To Business” entre los industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador, con la intención de mejorar la gestión de compraventa y distribución de mercancías entre los participantes.

MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La justificación de este Trabajo de Fin de Máster se puede explicar desde dos puntos de vista, el académico y el industrial:

Motivación y justificación académica

La justificación académica de este Trabajo de fin de Máster (TFM) es la indispensable necesidad de desarrollarlo para la obtención del título de Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Producción Logística y Cadena de Suministro (MUIAPLCS). El desarrollo de este trabajo se ha conseguido gracias a los conocimientos adquiridos de cada una de las materias recibidas en el máster, por mencionar algunas como, gestión de procesos de negocio, sistema de gestión del rendimiento, operadores logísticos y estrategia de la cadena de suministro, principalmente.

De modo que, la motivación académica en realizar este TFM va de la mano con los conocimientos adquiridos en el máster, ya que se permite dar el primer paso para alcanzar una gestión operativa ágil y colaborativa entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador. El conseguir aplicar este trabajo a través de la investigación y a través del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), sería beneficioso para los actores de la cadena de suministro, ya que se cree que, conectar de manera directa “Business To Business (B2B)” los bienes producidos por los industriales con los tenderos de la mencionada ciudad se reducirían tiempos, costes y contaminación ambiental en la distribución de las mercancías.

Motivación y justificación Industrial

La justificación industrial de este trabajo se fundamenta en que las ventas mundiales de comercio electrónico al por menor aumentaron de 2,3 billones de dólares en 2017 a 4,5 billones a finales de 2021. Pese a ello, los mercados emergentes presentan algunos obstáculos comunes en este crecimiento, como la falta de recursos humanos cualificados, una conectividad a Internet limitada, la falta de redes logísticas sólidas y la ausencia de un entorno jurídico y normativo sólido para el comercio electrónico (Janjevic & Winkenbach, 2020).

Además, el comercio electrónico también ha sido una poderosa herramienta en el mercado del transporte de mercancías (Xu & Huang, 2013), en donde, los retos en las entregas de la última milla en entornos urbanos son aún más importantes en los mercados emergentes. En estos entornos, elevadas tasas de urbanización dan lugar a la aparición de ciudades especialmente grandes y densamente pobladas, por lo que, el desarrollo de infraestructuras adecuadas y la planificación del transporte no pueden seguir el ritmo del rápido aumento de la propiedad de vehículos. Debido a sus características topológicas y a la calidad general de la infraestructura vial, algunas zonas de las ciudades de las economías en desarrollo no son fácilmente accesibles para los vehículos comerciales más grandes o incluso para los automóviles (Comi & Savchenko, 2021).

El Ecuador, por ejemplo, sigue teniendo déficits en infraestructura logística especializada, pues el país requiere progresar en la inversión en infraestructuras viales y de soporte a las cadenas productivas, redes comerciales y una oferta diversificada de servicios logísticos de valor añadido, pues así se menciona en el Perfil Logístico de América Latina PERLOG, en el que se incluye un sistema de indicadores para la monitorización del Nivel de Cumplimiento de los Lineamientos Estratégicos de la Logística Regional a Largo Plazo INDILOG (CAF, 2016).

A nivel internacional, Ecuador obtiene valores relativamente bajos respecto al Índice de Desempeño Logístico medido a nivel mundial con la participación de la mayoría de los países. Las bajas puntuaciones están condicionadas por la inexistencia de economías de escala y el desbalance de importaciones y exportaciones, a la vez que, por una muy deficiente conectividad interna, en la que intervienen una serie de elementos como infraestructura vial y tecnología, por ejemplo (THE WORLD BANK, 2022).

Todo esto se resume en que, algunas industrias como las de la ciudad de Loja, Ecuador, por ejemplo, no puedan disponer de procesos de mejora ni de tecnologías en lo referente a la logística y transporte, por la falta de inversión en infraestructura y educación referente a este rubro. Por tales motivos, la motivación en realizar este trabajo es la de aportar al mejoramiento de la eficiencia operativa en la gestión logística urbana de la ciudad de Loja, para permitir una conexión directa entre industriales y tenderos, con la finalidad de reducir los costes de comercialización, tiempos de entrega y mejorar la calidad de la logística y el transporte.

PROBLEMÁTICA

Las industrias del sector de alimentos de la ciudad de Loja, Ecuador, venden sus productos a tiendas de barrio, minoristas o mayoristas a nivel local, nacional e incluso a nivel internacional. En la gestión de ventas, a nivel local, habitualmente, algunas industrias como LA SUREÑITA S.A. manejan aplicaciones de mensajería como WhatsApp para receptar los pedidos, otras disponen de vendedores que realizan visitas a las tiendas de barrio o minoristas para ofrecer sus productos y recibir pedidos y, otras optan por hacer uso de un canal de ventas por correo electrónico o mediante llamadas telefónicas.

Pocas industrias de la localidad tienen algo en común y es que, cada una de ellas manejan sus propios canales de venta de manera independiente incluido el propio transporte. Otras industrias, por el contrario, no lo pueden hacer porque carecen de los recursos para invertir en la compra de vehículos para la distribución e inversión en servicios informatizados para la gestión de compraventa y distribución de las mercancías. Ante esta situación, se encuentran algunos inconvenientes que se detallan a continuación:

1. La realización de visitas por parte de los vendedores a los tenderos incurre en **tiempos muertos de desplazamiento**. También, sucede que, cuando realizan las visitas programadas no reciben pedidos debido a que todavía sus clientes disponen de mercadería en sus estanterías, lo que conlleva a un desplazamiento innecesario.
2. En ciertos días o semanas **los tenderos se quedan desabastecidos** y, si la industria no dispone de un sistema eficiente para la gestión de pedidos, el tendero deberá llamar al vendedor para que lo visite y así poder realizar su pedido, lo que conlleva nuevamente a un desplazamiento que se traduce en costes para la empresa y posiblemente una pérdida de ventas por parte del tendero al no contar con la mercancía a tiempo.
3. Al no contar con una gestión de pedidos eficiente, en tiempo real y colaborativa, **los camiones se pueden ir de las instalaciones de los industriales semivacíos, desperdiciando espacio, combustible y tiempo**. Como puede también ocurrir lo contrario, que, al haber una cantidad grande de pedidos, hagan falta camiones para la distribución lo que incurre en retrasos.
4. Al no disponer de información en tiempo real de cómo se está comportando la demanda respecto a los pedidos en un determinado periodo de tiempo, las industrias pueden verse inmersas en **órdenes de producción muy por encima o por debajo de lo realmente necesario**, lo que conlleva que se generen gastos innecesarios de almacenamiento o pedidos no servidos por falta de producción.
5. Por último, pero no menos importante, es necesario hacer consciencia y **aplicar las normativas establecidas para la logística de distribución** terrestre en la ciudad de Loja y a nivel de país, respecto a las unidades de carga y a la capacidad de carga de los vehículos para lograr una estandarización. Aunque existen normas y reglamentos oficiales (Instituto Ecuatoriano de

Normalización, 1996; Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2016), los transportistas hacen caso omiso de su aplicación o desconocen su existencia.

Además de lo expuesto, en la actualidad **no existe un centro de consolidación** de mercancías en la ciudad de Loja, **ni de un sistema informatizado y colaborativo** que conecte de manera directa a las industrias con sus clientes (tenderos o minoristas). Sin embargo, al ser Loja, una ciudad pequeña, **es posible hacer llegar los bienes producidos por las industrias locales a los consumidores en tiempos muy cortos de distribución** y directamente desde sus instalaciones, sin tener la necesidad de construir un centro de consolidación ni de adquirir vehículos para la distribución ya que se externalizaría este servicio mediante una empresa de transporte o de autónomos bajo contrato que presten este servicio. Se incluiría, además, un sistema informatizado que sirva como Marketplace y a la vez, para gestionar los pedidos y la distribución de las mercancías.

En definitiva, los problemas identificados estarían relacionados con tiempos muertos de desplazamiento por parte de los vendedores, tenderos desabastecidos, faltante de camiones para la distribución y otros que no ocupan toda su capacidad de carga, carencia de un entorno colaborativo e informatizado entre industriales y tenderos para la gestión comercial, de pedidos y distribución; y, una casi extinta estandarización para la logística y el transporte respecto al manejo de unidades de carga y capacidades.

OBJETIVOS

El objetivo central de este TFM es mejorar la eficiencia operativa en la compraventa y distribución de mercancías entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador, a través de un canal corto de distribución B2B y, mediante el diseño de los procesos clave y de un algoritmo para la gestión de una red de distribución a fin de reducir costes de comercialización y tiempos de servicio.

Se definen a su vez, los siguientes **objetivos secundarios** que permitirán conseguir el objetivo principal:

1. Diseñar y modelar los procesos de negocio clave como el proceso de solicitud de pedidos y la gestión de pedidos.
2. Diseñar y modelar los subprocesos de preparación y distribución de pedidos.
3. Definir los KPIs necesarios para los procesos y subprocesos.
4. Diseñar el algoritmo para establecer la ruta y estrategia de distribución más adecuada y aplicable a este trabajo.

METODOLOGÍA Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

Para alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, el presente trabajo seguirá una metodología que se estructura en cinco capítulos, resumidos a continuación:

En el capítulo 1, se hace una **revisión de la literatura** para la construcción del **estado del arte**, en la que se aborda la situación de la logística y transporte del Ecuador sobre la base de inversión pública y privada en lo referente a infraestructura y tecnologías de la información y comunicación TICs y comercio electrónico. Además, se desarrollan conceptos sobre la definición de gestión de procesos de negocio, uso de las TICs en la gestión de procesos de negocio, estrategias de distribución y el problema de ruteo de vehículos VRP.

Este capítulo está relacionado con cada uno de los objetivos de este trabajo, ya que sirve para entender las definiciones a ser tratadas y a comprender y desarrollar sobre la base de otros trabajos realizados por diferentes investigadores los capítulos 2. Diseño de los procesos clave para la gestión de la red de distribución, y, 3. Diseño del algoritmo y su aplicación en una red de distribución.

En el capítulo 2. **Diseño de los procesos clave** para la gestión de la red de distribución, y de acuerdo con los objetivos secundarios 1, 2 y 3, se identifican los procesos y subprocesos de negocio, sus participantes, los objetivos y los KPIs de cada uno de ellos, para luego, definir las tareas a llevarse a cabo por cada uno de los procesos y, finalmente, modelarlos en el lenguaje BPMN 2.0 haciendo uso del software Bizagi Modeler.

En el capítulo 3. **Diseño del algoritmo** y su aplicación en una red de distribución y, de acuerdo con el objetivo secundario número 4, se diseña el algoritmo y se ejemplifica sobre una red de distribución con estrategia Peddling tomado como base datos aleatorios de demanda y reales sobre costes y capacidades de transporte.

En el capítulo 4, se realiza una **estimación del presupuesto** para llevar a cabo las propuestas del presente proyecto.

Finalmente, en el capítulo 5, se realizan las conclusiones y recomendaciones finales este trabajo.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

En el presente trabajo, se pretende diseñar y modelar los procesos clave y un algoritmo para la distribución de mercancías entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador, a través de una red de distribución funcional para logística urbana en modo B2B “Business To Business” de acuerdo con los problemas y necesidades identificados en el apartado de problemática. Por ello, se considera relevante revisar información acerca del desempeño de la logística y transporte en el Ecuador, la gestión de procesos de negocio y su modelamiento, así como los tipos de estrategias de distribución existentes, canales de distribución, estrategias de distribución y soluciones que se han realizado sobre problemas de enrutamiento de vehículos.

1.1 Logística y transporte en el Ecuador

La brecha de inversión en infraestructura en el Ecuador es de USD 3.000 millones al año. Sin embargo, el Gobierno ecuatoriano ha iniciado la participación de siete proyectos de infraestructura para atraer inversión financiera, en los que se incluyen proyectos como control de pesos, dimensiones y aforo de vehículos de carga pesada, mejoramiento de red de carreteras y desarrollo de plataformas logísticas por ejemplo (DIARIO PRIMICIAS, 2022).

1.1.1 Desempeño logístico

El puntaje internacional del desempeño logístico desarrollado por el Banco Mundial utiliza seis dimensiones clave para comparar el desempeño de los países y también muestra el desempeño logístico LPI (Logistic Performance Index) general derivado. El LPI, es el promedio ponderado de las puntuaciones de los países en seis dimensiones clave:

1. Eficiencia del proceso de despacho: rapidez, sencillez y previsibilidad de los trámites.
2. Calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte: puertos, ferrocarriles, carreteras y tecnología de la información.
3. Facilidad para organizar envíos a precios competitivos.
4. Competencia y calidad de los servicios logísticos: operadores de transporte y aduanas.
5. Capacidad de seguimiento y localización de envíos.
6. Puntualidad de los envíos para llegar a destino (THE WORLD BANK, 2022).

En la **Ilustración 1**, se muestra una comparativa del desempeño logístico del Ecuador (LPI) con Chile, y Alemania. Se ha elegido hacer una comparativa con Alemania debido a que es el país a nivel mundial que lidera el rango LPI; y, Chile, debido a que es el país con la mejor puntuación que ha obtenido a nivel de América Latina y El Caribe.

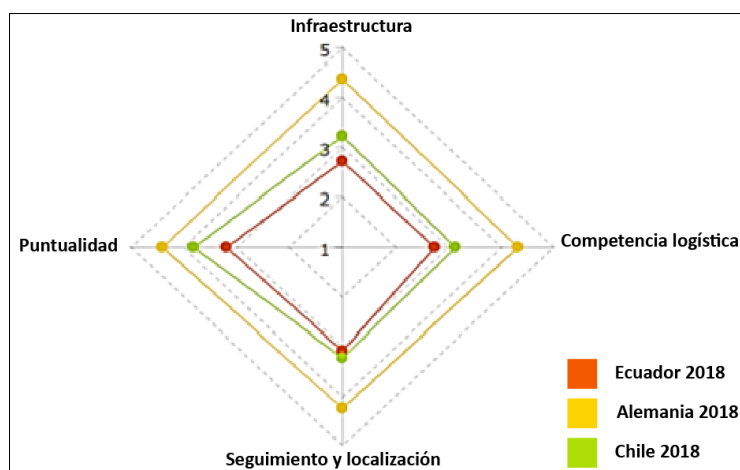


Ilustración 1. Radar comparativo del desempeño logístico LPI del Ecuador 2018. (Fuente: THE WORLD BANK, 2022).¹

La comparativa está compuesta por indicadores como: competencia logística, seguimiento y localización, puntualidad e infraestructura. Se puede observar que, de los tres países comparados, el Ecuador tiene las menores puntuaciones de desempeño logístico (LPI), siendo Alemania quien lidera las puntuaciones, seguido de Chile. Se puede observar además que, respecto al seguimiento y localización de envíos, el Ecuador tiene la menor puntuación respecto de los demás países, esto quiere decir a manera de hipótesis, que, el país no ha tenido la suficiente formación ni inversión en tecnologías de información (TICs) para el desarrollo de software que permita cumplir con este servicio. En la **Tabla 1**, se muestran los datos desagregados del radar comparativo de LPI.

Tabla 1. Rango y puntaje de indicadores de desempeño LPI. (Fuente: THE WORLD BANK, 2022)¹

País	Año	Rango LPI	Puntuación LPI	Aduana	Infraestructura	Envíos internacionales	Competencia logística	Seguimiento y localización	Puntualidad
Germany	2018	1	4.20	4.09	4.37	3.86	4.31	4.24	4.39
Chile	2018	34	3.32	3.27	3.21	3.27	3.13	3.20	3.80
Ecuador	2018	62	2.88	2.80	2.72	2.75	2.75	3.07	3.19

A nivel de data, se muestran los indicadores de desempeño de LPI de los países Alemania y Chile que se comparan con el desempeño LPI del Ecuador, para contrastar con cifras lo que se visualiza en la **Ilustración 1**. Se puede decir que, Alemania lidera el rango LPI, mientras que el Ecuador se encuentra en el puesto 62 de 163 países que se han puntuado.

1.1.2 Inversión en TICS

En el año 2015, en el Ecuador se realizó un estudio con la intención de conocer cuál era la inversión que las empresas hacían en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs). Se recogieron datos de 3.214 empresas, de las cuales 1.194 corresponden a manufactura, 40 a minería, 1.053 a comercio y 958 a servicios. Dentro de las empresas de servicios se encuentran las empresas de logística (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015). En la **Ilustración 2** se muestran los datos.

¹Si bien, la fuente se ha consultado en el año 2022, los datos son del año 2018, año en el que se realizó el último estudio de LPI por el Banco Mundial.

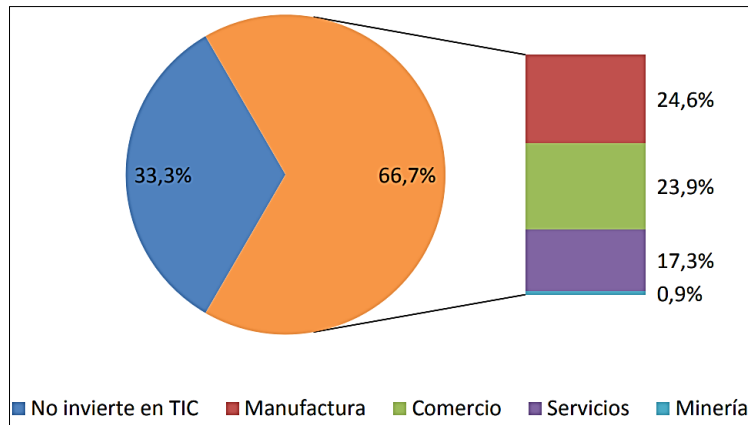


Ilustración 2. Porcentaje de empresas que realizan inversión en TICs, según sector económico. (Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2015).

Se puede observar que, del total de la muestra de empresas, el 66,7% realizan inversión en TICs, de ese porcentaje, solamente el 17,3% corresponde a empresas de servicios, dentro de estas empresas se encuentran las de logística, lo que quiere decir que, es mucho menor el porcentaje de inversión en TICs sobre este sector económico, causal para que las empresas tomen acciones en inversión de conocimiento y TICs que permitan conectar sus productos con los clientes en el menor costo y tiempo posibles, a través del comercio electrónico, por ejemplo.

1.1.3 Comercio electrónico en el Ecuador

A nivel empresarial, menos del 20% de las empresas realizan comercio electrónico B2B “Business To Business” aunque, cada año, sigue en paulatino crecimiento el comercio electrónico en el Ecuador. Por otro lado, el comercio electrónico en general se concentra principalmente en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, con un 51% de participación. Los ecuatorianos compran en mayor medida prendas de vestir con una participación del 33%, bienes y servicios varios con el 31%, recreación y cultura con el 15%, comestibles con el 12% y muebles y artículos del hogar con el 9% de participación (Universidad Espíritu Santo, 2017).

Los ecuatorianos usan el internet para actividades rutinarias asociadas a la información y comunicación, a pesar de ello, el Ecuador se perfila como un país con un futuro prometedor en el comercio electrónico, siempre y cuando se cuente con mayor seguridad, educación y acompañamiento por parte de los comercios hacia el cliente (Universidad Espíritu Santo, 2017).

Con estas breves estadísticas, se puede decir que, el Ecuador necesita avanzar en inversión en infraestructura logística y desarrollo tecnológico. Si se abordan estas dos brechas, se cree que aumentará la puntuación del radar de desempeño LPI, sobre puntualidad y competencia logística, lo que conlleva a que las empresas prestadoras de servicios logísticos y de comercio electrónico puedan tener una conexión más directa y eficiente con el cliente

1.1.4 Información empresarial del cantón Loja

Al sur del Ecuador se encuentra ubicada la Provincia de Loja, con su capital Loja, con una población a nivel provincial de 448.966 habitantes. A nivel cantonal la población es de 214.855 habitantes con una extensión territorial de 285.7 km². Los principales sectores económicos de esta ciudad se basan en la construcción, agricultura, comercio, transporte e industria (INEC, 2010).

Respecto al sector industrial manufacturero, el cantón Loja posee 91 industrias (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020), de las cuales se mencionan las destacadas como CAFRILOSA, ILE, ILELSA, ECOLAC, INDULOJA-FORESTEA, LA SUREÑITA, SOYARD e INAPESA, por mencionar algunas. Estas industrias se dedican a la producción de alimentos y bebidas que son distribuidos a nivel local, nacional e internacional. LA SUREÑITA, exporta, por ejemplo, a España y USA, mientras que INDULOJA-FORESTEA a USA.

En el cantón Loja, la cantidad de empresas o establecimientos obligados a llevar contabilidad es de 615, en esta cantidad se incluyen las empresas mayoristas, minoristas y tenderos (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020); y, como ya se mencionó, algunas de las industrias del mismo cantón, sirven con sus mercancías a estos negocios, utilizando vehículos propios o contratando los servicios de transporte.

En una comunicación entre el autor de este trabajo y Kelvin Sigcho, el gerente general de la empresa La SUREÑITA S.A., pudo manifestar que, para poder distribuir sus mercancías a nivel local, hace uso de vehículos propios tipo furgoneta, mientras que, a nivel nacional, hace uso de empresas de transporte o que, incluso, sus clientes se encargan de recoger las mercancías desde las instalaciones de su industria. Esto depende de las siguientes circunstancias: negociación con los clientes y envíos urgentes, por ejemplo. A nivel de transporte de carga pesada, en el cantón Loja, se tienen las siguientes empresas que prestan sus servicios, véase la **Tabla 2**.

Tabla 2. Empresas oficiales de transporte de carga en la ciudad de Loja, año 2015.
(Fuente: GAD Municipal de Loja, 2015).²

EMPRESAS OFICIALES DE TRANSPORTES DE CARGA EN LA CIUDAD DE LOJA				
NOMBRE DE LA EMPRESA	Domicilio Principal	Cobertura	Nro. UNIDADES	OBSERVACIONES
Alma Lojana	Loja	interprovincial	20	Ninguna empresa de transporte ofrece servicio exclusivo, o servicios adicionales especializados como: refrigeración, seguro, especialización en manipuleo, bodegaje, etc.
CITAL	Loja	interprovincial	18	
Puyango	Loja	Interprovincial	25	
Reina del Cisne	Loja	Interprovincial	6	
TRANS SILVA	Loja	Interprovincial	30	
Viajeros	Cuenca	interprovincial	10	
Ecotrans Loja	Loja	interprovincial	10	

²Si bien, la fuente se ha consultado en el año 2022, los datos son del año 2015, año en el que se realizó el último estudio por el GAD Municipal de Loja.

Son siete las empresas oficiales de transporte de carga pesada que prestan los servicios en la ciudad de Loja, interconectando con otras provincias. La suma total de vehículos es de 119 unidades. Existen otras empresas que funcionan a nivel de cooperativas, sin embargo, su capacidad es reducida debido a que se conforman por camionetas en su mayoría.

Con esta breve y resumida información de inversión en logística, TICs y comercio electrónico en el Ecuador, con énfasis en la ciudad de Loja, se tiene una idea de su desempeño logístico, el cual se debe optar por mejorar rápidamente para estar a la par a nivel de Latino América y el Caribe, tomando como referencia a Chile, por ejemplo. Se debe hacer una mayor inversión en conocimiento sobre TICs para conectar información en tiempo real entre los diferentes actores de la cadena de suministro y, a su vez, facilitar el manejo documental que son los cuellos de botella en la burocracia ecuatoriana.

1.2 Procesos de negocio

Hoy en día, el proceso de negocios es un concepto muy importante en el campo de los sistemas de información y la Gestión de Procesos de Negocio (BPM – Business Process Management) ya que aporta una mejora incremental a los procesos de negocio utilizando diversas metodologías, técnicas y herramientas, con el fin de garantizar la posición competitiva de la organización en el mercado (Ben Haj Ayech et al., 2021).

Adentrándonos a una definición de proceso a nivel empresarial, se puede definir generalmente como secuencias de tareas realizadas dentro o entre empresas u organizaciones (Schulte et al., 2015). Cualquier proceso de negocios puede incluir diferentes departamentos, ubicaciones geográficas, niveles de gestión y otros límites organizativos, y, la manera en cómo se van a integrar estos componentes se define como diseño de procesos (Reijers, 2021).

Por lo tanto, el diseño de procesos es comprender los pasos que se llevan a cabo para organizar un proceso, a las personas involucradas, la información que se intercambia y se procesa, y, las tecnologías que se utilizan al ejecutar los diversos pasos. Luego de haber profundizado en estas acciones, se procede a realizar el diseño de un modelo o modelado de procesos de negocio (Reijers, 2021), que no es más que una descripción formal de un proceso de negocio en el que se asignan unidades de trabajo individuales o tareas a los responsables para su ejecución, refiriéndose a tarea a un trabajo que debe realizarse manualmente por una persona o automáticamente por un sistema (Schulte et al., 2015).

El modelado de procesos de negocio, por tanto, se refiere a la representación del proceso de negocio como tal, mientras que el diseño de procesos son los pasos que se llevan a cabo para organizar un proceso; entonces, se puede decir que, el diseño no es modelado. A modo de ejemplo, con el modelado de procesos se puede capturar de manera visual el proceso de preparación de pedidos en una industria, haciendo uso de un lenguaje de modelado y de una herramienta informática.

1.2.1 Gestión de procesos de negocio

Autores como Karanina & Kotandzhyan (2021) mencionan que, al combinar los dos elementos más importantes en el trabajo de cualquier organización: el conocimiento trasladado al personal y enfocado a la innovación, y, la gestión de los procesos de negocio BPM, se proporciona una ventaja competitiva a las empresas, y, esto conlleva al éxito de su desarrollo empresarial.

En comparación con la gestión tradicional de las empresas que se basa en las funciones y la división del trabajo, la BPM se crea sobre el principio de integrar las actividades en procesos (Gažová et al., 2022); y, por lo tanto, no debería centrarse solamente en una dimensión como las tareas o los flujos, sino que debería capturar y gestionar una serie de elementos de las organizaciones interrelacionados entre sí (Kir & Erdogan, 2021).

Se puede decir entonces que, la BPM es una disciplina de gestión orientada a los procesos que incluye técnicas de apoyo al diseño de procesos, al proceso de aplicación, a la gestión y al análisis de los procesos de negocio en el que se ven involucrados recursos humanos, organizaciones, aplicaciones, documentación y otras fuentes de información (Rizun et al., 2021); y, debido a la constante transformación digital, la BPM ya no es una opción, sino una necesidad para seguir siendo competitivos y productivos en el mercado (Czvetkó et al., 2021).

Generalmente, las organizaciones siempre buscan mantener una mejora continua en todos sus procesos de negocio, a fin de establecer nuevos procesos o mejorar los que ya se tienen, para lo cual establecen actividades que permitan medir o desarrollar de alguna forma dichos procesos y su gestión, y, una manera de lograrlo es establecer a la BPM como un ciclo de vida.

1.2.2 Ciclo de vida de los procesos de negocio

Es importante mencionar que, para cada organización concreta, los procesos de negocio pasan por su propio ciclo de vida específico (Karanina & Kotandzhyan, 2021) asumiendo que, cada proceso de negocio evoluciona a través de iteraciones (Looy, 2021). Para unos autores, el ciclo de vida de la BPM incluye procesos estratégicos para: el diseño de procesos, el modelado de procesos, la ejecución de procesos, la supervisión de procesos y la optimización de procesos (Ramadhani & Mahendrawathi, 2019; Ben Haj Ayech et al., 2021). En la **Tabla 3**, se recogen sus definiciones.

Tabla 3. Ciclo de vida de la BPM por Ramadhani & Mahendrawathi. (Fuente: Ramadhani & Mahendrawathi, 2019).

Proceso	Definición
Diseño	Proceso de etapas en el que se define, identifica y en el que se discuten los procesos futuros entre las partes interesadas.
Modelización	Proceso de etapas en el que se aceptan los resultados de la fase de diseño y se modela la posibilidad de que los procesos empresariales funcionen en diferentes escenarios.

Continuación de tabla

Ejecución	Etapas en las que se implementan los nuevos procesos de negocio y se desarrollan los procesos de negocio.
Monitorización	Etapas del proceso donde se monitorizan los procesos de negocio y se recoge el valor de las métricas de los procesos.
Optimización	Etapas del proceso en la que se analizan los datos del proceso de monitorización y el efecto del proceso en las condiciones reales del negocio.

Cuando se integra la tecnología a la BPM, para una mejor gestión, intervienen otras actividades que permiten gestionar y transformar las operaciones de las organizaciones mediante el modelado, la ejecución y la evaluación de los procesos de negocio, con el objetivo de tener una mejor agilidad y rendimiento operativo; y, además, permite supervisar y desarrollar continuamente los procesos de negocio, haciendo uso de métodos, políticas, métricas, prácticas de gestión y herramientas de software (Czvetkó et al., 2021). En la **Ilustración 3**, se muestra el ciclo de vida con integración tecnológica.

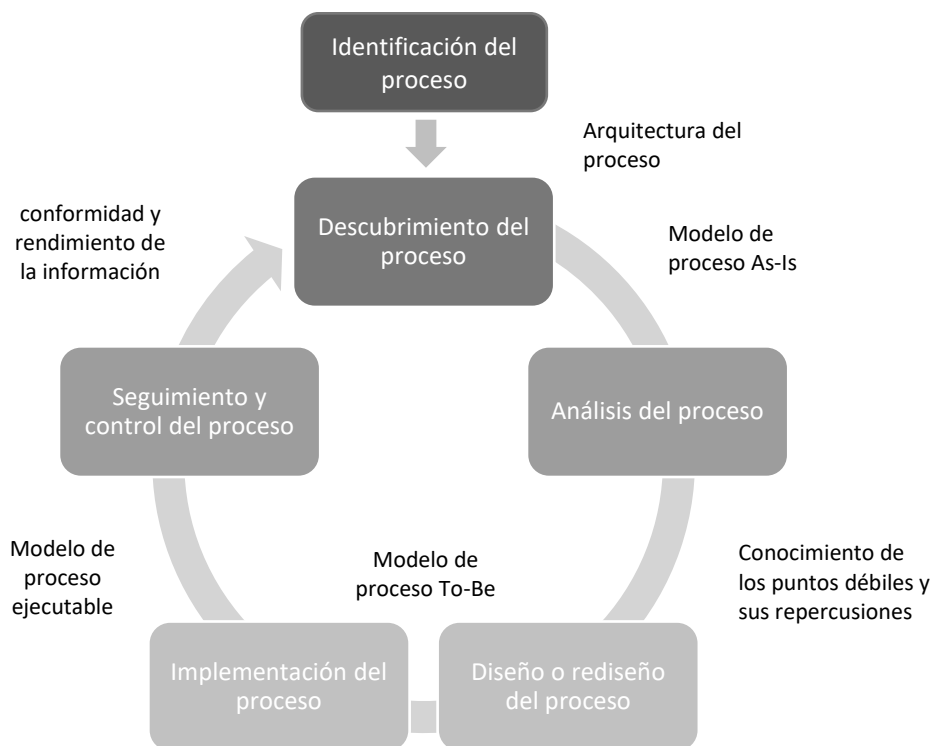


Ilustración 3. Ciclo de vida de la BPM por Czvetkó. (Fuente: Czvetkó et al., 2021).

A continuación, se describen de manera general cada una de las fases de este ciclo de vida de procesos de negocio:

- **Identificación del proceso:** se identifican, delimitan e interrelacionan los procesos relevantes para el problema que se aborda. El resultado es una arquitectura de procesos nueva o actualizada, que proporciona una imagen global de los procesos de una organización y sus interrelaciones (Czvetkó et al., 2021).

- **Descubrimiento del proceso:** se documenta el estado actual "As-Is" de cada uno de los procesos relevantes, normalmente en forma de uno o varios modelos de procesos (Czvetkó et al., 2021).
- **Análisis del proceso:** los problemas asociados al modelo de proceso "As-Is" se identifican, se documentan y, siempre que sea posible, se cuantifican utilizando KPIs. El resultado de esta fase es una colección estructurada de problemas, los cuales se priorizan en función de su impacto potencial y del esfuerzo estimado necesario para resolverlos (Czvetkó et al., 2021).
- **Diseño o rediseño del proceso:** se analizan y comparan múltiples opciones de creación o cambio en función de las medidas de rendimiento elegidas. Finalmente, las opciones más prometedoras se conservan y se combinan en un proceso diseñado o rediseñado. El resultado de esta fase suele ser un modelo de proceso "To-Be" (Czvetkó et al., 2021).
- **Implementación del proceso:** se preparan y realizan los cambios necesarios para pasar del proceso actual "As-Is" al futuro "To-Be". La implantación de procesos abarca dos aspectos: la gestión del cambio organizativo y la automatización. La gestión del cambio organizativo se refiere al conjunto de actividades necesarias para cambiar la forma de trabajar de los participantes en el proceso. La automatización del proceso se refiere al desarrollo y despliegue de sistemas de TICs que apoyan el proceso "To-Be" (Czvetkó et al., 2021).
- **Seguimiento y control del proceso:** una vez que el proceso diseñado o rediseñado está en marcha, se recogen y analizan los datos pertinentes para determinar el rendimiento del proceso con respecto a sus medidas y objetivos de rendimiento. Se identifican los cuellos de botella, los errores recurrentes o las desviaciones con respecto al comportamiento previsto y se emprenden acciones correctivas. Aquí, pueden surgir nuevos problemas, en el mismo proceso o en otros, lo que obliga a repetir el ciclo de forma continua hasta mejorarlo (Czvetkó et al., 2021).

Algunas herramientas de soporte que sirven de apoyo para cada uno de los procesos son por ejemplo: IoT (Internet Of Things), Cloud Computing, Normas, Inteligencia Artificial y BPMN; por mencionar algunas (Czvetkó et al., 2021). Las soluciones de TICs permiten entender toda la empresa como un sistema a través de una representación gráfica de los procesos utilizando varias herramientas de modelado como la red de Petri, IDEFO, IDEF3, BPMN 2.0, ARIS-EPC, etc., (Gažová et al., 2022).

Se han descrito dos conceptos de ciclo de vida de procesos de negocio, en el primero se hace una breve descripción de las actividades que se realizan en cada uno de los procesos; y, en el segundo, se integra la tecnología para abordar de manera eficiente la BPM, haciendo uso de herramientas para una mejor representación y organización de los procesos. De todas maneras, ambos conceptos, persiguen el mismo fin, que es la mejora continua. En el siguiente apartado se aborda el uso de la tecnología en la gestión de los procesos de negocio, como herramienta de eficiencia operativa y de gestión.

1.2.3 Las TICs y la BPM

La teoría de la BPM se ha desarrollado sobre la base de tres áreas diferentes: la gestión empresarial, la gestión de la calidad y la gestión de las TICs. Uno de los requisitos para el éxito de la aplicación de la BPM es la comprensión de los procesos de negocio y su diseño en forma de modelos de procesos, los cuales pueden utilizarse como apoyo a la gestión de todas las actividades empresariales, desde la gestión de operaciones, el control, el sistema de gestión de documentos hasta la gestión de la cadena de suministro (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

Para modelar los procesos de negocio se hace uso de lenguajes como el BPMN 2.0, que, actualmente, es el lenguaje de modelado más destacado para los procesos de negocio (Corradini et al., 2022). Además, ofrece las ventajas de ser un lenguaje gráfico, dotar de simplicidad y de estandarización; y que, permite unificar la forma en que los analistas de negocio y los desarrolladores técnicos perciben los modelos de procesos, lo cual genera una gran ventaja a la hora de analizar los procesos entre un equipo multidisciplinar (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

1.2.3.1 BPMN 2.0

El BPMN 2.0 contiene una serie de elementos gráficos los cuales permiten modelar los procesos de negocio de manera sencilla y dinámica. A continuación, se describen de manera resumida cada uno de ellos, y, para conocer con más detalle los elementos gráficos o la notación del lenguaje BPMN 2.0, véase el **Anexo 1 (página 95)**.

- **Actividades:** representan trabajos o tareas llevadas a cabo por los miembros de la organización. Se ejecutan de manera manual o automática (realizadas por un sistema externo o de usuario) y pueden ser atómicas o no atómicas (compuestas). Las actividades se clasifican en tareas y subprocesos (Bizagi, 2012).
- **Eventos:** un evento es algo que sucede durante el curso del proceso, afectando el flujo y generando un resultado (Bizagi, 2012).
- **Compuertas:** se utilizan para controlar la divergencia y convergencia de flujos de secuencia. Determinan ramificaciones, bifurcaciones, combinaciones y uniones en el proceso. El término “Compuerta” implica que hay un mecanismo que permite o limita el paso a través de esta (Bizagi, 2012).
- **Artefactos:** proveen a los modeladores la capacidad de mostrar información adicional sobre el proceso, que no está directamente relacionada con el flujo, como imágenes, texto o comentarios, por ejemplo. Dentro de los artefactos, se incluyen también los datos, swimlanes y conectores:

- **Datos:** proveen información acerca de cómo los documentos, datos y otros objetos se utilizan, se actualizan y almacenan durante el proceso.
- **Swimlanes:** son contenedores de procesos simples, sirven también para hacer subparticiones dentro del proceso y a su vez, para diferenciar los procesos en fases.
- **Conectores:** permiten tener un flujo de secuencia entre actividades, asociar información y artefactos con objetos de flujo, y, mostrar un flujo de mensajes entre dos entidades (Bizagi, 2012).

Es importante mencionar que, para aumentar la calidad de los procesos de una manera medible, se requiere del uso de las TICs, por ello, cada vez más organizaciones se interesan por la implantación de las herramientas tecnológicas para una mejor gestión de procesos de negocio, lo cual permite a los gestores controlar la ejecución de los procesos para producir mejores resultados (Waszkowski & Nowicki, 2020).

Sin embargo, si se quiere llegar a una transformación digital en las organizaciones, es importante definir primeramente los procesos a través de la gestión de procesos de negocio (Fischer et al., 2020). Por lo que, la capacidad de las TICs por sí solas no mejoran directamente el rendimiento de las organizaciones, pues éstas deben coincidir con los procesos de negocio, antes de que puedan afectar favorablemente al rendimiento (Peng et al., 2016).

Las inversiones que se realicen y las aplicaciones en las TICs, probablemente representen un uso ineficiente de los recursos de la empresa si no se integran con los procesos operativos como la gestión de operaciones, producción, compras, logística, ventas y servicio al cliente; y, las capacidades externas de gestión como el de la cadena de suministro (Peng et al., 2016).

Por tanto, se puede decir que, si se quiere implementar el uso de la tecnología en la gestión de procesos de negocio, primeramente, se deben establecer sus procesos referenciando el uso del ciclo de vida del proceso de negocio a través de la gestión. Como ya se mencionó anteriormente, para una mejor visualización y posterior integración de los procesos de negocio, se hace uso del modelado mediante herramientas de lenguaje como el BPMN 2.0. Una vez definidos los procesos y modelados, ya se pueden integrar cada uno de ellos, entre compras, producción y transporte, por ejemplo.

1.3 Transporte de mercancías

La logística, principalmente relacionada con el transporte, es una ciencia compleja que mejora la calidad de los procesos de negocio y, que permite a una empresa reaccionar rápidamente a las demandas del mercado (Pečený et al., 2020). Un transporte eficiente de mercancías implica proporcionar entregas rápidas y fiables, y, debe adaptarse a las tendencias económicas cambiantes, como la producción "just in time" (Royo et al., 2016).

Además, Crainic (2000) menciona que, los servicios de transporte deben ser fiables, de alta calidad y que, además de obtener rentabilidad, deben garantizar un cierto nivel de servicio eficiente hacia el

cliente, en términos de tiempo de entrega y frecuencia del servicio. Barcos et al. (2010), ponen de ejemplo a los transportistas que trabajan en España y Portugal que suelen ofrecer un plazo de entrega de 24 horas para la mayoría de sus servicios o de 48 horas cuando esto no es posible; así, la carga se recoge normalmente por la tarde y se entrega a la mañana siguiente.

Para cumplir con las necesidades del cliente, se diseñan configuraciones logísticas con el fin de encaminar las mercancías, incluyendo datos y personas, entre diferentes puntos de origen y destino (Crainic et al., 2022). A esta operativa, se la conoce como Planificación de Carga y Transporte y su función es la de definir el origen y destino de las mercancías, las rutas, el peso, el volumen, los requisitos de servicio particulares, la cantidad y el tipo de vehículo, los horarios, las políticas de envío como Full-Truckload (FTL) o Less than Truckload (LTL) (Crainic, 2000).

Definir las políticas de envío es importante desde la operativa de la logística, porque permite tomar decisiones en el diseño de redes en la cadena de suministro. Los servicios de transporte por carretera, generalmente de larga distancia, se clasifican en Full-Truckload, FTL (camión lleno) y Less Than Truckload, LTL (camión semivacío). En el servicio LTL, se sirve a varios clientes simultáneamente utilizando el mismo camión. (Royo et al., 2016). Por otro lado, FTL se utiliza cuando se tiene que servir cargas completas, por lo general en contenedores, entre un número determinado de terminales (Xue et al., 2021) En la **Ilustración 4**, se puede apreciar la configuración de carga LTL y FTL en el camión.



Ilustración 4. Servicios de transporte FTL y LTL. (Fuente: LOGISTICS, 2022).

Los servicios FTL son específicos para solamente un cliente y se consideran como un problema de gestión respecto a los recursos, debido a que, resulta complejo llegar a prever y ajustar temporalmente las demandas y solicitudes de envío (Estrada Romeu, 2007). Por otro lado, los servicios LTL, se especifican para dos o más clientes, por lo tanto, es necesario fijar unos plazos de distribución de las mercancías o unos horarios fijos de envíos, que se determinan con el objetivo de cumplir con las expectativas y preferencias del máximo número de clientes. En este contexto, se debe establecer un diseño de rutas y paradas acordes con la demanda, de forma que, las capacidades de los vehículos sean adecuadas para garantizar la rentabilidad del sistema (Estrada Romeu, 2007).

Elegir FTL o LTL, dependerá de la situación de cada empresa, pero, es importante porque permite aportar al diseño de la operativa del envío de mercancías mediante la Planificación de Carga y Transporte. Dentro de esta planificación se deberá involucrar el funcionamiento de las conexiones origen-destino, mediante redes distribución las cuales dependen de las decisiones de consolidación o de fraccionamiento de las cargas, según los objetivos de cada empresa.

1.3.1 Logística urbana

La parte final de la cadena de suministro, es decir el transporte del producto hasta el cliente final o el punto de venta, es a menudo denominada la "última milla", y suele considerarse el elemento más importante del proceso de cumplimiento de pedidos y, por ende, se puede considerar que, es la operación más cara y crítica para las empresas dedicadas al comercio electrónico (Janjevic & Winkenbach, 2020).

En operaciones de última milla, los proveedores de logística en el comercio electrónico, por ejemplo, se enfrentan a numerosos retos como el realizar entregas personalizadas, con ventanas de tiempo programadas de manera individual y en corto tiempo de entregas, entregas fallidas y devoluciones de productos. Las entregas de última milla en zonas urbanas imponen niveles adicionales de complejidad en el comercio electrónico debido a los altos niveles de congestión, regulaciones cada vez más estrictas y la falta de infraestructura logística adecuada (Janjevic & Winkenbach, 2020).

Comi & Savchenko (2021) mencionan que, para responder a los retos de la distribución urbana, las empresas tienen que desarrollar nuevos modelos de distribución que funcionen en múltiples dimensiones, como la rentabilidad, la satisfacción del cliente y la sostenibilidad, tomando en cuenta el tipo y la ubicación de las instalaciones logísticas, el tipo y el tamaño de los vehículos de reparto y la presencia de puntos alternativos de entrega o transbordo de productos. Por lo tanto, la entrega de mercancías en la última milla es una cuestión difícil de tratar, pero es importante que se empiece abordar por lo siguiente:

- Entregas en tiendas pequeñas y frecuentes, debido a la limitada disponibilidad de superficies de tiendas minoristas en las zonas del centro de las ciudades por los elevados costes de alquiler y las políticas de "justo a tiempo".
- El comercio electrónico y la venta minorista omnicanal.
- La entrega rápida, es decir, entregas exprés, entregas en el mismo día, entregas instantáneas (Comi & Savchenko, 2021).

Ghaderi et al. (2022) mencionan además que, la pandemia por Covid-19 y el consiguiente trabajo desde casa han puesto el enfoque en la importancia de un transporte urbano de mercancías eficaz, para crear ciudades y sociedades sostenibles y que, por el mismo motivo, la creciente actividad del comercio electrónico generará un 36% más de vehículos de reparto en los centros urbanos, lo que podría provocar un aumento significativo tanto de la congestión como de las emisiones. Además, el crecimiento de la urbanización y el desarrollo del mercado de empresa a consumidor (B2C) aumentarán aún más la demanda de entrega de última milla.

Entonces, se puede decir que, la logística urbana es un reto diario que los proveedores de servicios logísticos deben asumir, debido al aumento paulatino del comercio electrónico y a la exigencia de ciudades más sostenibles. Se deben enfocar en realizar entregas personalizadas, con ocupación llena de vehículos, en el menor tiempo posible y que generen rentabilidad, pero que, a la vez, cumplan con las expectativas de la sociedad en términos ambientales.

1.3.2 Tipos estrategias de distribución

La **Ilustración 5**, muestra tres ejemplos muy comunes de estrategias de distribución de mercancías que se utilizan por lo general en entregas de larga distancia. Cada una de estas estrategias tiene su propio diseño de red de distribución que estará aplicado en función de las necesidades del cliente, de los plazos de entrega, y de los costes logísticos asociados a efectos de la distribución propiamente dicha, por tanto tenemos a la estrategia de distribución Many-To-Many, Hub-&Spoke o Peddling (Royo et al., 2016).

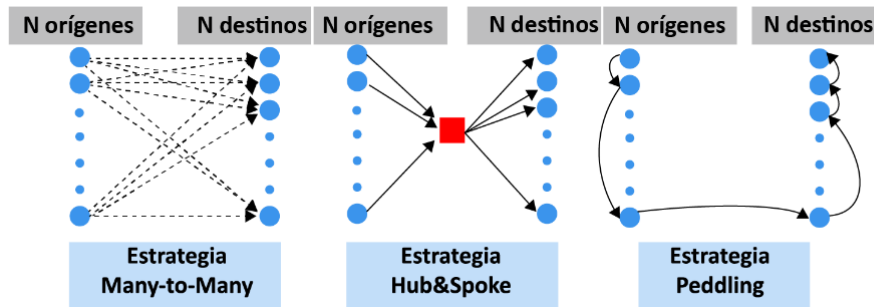


Ilustración 5. Tipos de estrategias de distribución. (Fuente: Estrada Romeu, 2007).

A continuación, se describen cada una de ellas:

1.3.2.1 Envíos directos (Many-To-Many)

Implica recorrer una distancia significativa y disponer de un alto número de vehículos para efectuar la distribución, de modo que, únicamente se considera cuando los costes de servicio del vehículo son reducidos, cuando la demanda asociada entre todos los puntos origen-destino puede llenar la capacidad del vehículo o cuando las restricciones respecto al tiempo sean importantes (Estrada Romeu, 2007). Por lo general no necesita clasificación de las mercancías en origen (Barcos et al., 2010).

1.3.2.2 Envíos Hub-&-Spoke

Se requiere de la construcción de Hubs o centros de consolidación para concentrar la mercancía en estos puntos. Con esta configuración se logra optimizar la capacidad de los vehículos en escenarios con una distribución espacial de demanda no uniforme. Esta estrategia permite incrementar el factor de carga de los vehículos, y, en consecuencia, se reduce el coste unitario de transporte a nivel general de toda la red, así como el tiempo total de la distribución. Por lo general se clasifica la mercancía en origen y en el Hub (Estrada Romeu, 2007).

1.3.2.3 Envíos con paradas múltiples (Peddling)

Esta estrategia implica un número reducido de rutas por un alto número de paradas en cada una de ellas. Se aplica cuando el coste y el tiempo para realizar una parada adicional en una ruta es reducido, aunque, los costes de servicio de transporte son relativamente altos (Estrada Romeu, 2007). Se necesita clasificar la mercancía en origen (Barcos et al., 2010).

Ante esta situación, los transportistas u operadores logísticos se enfrentan a una compleja decisión de elegir sobre qué tipo de red distribuir las mercancías o cómo gestionar las existentes. Aunque cada opción tiene sus propios costes y retrasos asociados, la elección no depende únicamente de la ubicación del origen, el destino y del volumen movido entre ambos puntos, sino también de la demanda en toda la red y de cómo se configuren los costes logísticos del sistema (Barcos et al., 2010).

Como se ha mencionado, estas estrategias de distribución son aplicadas para entregas de larga distancia, lo que implica mover grandes cantidades de materias primas o de mercancías que aún no se disponen para el cliente final. Es decir, estas estrategias son aplicadas para centros de consolidación, o en su caso para grandes distribuidoras o mayoristas. En el siguiente apartado se aborda el concepto de canal de distribución, en el que se permite ya llegar con el producto al cliente final a través de una red de suministro larga o corta.

1.3.3 Canales de distribución

En Logística, el término cadena de suministro refiere a productos o materias primas que pasan de los proveedores a los fabricantes, de los fabricantes a los distribuidores, de los distribuidores a los minoristas o detallistas y de los minoristas o detallistas a los consumidores, a lo largo de una cadena, como se muestra en la **Ilustración 6**. Aunque, de cierta manera visualizamos simplemente el flujo de mercancías o materias primas, es importante también visualizar los flujos de información y fondos monetarios a lo largo de ambas direcciones de la cadena (Chopra & Meindl, 2006).

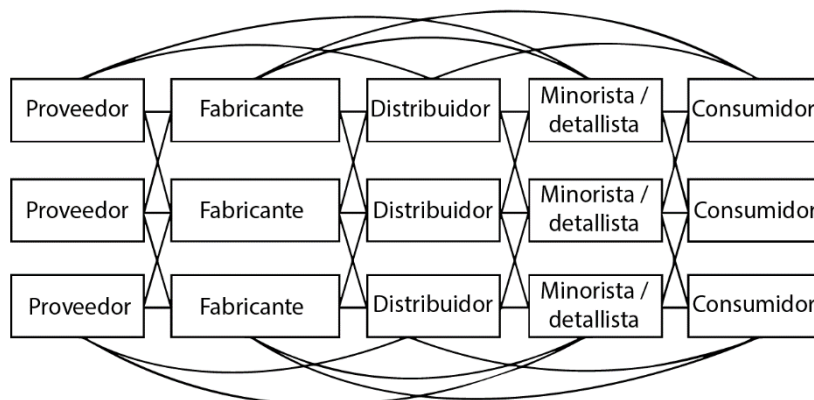


Ilustración 6. Etapas de la cadena de suministro. (Fuente: Chopra & Meindl, 2006).

Además del flujo eficiente de las mercancías, es importante también mantener un flujo de información y de fondos monetarios que no genere cuellos de botellas en las transacciones comerciales, que sea seguro y que esté disponible para todos los participantes en tiempo real o al menos que estén disponibles en el menor tiempo posible.

En marketing o gestión comercial, a las etapas de la cadena de suministro se las conoce como canales de distribución. Un canal de distribución se puede clasificar de acuerdo con tres criterios: según la longitud, según la tecnología utilizada para comprar y vender y según la forma de organización. En lo que se refiere a canales según su longitud, se está hablando del mismo concepto de etapas de la cadena de suministro, pues intervienen los mismos actores y etapas antes mencionados. Dentro de esta clasificación se ubican los canales de acuerdo con el número de intermediarios que existan entre el producto y el consumidor final. Con estas características se pueden encontrar tres tipos: canal directo, canal corto y canal largo (Acosta, 2017). Como se muestra en la **Ilustración 7**.

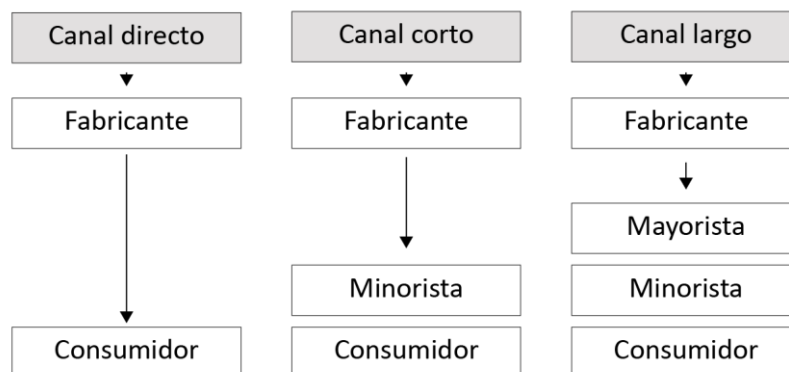


Ilustración 7. Canales de distribución. (Fuente: Acosta, 2017).

A continuación, se describen cada uno de los tipos de canales de distribución:

Canal directo: está directamente relacionado entre el productor y el consumidor, sin ninguna intervención de intermediarios. Se utiliza con regularidad en el sector de servicios, ya que, por tratarse de bienes intangibles, la producción y el consumo se realizan de forma simultánea (Acosta, 2017). Se utiliza también en otros sectores, por ejemplo, en panaderías de barrio donde su producción es mínima y hace posible establecer una conexión directa con el consumidor, a comparación con grandes empresas de fabricar pan como Bimbo, por ejemplo, donde distribuye en todo un país o países, desde una planta de producción.

Canal corto: su relación está conformada por tres niveles en los que se incluye el fabricante, el detallista o minorista y el consumidor final. Este tipo de canal se caracteriza porque la oferta se encuentra centralizada tanto en el fabricante como en el detallista y entre los dos se encargan de cubrir la necesidad del mercado (Acosta, 2017).

Canal largo: está conformado por más de tres niveles, entre los cuales intervienen el fabricante, el mayorista, el minorista, y el consumidor final. Ocasionalmente también forma parte otros actores

como el distribuidor y el corredor o bróker cuando se tratan de commodities, por ejemplo (Acosta, 2017).

Cuando se trata de canales de tipo largo, se tiene la hipótesis de que cuantos más intermediarios existen, mayor será el costo del producto que el consumidor final debe asumir, ya que cada intermediario agrega un porcentaje para su beneficio. Pero si se analiza desde otra perspectiva comunicación y oferta, por ejemplo, se puede evidenciar que, las labores realizadas por los intermediarios aportan mucho más que un incremento en el precio, ya que ponen a disposición del consumidor una gama concentrada de productos, dándoles la posibilidad de elegir el que más les convenga de acuerdo con sus necesidades. Por otra parte, establecen una comunicación permanente con el mercado, para la cual un intermediario está mejor preparado que un fabricante (Acosta, 2017).

A simple vista, parece sencillo poder encaminar las materias primas o productos terminados a cada uno de los actores de la cadena de suministro, sin embargo, es más complejo de lo que parece, porque se deben tomar en cuenta aspectos logísticos como el tipo de vehículo, su capacidad, el tiempo de entrega, el costo del transporte, las ubicaciones; entre otros elementos que, determinan la rentabilidad de los operadores logísticos o de las propias empresas fabricantes. A esta problemática se la denomina Problema de Enrutamiento de Vehículos VRP y se desarrolla en el siguiente apartado.

1.4 Problema de ruteo de vehículos

Se estima que, los costes del transporte representan entre el 10% y el 20% del coste final de los productos, de ahí que, muchas empresas ven a esta actividad como un problema de distribución. Para resolver esta problemática, es necesario determinar el tipo de vehículos a utilizar, la cantidad y las rutas a seguir, lo que muchas veces resulta difícil para los planificadores de transporte. A esto se lo denomina problema de ruteo o conocido generalmente como VRP (Vehicle Routing Problem) (González Vagas & González Aristizábal, 2006).

El problema de ruteo de vehículos (VRP), tiene muchas aplicaciones en el ámbito del transporte y la distribución tanto de mercancías como de personas. La reducción de costos es un gran motivo para las empresas y los investigadores intentar encontrar la mejor manera de resolver y mejorar la eficiencia del transporte. El concepto de VRP puede describirse como los problemas de diseño de las rutas más cortas desde una ubicación hasta un grupo de ubicaciones distribuidas geográficamente en las que se incluyen clientes, ciudades, universidades, almacenes, tiendas, etc., (Mohammed et al., 2017).

No obstante, se dice que, no es posible alcanzar una solución óptima para VRP, y, que, dependiendo de las necesidades de los clientes, así como de las ubicaciones y el tipo de producto o servicio, se requiere de la elaboración de una metodología de solución específica que permita aproximarse lo mejor posible al óptimo; de modo que, González Vagas & González Aristizábal (2006), en su trabajo de investigación, han recogido 8 VRPs típicos enfocados en dar una solución al problema de ruteo de vehículo. En la **Ilustración 8**, se muestran los VRPs más típicos.

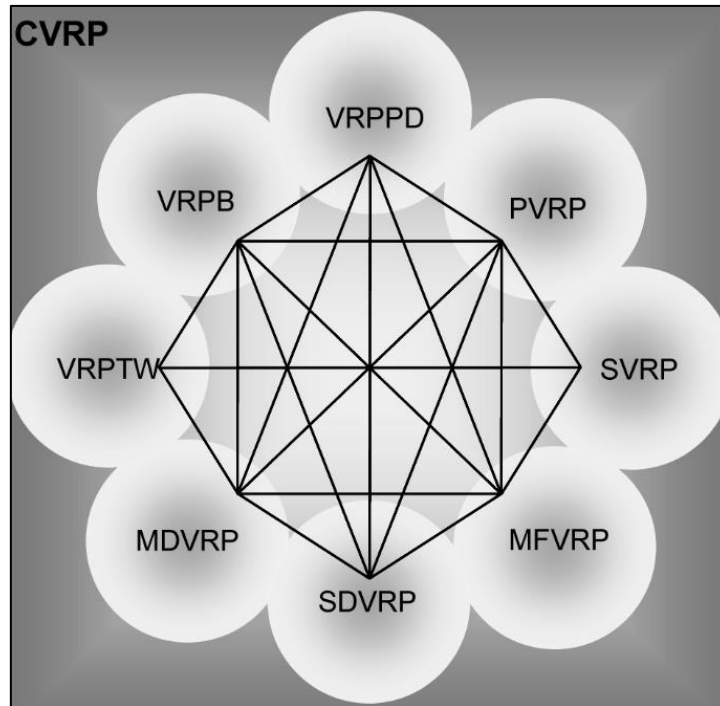


Ilustración 8. Conjunto de variaciones típicas de VRP.
(Fuente: González Vagas & González Aristizábal, 2006).

- **CVRP:** el Problema de Ruteo de Vehículos Capacitados (CVRP), consiste en encontrar un conjunto de rutas óptimas para una flota de vehículos con capacidad fija que, desde un depósito central, atienden la demanda de los clientes (Augerat & Belenguer, 1998).
- **VRPPD:** el Problema de Ruteo de Vehículos con Entrega y Recogida (VRP Pickup and Delivery), consiste en que, los clientes pueden devolver determinadas mercancías, sin embargo, se debe tener presente que estos quepan en el vehículo, lo que se traduce en un problema complejo de planificación ya que puede causar una mala utilización de las capacidades de los vehículos, un aumento de las distancias recorridas o a un mayor número de vehículos. Una forma de solucionarlo es mediante la utilización de algoritmos genéticos al incluir la restricción de culminar todas las entregas antes de iniciar las recogidas, de ahí que nace el VRP con backhauls **VRPB** (González Vagas & González Aristizábal, 2006).
- **PVRP:** el Problema de Ruteo de Vehículos con Periodos (Period VRP), consiste en establecer un horizonte de operación de X días, periodo durante el cual cada cliente debe ser visitado una vez (González Vagas & González Aristizábal, 2006).
- **SVRP:** el Problema de Ruteo de Vehículos Estocástico (Stochastic VRP), se trata de un VRP en que uno o varios componentes son aleatorios; clientes, demandas y tiempos estocásticos son las principales inclusiones en este tipo de problemas (González Vagas & González Aristizábal, 2006).

- **MFVRP:** el Problema de Ruteo de Vehículos con Flete Mixto (Mix Fleet VRP), se trata de un VRP que supone vehículos con distintas capacidades, por lo que es necesario considerar estas capacidades en las rutas ya que un vehículo con mayor capacidad podría realizar una ruta más larga o que tenga mayor concentración de demanda (González Vagas & González Aristizábal, 2006).
- **SDVRP:** el Problema de Ruteo de Vehículos con Entrega Dividida (Split Delivery VRP), es un VRP que permite que un cliente pueda ser atendido por varios vehículos si el costo total se reduce, lo cual es importante si el tamaño de los pedidos excede la capacidad de un vehículo (González Vagas & González Aristizábal, 2006).
- **MDVRP:** el Problema de Ruteo de Vehículos con Múltiples Depósitos (Multi-Depot VRP), es un caso de ruteo de vehículos en el que existen varios depósitos, cada uno con una flota de vehículos independiente para servir a todos los clientes (González Vagas & González Aristizábal, 2006).
- **VRPTW:** el Problema de Ruteo de Vehículos con Ventana de Tiempo (VRP with Time Windows), es un VRP en el que se incluye una restricción adicional en la que se asocia a cada cliente una ventana de tiempo, es decir, cada cliente sólo está dispuesto a recibir el bien o servicio durante un intervalo de tiempo predeterminado (González Vagas & González Aristizábal, 2006).

Se han mencionado 8 problemas típicos de VRP recogidos en el trabajo de (González Vagas & González Aristizábal, 2006). Los 8 problemas típicos han sido propuestos por unos autores, y solucionados en algunos casos por otros. Algunos comparten características similares que dan paso a todo un universo de VRP. Para dar solución a estos casos típicos, los investigadores han desarrollado modelos matemáticos que luego han sido validados mediante la aplicación en casos reales de empresas.

CAPÍTULO 2. DISEÑO DE LOS PROCESOS CLAVE PARA LA GESTIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El objetivo de este capítulo es la de diseñar los procesos clave para la solicitud, gestión y distribución de pedidos entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador, de modo que, siguiendo el ciclo de vida de un proceso de negocio, de acuerdo con Ramadhani & Mahendrawathi (2019); Czvetkó et al. (2021) y, de acuerdo al alcance de este trabajo, se toman las dos primeras fases que es la identificación del proceso (diseño), y, el descubrimiento del proceso (modelado). Este capítulo se divide como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Actividades para desarrollar según el ciclo de vida de la BPM. (Fuente: elaboración propia)

Actividades por desarrollar	Fases del ciclo de vida
Identificación de los procesos	Diseño
Descripción de cada uno de los procesos	
Tareas del proceso	Modelización
Modelado del proceso	

En la **fase de diseño**, se identifican los procesos y subprocesos de negocio aplicables, luego, se describen cada uno de ellos, tomando como referencia los datos de entrada, de procesamiento y de salida, así como los objetivos a perseguir y sus respectivos indicadores; esto se desarrolla mediante una ficha de procesos. En la **fase de modelización**, se hace uso del lenguaje estándar BPMN 2.0, a través del software Bizagi Modeler, para modelar los procesos de negocio a nivel operativo.

2.1 Identificación de los procesos

Como lo mencionan Czvetkó et al (2021), uno de los objetivos que persigue la BPM es tener un rendimiento a nivel operativo, de tal modo que, en la **Ilustración 9**, se define el mapa de procesos a nivel estratégico, operativo y de soporte. De acuerdo con el enfoque y alcance de este trabajo, se desarrollan los procesos a nivel operativo. Del nivel operativo surgen los procesos de solicitud de pedidos y de gestión de pedidos. Del proceso de gestión de pedidos nacen los subprocesos de preparación y distribución de pedidos.

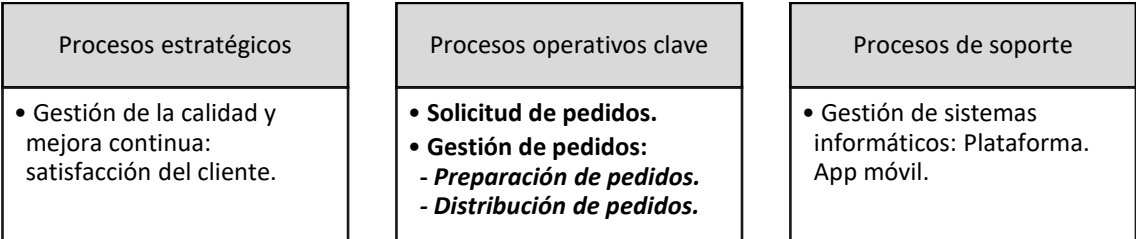


Ilustración 9. Mapa de procesos para la gestión de la red de distribución. (Fuente: elaboración propia).

Para cumplir con los procesos estratégicos, los procesos operativos clave se apoyarían de los procesos de soporte en los que intervendrían dos Apps móviles, la primera serviría para realizar los pedidos y un seguimiento de éstos y, la segunda, para facilitar a los transportistas en las labores de distribución. Intervendría también una Plataforma web que serviría como Marketplace y que permitiría gestionar los pedidos y su distribución. **Cabe recalcar que, en este trabajo no se diseñan las Apps móviles ni la Plataforma Web**, simplemente sirven de referencia para diseñar los procesos antes mencionados, en caso de que se hiciera uso de las TICs. Los participantes de la red de distribución serían:

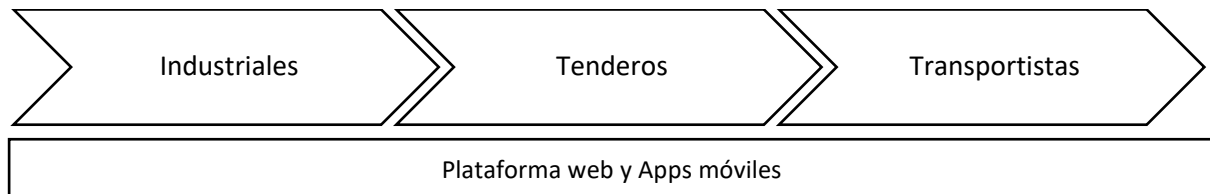


Ilustración 10. Participantes de la red de distribución en la ciudad de Loja. (Fuente: elaboración propia).

En este caso, al establecer una conexión directa de las mercancías entre los industriales y tenderos, se está aplicando un canal corto de distribución, de negocio a negocio (B2B), de modo que, las mercancías se transportan desde los almacenes de los industriales hasta las tiendas en menos de 24 horas, para, luego, ser adquiridas por el consumidor final. El uso de una Plataforma Web y App móvil, permitirían tener una comunicación directa, integral y en tiempo real entre cada uno de los participantes de la red de distribución para realizar los pedidos, gestionarlos y distribuirlos. La **Ilustración 11**, muestra el esquema logístico de cómo sería el funcionamiento de la red de distribución propuesta.

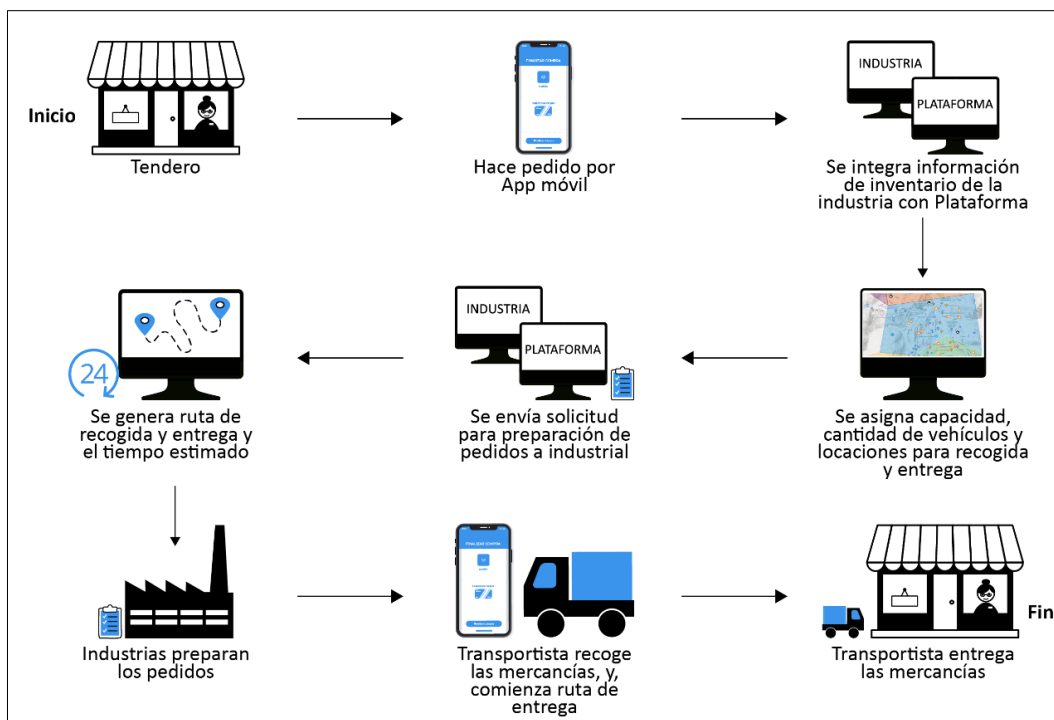


Ilustración 11. Esquema logístico base para el diseño de los procesos de la gestión de la red de distribución. (Fuente: elaboración propia).

Se muestra una integración total de los participantes del esquema logístico mediante el uso de las TICs, donde el tendero realizaría los pedidos por la App móvil, luego, esa información se integraría en la Plataforma Web, donde estaría almacenada la información de los productos ofertados por los industriales. A continuación, la Plataforma Web evaluaría y asignaría la carga respecto de los pedidos y acorde a la capacidad de los vehículos, también determinaría la cantidad de vehículos necesarios para realizar la distribución y, las rutas para la recogida y distribución. Luego, se enviaría la solicitud de preparación de pedidos al industrial y se generaría la ruta de recogida y entrega de las mercancías y el tiempo estimado de entrega que serviría de información tanto para el transportista y los tenderos. Los industriales prepararían los pedidos y los transportistas los recogerían y distribuirían a cada uno de los tenderos.

2.2 Descripción de los procesos y subprocesos

La descripción de los procesos consiste en establecer una operativa eficiente en el flujo de información documental, monetaria y de mercancías entre los participantes de la red de distribución. A continuación, se describen el proceso de solicitud de pedidos, el proceso de gestión de pedidos con sus subprocesos de preparación y distribución de pedidos, el cliente de los procesos y subprocesos, los objetivos que se persiguen en cada uno de ellos, los KPIs que serán medidos de manera mensual y, finalmente, se realiza el modelamiento de cada uno de los procesos y subprocesos antes mencionados. En la siguiente ilustración se indican los procesos y subprocesos que se van a describir y a estudiar.

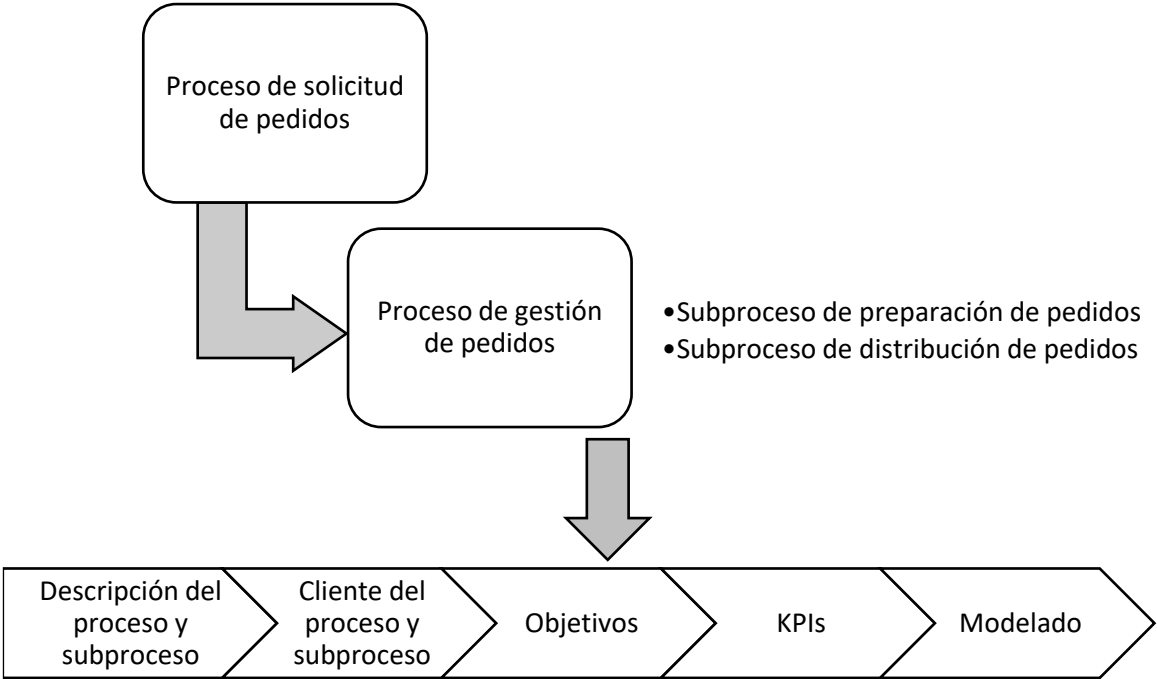


Ilustración 12. Procesos operativos clave a diseñar. (Fuente: elaboración propia).

Para el diseño de los procesos y subprocesos operativos clave, intervienen: el cliente, quien, con los datos de salida de la ejecución del proceso, puede tomar decisiones para el desarrollo del siguiente

proceso o subproceso. Se describen también, los objetivos que se persiguen, los KPIs que, son los indicadores que permiten medir si se están o no cumpliendo los objetivos y, finalmente, el modelado, que es la descripción visual de todos los procesos y subprocesos descritos y que se realizan a través del lenguaje BPMN 2.0.

2.1.1 Proceso de solicitud de pedidos (PSP)

2.1.1.1 Descripción del proceso de solicitud de pedidos (PSP)

El proceso de solicitud de pedidos se iniciaría cuando el tendero elija la industria y la cantidad de productos que necesite. En caso de que el tendero no esté conforme con el pedido, lo podría modificar o cancelar. Si el tendero está conforme con el pedido, procedería a confirmar el pedido y a realizar el pago. Una vez realizado el pago, se enviaría automáticamente una orden de pedido a la Plataforma Web. A continuación, se resume el proceso en la siguiente ficha.



Ilustración 13. Ficha del proceso de solicitud de pedidos. (Fuente: elaboración propia).

2.1.1.2 Cliente del proceso de solicitud de pedidos (PSP)

El cliente del proceso de solicitud de pedidos sería la Plataforma Web, quien a través de la App móvil, se dotaría de la información necesaria para la gestión y distribución de los pedidos.

2.1.1.3 Objetivos del proceso de solicitud de pedidos (PSP)

Los siguientes objetivos están dirigidos a la interfaz del usuario con el uso de la App móvil para la solicitud de pedidos.

Objetivo 1 (O₁PSP): Mantener un catálogo de productos con información completa que sea mayor al 95%, dicha información se conformaría de lo siguiente: nombre del producto, peso, volumen, precio y cantidad mínima de pedido.

Se entiende que, un catálogo de productos con información completa es aquel que reúne toda la información relevante de cada uno de los productos que oferten los industriales a través de la App móvil y, en la que los tenderos de manera fácil e intuitiva puedan ordenar los pedidos que requieran. Además de reunir la información de cada uno de los productos, es necesario que en la App móvil siempre se refleje una disponibilidad de cada uno de ellos, esto conllevaría a que el tendero siempre disponga de los productos que solicite y pueda adquirirlos.

Objetivo 2 (O₂PSP): Mantener un catálogo de productos estable y disponible en la App móvil con una estabilidad del 100%

Un catálogo estable y disponible de productos en la App móvil consiste en mantener una misma oferta de productos para los clientes, en este caso, los tenderos, en un determinado periodo de tiempo, para así evitar que se vaya a rotar los productos con mucha frecuencia y que el cliente deje de tenerlos disponibles. El periodo de tiempo en el que el catálogo de productos estaría disponible en la App móvil dependería de decisiones comerciales y de producción de cada industrial, es decir, pueden decidir mantener todos los productos o cambiar algunos que ya no tengan mercado, por ejemplo, o añadir otros productos al catálogo. En fin, con un catálogo estable de productos se facilitaría la fidelización del cliente, lo que se reflejaría, además, en el incremento de las ventas.

Objetivo 3 (O₃PSP): Mantener una interfaz de usuario amigable, fácil de usar y que cumpla con una satisfacción del tendero mayor al 95%.

Se entiende por interfaz de usuario amigable a una interfaz que ofrece al usuario, en este caso al tendero, la posibilidad de realizar los pedidos de manera fácil e intuitiva, desde la elección del producto hasta realizar el pago, por ejemplo.

2.1.1.4 KPIs del proceso de solicitud de pedidos (PSP)

Las mediciones de cada uno de los KPIs que se presentan a continuación se realizarían una vez al mes. Para el control del cumplimiento de los objetivos del proceso, se plantea un KPI para cada uno de los objetivos anteriores, de forma que, al objetivo 1 le corresponde el KP1, al objetivo 2 el KPI 2 y, al objetivo 3 el KPI 3. A continuación, para cada uno de estos KPIs, se indicará la fórmula empleada para su cálculo, se explicará cómo utilizarla y se comentarán posibles acciones de mejora para alcanzar el valor objetivo en cada caso.

KPI 1 del objetivo 1 Porcentaje de productos con información completa (KPI₁O₁PSP):

El porcentaje de productos con información completa (1) mide la cantidad de productos que reúnen toda la información del producto sobre el total de productos que existan en el catálogo. Por ejemplo, si de un total de 20 productos en catálogo 17 de ellos se reflejan en la App móvil con toda la

información como el nombre, peso, etc., el 85% de los productos reflejarían una información completa. La medición de este KPI se realizaría de manera mensual. La fórmula para su cálculo sería:

$$\text{Porcentaje de productos con información completa} = \frac{\text{Productos con información completa}}{\text{Total de productos en el catálogo}} \times 100 \quad (1)$$

Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (O₁PSP): se ha definido un objetivo mayor al 95% y, si se obtiene un porcentaje de productos con información completa menor al 95%, se debería tomar acciones de mejora. El responsable de medir el KPI y tomar las acciones de mejora sería el gestor de la cadena de suministro, el cual determinaría las causas de la falta de información de los productos y así completar dicha información.

Una herramienta que se podría utilizar sería realizar una tabla de Excel (**Tabla 5**) que reúna la información de todos los catálogos de cada uno de los industriales e ir llenando los campos que hacen referencia a cada producto. Cuando esta tabla se haya completado, ya se podría empezar a subir la información a la App móvil. Esto se haría con cada producto nuevo que se quiera incluir.

Tabla 5. Ejemplo de un catálogo de productos de un industrial. (Fuente: elaboración propia).

Industrial A						
Nombre del producto	Peso	Volumen	Precio	Cantidad disponible	Cantidad de productos que caben en la caja	Cantidad mínima de pedido
Producto A	500gr.	-	\$1,00	100	60	5 cajas
Producto B	-	750ml	\$5,00	50	16	2 cajas

La tabla anterior (**Tabla 5**) muestra, a modo de ejemplo, la estructura que podría tener un catálogo de productos que podría utilizar el gestor de la cadena de suministro para reunir información de cada uno de los productos y poder subirla a la App móvil.

KPI 2 del objetivo 2 Estabilidad del catálogo de productos (KPI₂O₂PSP):

La estabilidad del catálogo de productos (2) del industrial reflejado en la App móvil, mide en términos de porcentajes la estabilidad en que salen, entran o reemplazan los productos del catálogo en un determinado periodo de tiempo, es decir, de manera mensual. La fórmula para su cálculo sería:

$$\text{Estabilidad del catálogo de productos} = \frac{\text{Total de productos en catálogo} - \text{Productos que salen, entran o se reemplacen del catálogo}}{\text{Total de productos en catálogo}} \times 100 \quad (2)$$

Ejemplificando el indicador (2), se describen 3 escenarios con un catálogo de 100 productos. En el primer escenario entran 5 productos del catálogo, dando una estabilidad del 95%. En el segundo escenario salen 6 productos, dando una estabilidad del 94%. En el tercer escenario se remplazan todos los productos, es decir los 100 del catálogo, dando una estabilidad del 0%. Como el objetivo es mantener un 100% de estabilidad se deben realizar acciones de mejora.






Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (O₂PSP): se ha definido como objetivo una estabilidad del catálogo de productos del 100%. En cualesquiera de los escenarios ejemplificados anteriormente, de cierta manera no es conveniente tener una variación debido a que, el cliente o tendero, de cierta manera se lo desvincularía de los productos que habitualmente estaría acostumbrado a pedir y, por lo tanto, podría dejar de realizar pedidos.

El que se añaden o entren más productos en el catálogo, se cree que no sería tan perjudicial para las decisiones de compra del tendero, sin embargo, alcanzar su fidelización hacia esos nuevos productos requeriría de acciones de marketing y publicidad. Lo mismo se aplicaría para en caso de que se remplacen productos del catálogo por unos nuevos. En caso de que se quitasen o salgan productos del catálogo es una acción que no se podría remediar. Evidentemente, una cierta renovación del catálogo sería necesaria para mantenerlo actualizado, pero, según la importancia que la empresa concede a la fidelización de los clientes, habría que dosificar y gestionar bien dicha renovación y encontrar el equilibrio con la estabilidad del catálogo perseguida.

KPI 3 del objetivo 3 Satisfacción de uso de la App móvil (KPI₃O₃PSP):

Para medir el objetivo 3, mediante un KPI, primeramente, es necesario formular una encuesta de satisfacción que sería dirigida al tendero que realice una primera compra o pedido:

Tabla 6. Encuesta de satisfacción del usuario de la App móvil. (Fuente: elaboración propia).

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE USO DE LA APP MÓVIL PARA SOLICITUD DE PEDIDOS	Selecciona según tu criterio la opción que más se ajuste a la pregunta				
					
	Muy insatisfecho	insatisfecho	Neutral	Satisfecho	Muy satisfecho
1. ¿Qué tan satisfecho estás con la información del producto?					
2. ¿Qué tan satisfecho estás con la variedad de productos disponibles en la App móvil?					
3. ¿Qué tan satisfecho estás con la facilidad de uso de la App móvil?					
4. ¿Qué tan satisfecho estás con la cantidad mínima de pedido?					
5. Comentarios o sugerencias:					

Se han elaborado 4 preguntas sobre la información del producto, la variedad de productos, la facilidad de uso de la App móvil y sobre la cantidad mínima de pedidos establecida. En el quinto punto de la encuesta se ha establecido una caja de comentarios o sugerencias que permitirían obtener datos para mejorar la calidad de uso de la App móvil.

Para poder medir las preguntas 1, 2, 3 y 4; y analizarlas a través de un KPI, es necesario establecer un valor conforme a las caritas de satisfacción, así, por ejemplo, la carita de Muy insatisfecho tendría un valor de 1, mientras que la carita de Muy satisfecho, un valor de 5; es decir, la medición se conformaría por una calificación que iría del 1 al 5. Por lo tanto, el KPI quedaría formulado para cada una de las preguntas, de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de satisfacción de la pregunta}(x) = \frac{\text{Prom. total de calificaciones de la pregunta } (x)}{\text{Valor máximo de satisfacción } (5)} \times 100 \quad (3)$$

El porcentaje de satisfacción de la pregunta (x) (3), es decir, cada una de las preguntas 1, 2, 3 y 4; miden la satisfacción del tendero respecto del producto y del uso de la App móvil de manera mensual. Este KPI se podría medir de manera general, es decir, sacar un promedio de calificaciones de todas las preguntas o, a su vez, un promedio de cada pregunta. Las acciones de mejora, por lo tanto, se tomarían en base al promedio obtenido por todas las preguntas o por cada una de ellas. Por ejemplo, si se tuviese un promedio con un valor de 3 de calificación de la pregunta 1, el porcentaje de satisfacción respecto a la información brindada del producto sería del 60%. Ahora bien, si se tuviese un promedio de todas las preguntas de un valor de 4, el porcentaje de satisfacción de uso de la App móvil sería del 80%. Como el objetivo es lograr una satisfacción de uso de la App móvil del 95%, se deberían tomar acciones de mejora.

Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (O₃PSP): se ha definido como objetivo un porcentaje de satisfacción del tendero mayor al 95% en cada una de las preguntas o de manera general. Si el porcentaje es menor, el gestor de la cadena de suministro debería tomar acciones de mejora como realizar reuniones con el equipo para conocer las causas del bajo porcentaje.

Respecto a la pregunta 1, ya se ha propuesto una acción de mejora expuesta anteriormente, que es la de hacer uso de una tabla de Excel (**Tabla 5, página 41**) que reúna toda la información de cada uno de los productos. Respecto de la pregunta 2, esto depende de la cantidad de productos que el industrial quiera que se comparta en la App móvil, por lo tanto, puede haber muy pocos productos, como todo el catálogo que fabrique el industrial, lo conveniente sería que hubiese una amplia variedad de productos, por lo que sería importante negociar con el industrial para que acepte disponer en la App móvil de toda o la mayoría de sus productos fabricados. Respecto de la pregunta 3, si se obtienen valores bajos, se podría realizar un rediseño del proceso de solicitud de pedidos, por ejemplo. Respecto de la pregunta 4, al ser una distribución directa B2B, es conveniente definir una cantidad mínima de pedido por cada producto. Cabe recalcar que, esta encuesta se enviaría al tendero en su primer pedido y, dependiendo de la calificación obtenida, se pueden tomar decisiones de mantener o reducir si es necesario y conveniente la cantidad mínima de pedido.

2.1.1.5 Modelado del proceso de solicitud de pedidos por App móvil

La **Ilustración 14**, muestra el modelado del proceso anteriormente descrito.

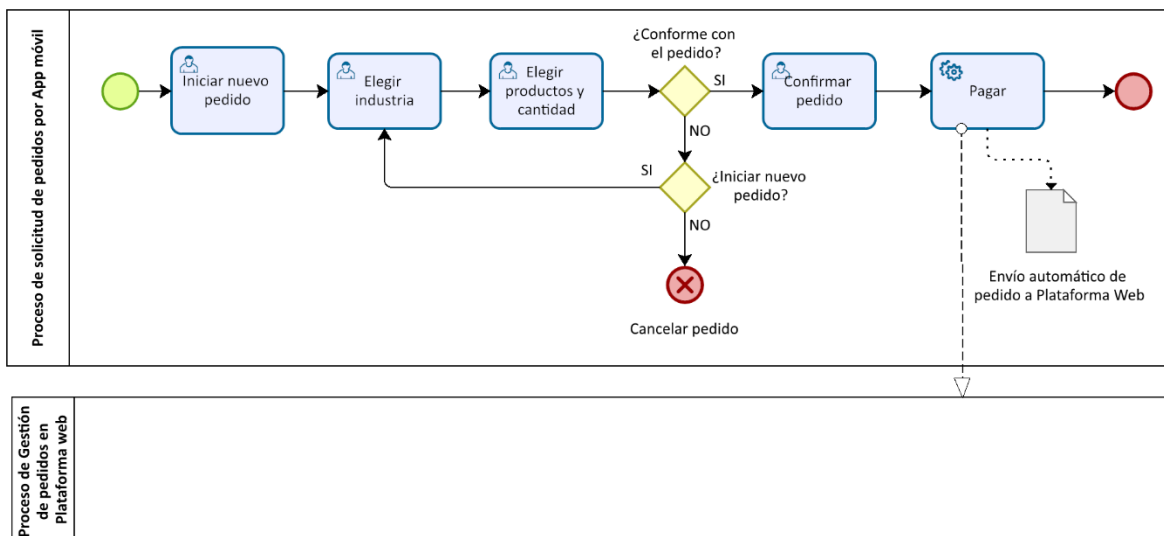
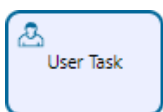
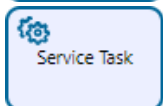


Ilustración 14. Modelado del proceso de solicitud de pedidos por App móvil. (Fuente: elaboración propia).

La definición de las actividades se resume a continuación:



Las tareas de usuario son realizadas por el tendero a través de la App móvil.



Las tareas de servicio permiten al tendero a través de la App móvil, proceder al pago del pedido y enviar esa información de manera automática a la Plataforma Web.

2.1.2 Proceso de gestión de pedidos (PGP)

2.1.2.1 Descripción del proceso de gestión de pedidos (PGP)

Para una mejor gestión operativa en la preparación, carga y distribución de las mercancías, es necesario, establecer una ventana de horario para tales acciones, de modo que, se establece un horario de acumulación de pedidos, matutino y vespertino, que comprende entre las 00h00 a 11h59 y 12h00 a 23h59, respectivamente. Luego de acumular los pedidos, se liberarían y los transportistas procederían a su carga y distribución al día siguiente en horario de 07h00 a 13h00 y de 13h00 a 19h00 respectivamente, de acuerdo con la ventana de horaria de acumulación de pedidos. Por lo tanto, si los tenderos realizan sus pedidos en la mañana o en la tarde, se cree que los industriales tendrían el tiempo suficiente para preparar los pedidos y tenerlos listos para el despacho.

El proceso de gestión de pedidos se iniciaría cuando se recibe una orden de pedido realizada por el tendero a través de la App móvil. Luego, la Plataforma Web validaría el pedido y emitiría la facturación correspondiente por e-mail al tendero; a su vez, acumularía las facturas que correspondan a los industriales para el subproceso de preparación de pedidos. Después, se enviaría el tracking de pedidos al tendero por e-mail igualmente, para que visualice en qué proceso se encuentra su pedido, ya sea en preparación o en distribución. Se acumularían los pedidos y tras su liberación, se distribuirían a cada uno de los camiones asignando a su vez, la mejor ruta de distribución. Después se solicitaría la preparación de pedidos a los industriales (subproceso de preparación de pedidos) y el transporte para la recogida y distribución de las mercancías (subproceso de distribución de pedidos). La siguiente ilustración muestra la ficha resumen del proceso.

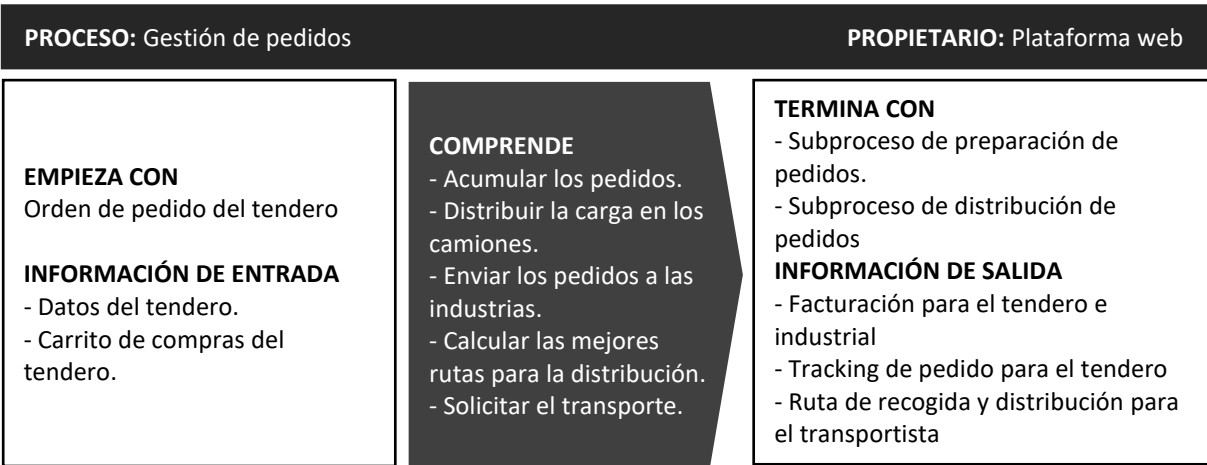


Ilustración 15. Ficha del proceso gestión de pedidos. (Fuente: elaboración propia).

2.1.2.2 Cliente del proceso de gestión de pedidos (PGP)

Los clientes del proceso de gestión de pedidos serían el industrial y los transportistas, quienes, a través de la Plataforma Web, se dotarían de información necesaria para preparar y distribuir los pedidos.

2.1.2.3 Objetivos del proceso de gestión de pedidos (PGP)

Objetivo 1 (O₁PGP): Distribuir y asignar las cargas en el camión utilizando una capacidad mayor del 95%.

Se entiende por distribuir y asignar las cargas en el camión a la acción de ir colocando en el camión cada caja de acuerdo con el pedido realizado por el tendero hasta completar la capacidad del camión que es de 240 cajas. Esto con el fin de aprovechar el máximo espacio posible del vagón del camión, abarcar menos rutas y reducir los costes de transporte.

2.1.2.4 KPI del proceso de gestión de pedidos (PGP)

Las mediciones de cada uno de los KPIs que se presentan a continuación se realizarían una vez al mes. Para el control del cumplimiento de los objetivos del proceso, se plantea un KPI para el objetivo anterior, de forma que, al objetivo 1 le corresponde el KP1. A continuación, para el KPI, se indicará la fórmula empleada para su cálculo, se explicará cómo utilizarla y se comentarán posibles acciones de mejora para alcanzar su valor objetivo.

KPI 1 del objetivo 1 Capacidad utilizada del camión (KPI₁O₁PGP):

la capacidad utilizada del camión (4) mide la capacidad real utilizada en cada envío y se analizaría de manera mensual recogiendo los datos de cada uno de los envíos realizados en el mes. Por ejemplo, si en un mes se han realizado 100 envíos y el promedio de todos los envíos arroja una capacidad utilizada de 215 cajas, la capacidad utilizada del camión sería del 89%, por lo que se deberían realizar acciones de mejora para alcanzar el objetivo deseado. La fórmula para su cálculo sería:

$$\text{Capacidad utilizada del camión} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Capacidad del camión (240 cajas)}} \times 100 \quad (4)$$

Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (O₁PGP): se ha definido como objetivo realizar los envíos utilizando una capacidad del camión mayor al 95%, por lo tanto, si se da un resultado menor, el gestor de la cadena de suministro, debería realizar acciones de mejora, por ejemplo, analizar los envíos donde no se utilizó toda la capacidad del camión y conocer sus causas, este problema estaría relacionado directamente con la gestión de la Plataforma web y el Algoritmo diseñado (**Ilustración 22, página 59**), por lo tanto, se podría rediseñar el proceso de gestión de pedidos y el algoritmo acorde con las rutas de distribución a las que se asignaron los pedidos y donde se obtuvieron resultados menores al deseado.

2.1.2.5 Modelado del proceso de gestión de pedidos en Plataforma Web

La **Ilustración 16**, muestra el modelado del proceso anteriormente descrito.

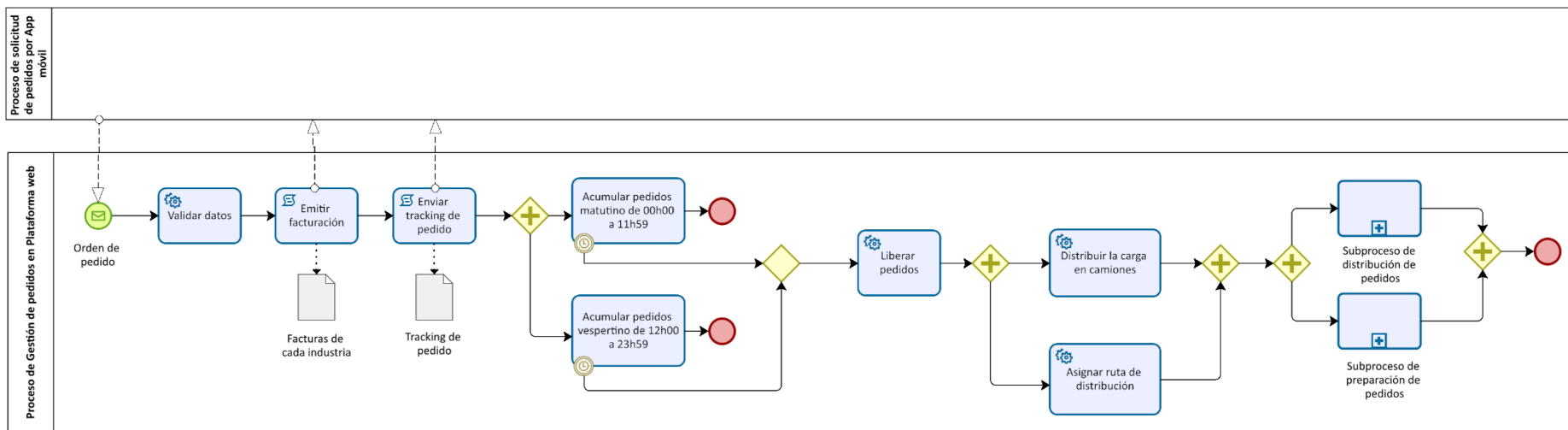
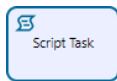


Ilustración 16. Modelado de gestión de pedidos en Plataforma Web. (Fuente: elaboración propia).

La definición de las actividades se resume a continuación:



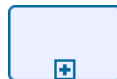
Las tareas de servicio permiten a la Plataforma Web validar los datos de entrada respecto de los pedidos realizados a través de la App móvil, así como liberar los pedidos, distribuir las cargas en los camiones y asignar las rutas de distribución.



Las tareas de Script permiten enviar la facturación y el tracking del pedido al tendero a través de la Plataforma Web para que lo pueda visualizar en la App móvil.



Los eventos de temporización permiten a la Plataforma acumular los pedidos de acuerdo con el horario en el que se realizó el pedido (matutino o vespertino), para luego de cumplir con el horario establecido, continuar a la siguiente tarea.



Las tareas de subproceso refieren a los subprocesos de preparación y distribución de pedidos.

2.1.3 Subproceso de preparación de pedidos (SPP)

2.1.3.1 Descripción del subproceso de preparación de pedidos (SPP)

Del proceso general de gestión de pedidos en Plataforma Web nace el subproceso de preparación de pedidos. El subproceso de preparación de pedidos se iniciaría cuando se recibe la solicitud de preparación de pedidos por la Plataforma Web y las facturas acumuladas de los pedidos realizados en horario matutino o vespertino. Los industriales notificarían a la Plataforma Web si surgiera algún inconveniente en la preparación de los pedidos, ya sea por faltante de productos o por no poder servir a tiempo los pedidos, por ejemplo. Si no surgiera algún inconveniente, se prepararían los pedidos y se despacharían entregando al transportista el albarán de entrega. Finalmente, se cargarían al camión las mercancías y se notificaría a la Plataforma Web de su entrega.

Para poder despachar los pedidos, el industrial debería acogerse a la ventana de horario de acumulación de pedidos previamente establecida. La acumulación de pedidos es beneficioso para los industriales porque podrían destinar un horario fijo para su preparación y despacho en cuanto arriben los transportistas a sus instalaciones. Podrían a su vez, tomar acciones necesarias en caso de que surja algún inconveniente con los pedidos debido a que dispondrían de un margen de tiempo para solucionarlo hasta el momento del despacho de las mercancías. En la siguiente ilustración se puede apreciar la ficha resumen de este subproceso.

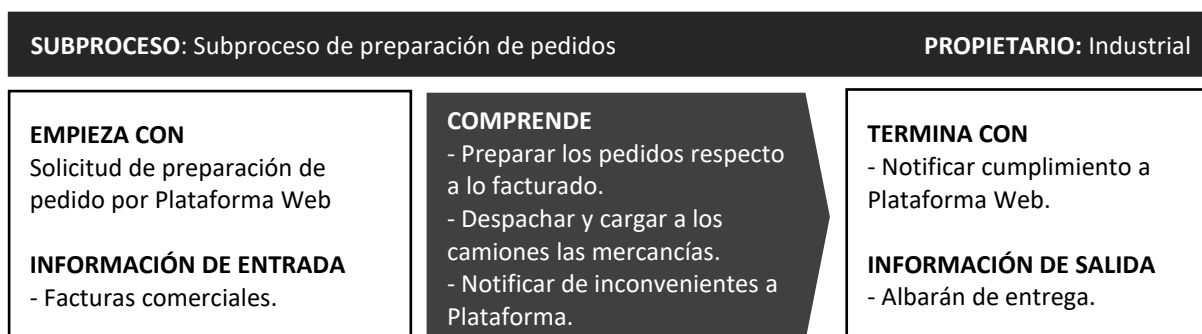


Ilustración 17. Ficha del subproceso de preparación de pedidos. (Fuente: elaboración propia).

2.1.3.2 Cliente del subproceso de preparación de pedidos (SPP)

El cliente del subproceso de preparación de pedidos sería el transportista, quien, a través de la información reflejada en la App móvil se trasladaría a las instalaciones del industrial para recoger los pedidos y distribuirlos a los tenderos.

2.1.3.3 Objetivos del subproceso de preparación de pedidos (SPP)

Objetivo 1 (O₁SPP): Despachar y cargar los pedidos al camión en un tiempo máximo de servicio de 15 minutos por pedido.

Se entiende por despachar y cargar los pedidos al camión a la acción de entregar, el industrial, los pedidos al conductor del camión conjuntamente con el albarán de entrega, para luego, proceder a cargar los pedidos al camión. Toda esta acción debería realizarse un tiempo menor o igual a 15 minutos. Este es un tiempo estimado y que también ha sido establecido para calcular el coste de transporte desarrollado en el Capítulo 3 (**Tabla 8**).

Objetivo 2 (O₂SPP): Tener una tasa de cumplimiento de pedidos completos mayor al 95%.

Se entiende por tasa de cumplimiento al despacho de los pedidos completos de acuerdo con lo solicitado por el cliente.

2.1.3.4 KPIs del subproceso de preparación de pedidos (SPP)

Las mediciones de cada uno de los KPIs que se presentan a continuación se realizarían una vez al mes. Para el control del cumplimiento de los objetivos del subproceso, se plantea un KPI para cada uno de los objetivos anteriores, de forma que, al objetivo 1 le corresponde el KP1 y, el objetivo 2 al KPI 2. A continuación, para cada uno de estos KPIs, se indicará la fórmula empleada para su cálculo, se explicará cómo utilizarla y se comentarán posibles acciones de mejora para alcanzar el valor objetivo en cada caso.

KPI 1 del objetivo 1 Tiempo de servicio (KPI₁O₁SPP):

El tiempo de servicio (5) mide el tiempo en que el industrial se demoraría en despachar los pedidos al camión. Entendiéndose por despachar los pedidos a la acción de entregar al transportista el albarán de entrega y a la carga de los pedidos al camión. Por ejemplo, la Plataforma Web trazaría de manera automática una ruta de distribución y los tiempos estimados para un cierto camión, el mismo que tendría que empezar a recoger y distribuir los pedidos desde las 07h00 hasta las 13h00. En esa ventana de horario, se ha marcado que tiene que visitar a 3 industrias y 10 tenderos, esta información de acuerdo con los procesos diseñados se compartiría también con el industrial y este debería acogerse a los tiempos que se han establecido, al igual que el transportista. Por tanto, cuando el camión arribe a las instalaciones del industrial, el industrial debería despachar y cargar los pedidos en un tiempo menor o igual a 15 minutos para que el transportista pueda cumplir con la ruta de distribución establecida y poder servir a los tenderos en el tiempo que se ha marcado. La fórmula para su cálculo sería:

$$\text{Tiempo de servicio} = \text{Prom. de tiempo utilizado para el despacho de los pedidos} \leq 15 \text{ minutos} \quad (5)$$

Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (O₁SPP): se ha definido como objetivo que, el industrial despache los pedidos en un tiempo menor o igual a 15 minutos. Una de las maneras de poder alcanzar este objetivo es que el industrial debería cumplir con la ventana de horario para la solicitud y distribución de pedidos expuesta en el Proceso de Gestión de Pedidos, dicha ventana de horario se complementaría con el algoritmo diseñado en el Capítulo 3 (**Ilustración 22, página 59**). Los cálculos de los tiempos de recogida y distribución se realizarían, por tanto, de manera automática, siendo únicamente el industrial en este subproceso que debería acogerse al tiempo que marcaría la Plataforma web para el despacho de las mercancías.

Una acción de mejora concreta que podría realizar el gestor de la cadena de suministro sería la de promediar el tiempo real utilizado para el despacho y carga de los pedidos en un mes y comparar si es menor o igual a 15 minutos, si es mayor a ese tiempo, se debería mediante reuniones con el industrial analizar las causas por las que no se estaría cumpliendo con el tiempo establecido.

KPI 2 del objetivo 2 Tasa de cumplimiento de pedidos (KPI₂O₂SPP):

La tasa de cumplimiento de pedidos (6) mide la cantidad de pedidos completos que se han podido servir por el industrial, por ejemplo, si en el mes de medición del KPI, se han realizado 100 pedidos y de los cuales se han podido servir completos 80, la tasa de cumplimiento de pedidos sería del 80%. Como el resultado es menor que el esperado, se deberían realizar acciones de mejora. La fórmula para su cálculo sería:

$$\text{Tasa de cumplimiento de pedidos} = \frac{\text{Total de pedidos servidos completos}}{\text{Total de pedidos facturados}} \times 100 \quad (6)$$

Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (KPI₂O₂SPP): se ha definido como objetivo que, la tasa de cumplimiento de los pedidos sea mayor al 95%, si se obtienen resultados menores en el mes de medición, el gestor de la cadena de suministro debería reunirse con el industrial para conocer las causas por las que no se estaría cumpliendo con entregas completas. Esto se traduciría más bien, a un problema administrativo, de logística o de planificación de la demanda del industrial.

Si se tratase de un problema de planificación de la demanda, una acción de mejora concreta y viable sería la de poder otorgarle el gestor de la cadena de suministro al industrial un reporte de las ventas realizadas de cada producto en un determinado periodo de tiempo, de un mes, por ejemplo. El reporte le serviría para poder planificar mejor su demanda y conocer cuáles son los productos que más se venden por este canal de ventas. Además, si se tratase de un problema administrativo o logístico, la forma de resolverlo sería la de establecer un programa de capacitaciones programadas en las que los operarios del almacén del industrial se acojan a este subproceso.

2.1.3.5 Modelado del subproceso de preparación de pedidos

La **Ilustración 18**, muestra el modelado del proceso anteriormente descrito

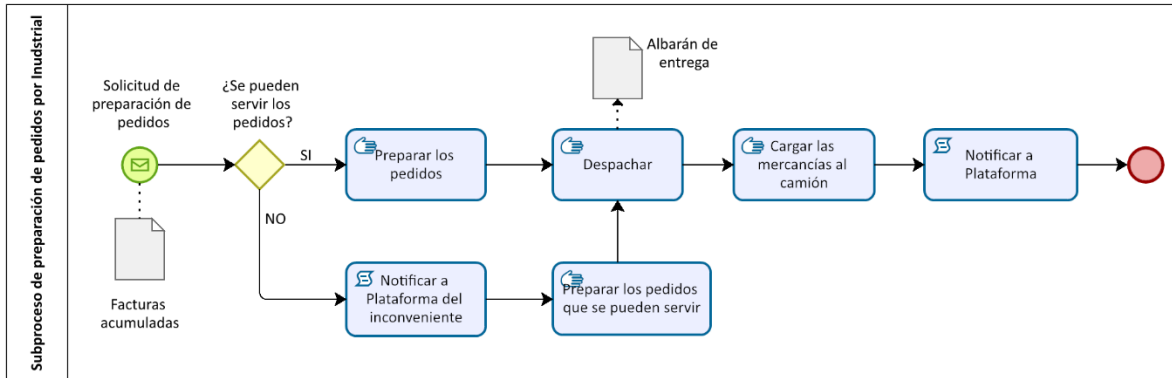
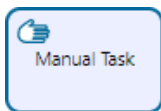


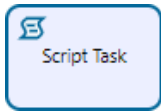
Ilustración 18. Modelado del subproceso de preparación de pedidos. (Fuente: elaboración propia).

La definición de las actividades se resume a continuación:



Manual Task

Las tareas manuales son ejecutadas por el personal de la industria al preparar los pedidos, despacharlos y cargar las mercancías al camión.



Script Task

Las tareas de servicio permiten al industrial a través de su sistema informático, notificar a la Plataforma web de algún inconveniente ocurrido y de la entrega de las mercancías al transportista.

2.1.4 Subproceso de distribución de pedidos (SDP)

2.1.4.1 Descripción del subproceso de distribución de pedidos (SDP)

Del proceso general de gestión de pedidos en Plataforma Web nace el subproceso distribución de pedidos. El proceso se iniciaría cuando el transportista recibe la solicitud de transporte en su App móvil, a su vez, recibiría el horario y la ruta de recogida y distribución. Luego, se trasladaría a las instalaciones del industrial, recibiría el despacho de los pedidos, verificaría junto con el albarán de entrega que la mercancía que se esté cargando en el camión esté completa y que se realice en las mejores condiciones, es decir, sin golpes o movimientos bruscos. Luego, aseguraría la carga y empezaría con la distribución de los pedidos, para finalmente, notificar el cumplimiento a través de la App móvil. La siguiente ilustración muestra la ficha resumen de este subproceso.

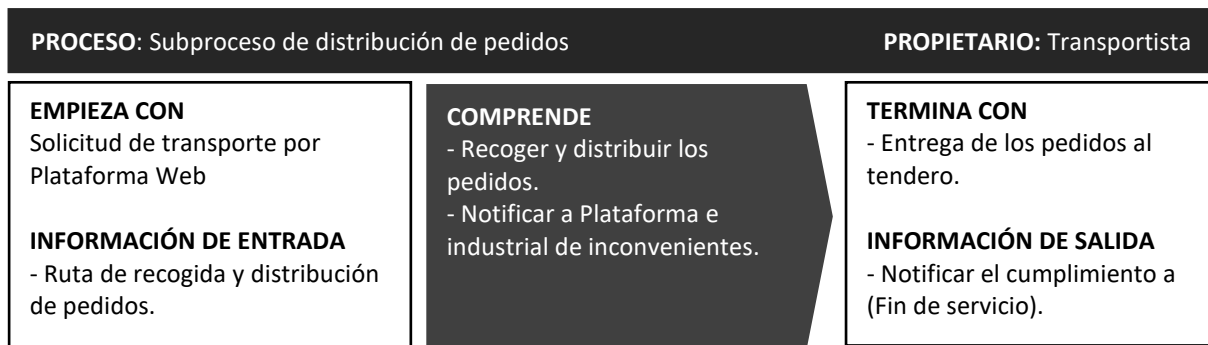


Ilustración 19. Ficha del subproceso de distribución de mercancías. (Fuente: elaboración propia).

2.1.4.2 Cliente del subproceso de distribución de pedidos (SDP)

El cliente del subproceso de distribución de pedidos sería el tendero, quien recibiría sus pedidos a través del transportista y que fueron solicitados previamente a través de la App móvil.

2.1.4.3 Objetivos del subproceso de distribución de pedidos (SDP)

Objetivo 1 (O₁SDP): Tener una tasa de retorno de productos menor al 5%.

Se entiende por tasa de retorno de productos, a la cantidad medida en porcentajes de productos devueltos, ya sea porque se han entregado en malas condiciones, a destiempo o porque no era el producto que el tendero solicitó.

Objetivo 2 (O₂SDP): Recoger y distribuir los pedidos con una tasa mayor al 95% de entregas a tiempo.

Se entiende por recoger y distribuir los pedidos en el tiempo establecido en la ruta de distribución al tiempo calculado según el algoritmo diseñado (**Ilustración 22, página 59**) a través de la Plataforma Web, por lo tanto, no sería un tiempo fijo.

2.1.4.4 KPIs del subproceso de distribución de pedidos (SDP)

Las mediciones de cada uno de los KPIs que se presentan a continuación se realizarían una vez al mes. Para el control del cumplimiento de los objetivos del subproceso, se plantea un KPI para cada uno de los objetivos anteriores, de forma que, al objetivo 1 le corresponde el KP1 y, el objetivo 2 al KPI 2. A continuación, para cada uno de estos KPIs, se indicará la fórmula empleada para su cálculo, se explicará cómo utilizarla y se comentarán posibles acciones de mejora para alcanzar el valor objetivo en cada caso.

KPI 1 del objetivo 1 Tasa de retorno de productos (KPI₁O₁SDP):

La tasa de retorno de productos (7) mide la cantidad de productos devueltos por presentar inconsistencias en su calidad o tipo de producto. Se menciona productos, mas no pedidos porque de un pedido se podría retornar una cierta cantidad de productos mas no su totalidad. Aunque, dependería de la situación del tendero al recibir el pedido, que, acoja los productos que estarían en buenas condiciones o que, devuelva todo el pedido por no haberse entregado en su totalidad en las mejores condiciones, de todas formas, se establece como que todos los tenderos devuelven solamente los productos que han presentado inconsistencias. Por ejemplo, si en el mes de medición del KPI, se han devuelto 7 productos de un total de 100 productos facturados, se tendrían una tasa de retorno de productos del 7%, es decir, es mayor a lo esperado, por lo tanto, se deberían tomar acciones de mejora. La fórmula para su cálculo sería:

$$\text{Tasa de retorno de productos} = \frac{\text{Total de productos devueltos}}{\text{Total de productos facturados}} \times 100 \quad (7)$$

Acciones de mejora para alcanzar el objetivo (O₁SDP): se ha definido como objetivo que, la tasa de retorno de productos sea menor al 5%, si se tiene una tasa mayor a la esperada, puede ocurrir por dos cuestiones: la primera es que, el industrial habría despachado los pedidos sin seguir un buen protocolo de manejo de las mercancías en su preparación y carga a los camiones, por lo que podría alguno de los productos haber sufrido algún desperfecto en su calidad, o que, el industrial se haya equivocado y despachado otro tipo de productos que el tendero no solicitó. La segunda cuestión podría ser que, el transportista realice movimientos bruscos cuando esté conduciendo el camión y que, al momento de descargar las mercancías en las ubicaciones de los tenderos, no lo realice de manera adecuada.

Cualesquiera que sean los motivos por los cuales se ha obtenido un resultado mayor al esperado, es necesario, por ejemplo, que, el gestor de la cadena de suministro analice las causas por las cuales se están produciendo las devoluciones. Esto sería necesario hacerlo mediante reuniones con el industrial y el transportista. En caso de que la causa sea por una mala manipulación de las cargas por parte del industrial y del transportista y, por una conducción brusca, una acción de mejora sería la de planificar capacitaciones destinadas a la manipulación y distribución de cargas en el camión y en el transporte de mercancías. Estas capacitaciones estarían destinadas tanto para el industrial y el transportista.

KPI 2 del objetivo 2 Tasa de entregas a tiempo (KPI₂O₂SDP):

La tasa de entregas a tiempo (8) mide la cantidad de notificaciones entregadas a tiempo, es decir, el transportista cuando entregue el pedido al tendero notificaría a la Plataforma Web del cumplimiento, por ende, el gestor de la cadena de suministro puede conocer si la entrega se realizó o no dentro del tiempo establecido. Por ejemplo, en el mes de medición del KPI, se han notificado un total de 100 entregas de las cuales se realizaron a tiempo un total de 90, lo que significaría que el 90% de las

entregas se han realizado a tiempo, de modo que, se deberían tomar acciones de mejora para alcanzar el objetivo deseado. La fórmula para su cálculo sería:

$$Tasa\ de\ entregas\ a\ tiempo = \frac{Notificaciones\ de\ entregas\ a\ tiempo}{Total\ de\ entregas} \times 100 \quad (8)$$

Acciones de mejora para alcanza el objetivo (O₂SDP): se ha definido como objetivo que, la tasa de entregas a tiempo de los pedidos sea mayor al 95%, si se obtienen resultados menores en el mes de medición del KPI, el gestor de la cadena de suministro debería reunirse con el transportista para conocer las causas por las que no se estaría cumpliendo con el objetivo. El tiempo establecido para la distribución se debería calcular a través del algoritmo diseñado (**Ilustración 22, página 59**), por lo tanto, si se estuviesen obteniendo resultados no favorables, se debería entonces, rediseñar el algoritmo o, a su vez, analizar la posibilidad de aumentar un vehículo para la distribución.

Este KPI es un tanto complejo de analizar y calcular porque todo parte del diseño del algoritmo, que sería la base para el cálculo de las rutas, tiempos y camiones necesarios para la distribución, por lo tanto, el aumentar un camión para la distribución, no sería conveniente si ya previamente el algoritmo realizó este cálculo, de esta manera quedaría descartada esta posibilidad.

Una acción de mejora más viable sería la de analizar el tiempo de conducción y descarga que los transportistas realizan. Nuevamente es un tanto complejo poder analizarlo a detalle debido a que, en la ruta de distribución que el transportista debiera cubrir, podrían surgir inconvenientes como alto tráfico, accidentes de tránsito, destinos sin poder aparcar, etc. De modo que, cuando las entregas se realicen a destiempo, sería conveniente que, el transportista notifique la causa por la cual no pudo realizar la entrega a tiempo. Cabe recalcar que, la distribución se realizaría en un entorno urbano, por lo tanto, la velocidad máxima para la distribución sería de 50 km/h (**Tabla 8, página 64**). En caso de que la ciudad sea un tanto caótica, entonces se debería reconfigurar el algoritmo y designar una velocidad máxima de distribución de 45 km/h, por ejemplo, de este modo, todos los cálculos, como tiempos, rutas y camiones para la distribución, se ajustarían a ese nuevo dato de entrada.

Con el nuevo dato de entrada, ya se puede realizar nuevas mediciones y, por tanto, analizar si se siguen manteniendo o mejorado el valor objetivo. En caso de que se siga manteniendo un valor desfavorable, sería necesario analizar la manera de conducir de los transportistas, es decir, si estarían cumpliendo con la ruta, con el tiempo de descarga o si estarían realizando paradas innecesarias.

2.1.4.5 Modelo del subproceso de entrega de mercancías

La **Ilustración 20**, muestra el modelado del proceso anteriormente descrito.

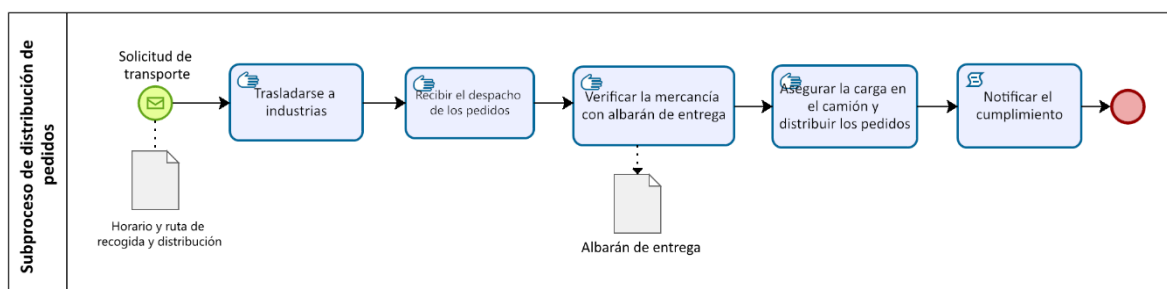
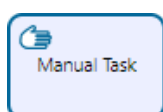
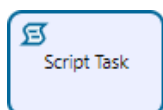


Ilustración 20. Modelado del subproceso de distribución de pedidos. (Fuente: elaboración propia).

La definición de las actividades se resume a continuación:



Las tareas manuales son ejecutadas por el transportista para su traslado a las industrias, recibir las mercancías, verificarlas, asegurar la carga en los camiones y distribuirla a las tiendas.



La tarea de servicio permite al transportista notificar el cumplimiento del pedido a la Plataforma Web. Esto permite también dar inicio al tracking de pedido y que se visualice en la App móvil del tendero y a la vez en la Plataforma web.

2.1.5 Tabla de indicadores compuesta de procesos y subprocesos

La **Tabla 7** de indicadores compuesta recoge cada KPI de los procesos y subprocesos diseñados a fin de llevar un control de cada uno de ellos. Las mediciones y sus respectivos análisis están estipulados para realizarse de manera mensual. Cabe recalcar que, en este capítulo se han abordado las dos primeras etapas del ciclo de vida de la BPM: el diseño y el modelado. Por lo tanto, las acciones de mejora propuesta están basadas en criterios cualitativos del autor, de manera que, para proponer de manera valedera acciones de mejora en base a los problemas encontrados en cada medición de los KPIs propuestos, es necesario abarcar las demás etapas del ciclo de vida, como es la ejecución, monitorización y mejoramiento de los procesos diseñados.

Una acción de mejora general que se aportaría a la **Tabla 7** sería la de capacitar al personal involucrado en cada uno de los procesos. Estas capacitaciones se realizarían cuando se ejecute el siguiente paso del ciclo de vida de la BPM, específicamente la **ejecución**. De modo que, el personal involucrado esté familiarizado con los procesos y, se, lograr alcanzar los objetivos propuestos o mejorarlos.

Tabla 7. Tabla de indicadores de los procesos y subprocesos. (Fuente: elaboración propia).

PROCESO	CÓDIGO OBJETIVO	OBJETIVOS	ACCIONES DE MEJORA	CÓDIGO KPIs	KPI	VALOR OBJETIVO	QUIEN DEBE REALIZAR LA MEDICIÓN	FRECUENCIA DE MEDICIÓN		
1. Proceso de solicitud de pedidos por App móvil (PSP)	O ₁ PSP	Mantener un catálogo de productos con información completa que sea mayor al 95%, dicha información se conformaría de lo siguiente: nombre del producto, peso, volumen, precio y cantidad mínima de pedido.	Tabla de Excel que reúna información del catálogo de productos del industrial	KPI ₁ O ₁ PSP	Porcentaje de productos con información completa = (Productos con información completa/Total de productos en el catálogo) x100	>95%	Gestor de la cadena de suministro	Mensual		
	O ₂ PSP	Mantener un catálogo de productos estable y disponible en la App móvil con una estabilidad del 100%	En caso de variaciones realizar Inversiones en marketing y publicidad para mantener una fidelización del cliente	KPI ₁ O ₂ PSP	Estabilidad del catálogo de productos = (Total de productos en catálogo - Productos que salen, entren o se remplacen del catálogo)/Total de productos en catálogo) x100	100%				
	O ₃ PSP	Mantener una interfaz de usuario amigable, fácil de usar y que cumpla con una satisfacción del tendero mayor al 95%.	1. Tabla de Excel que reúna información del catálogo de productos del industrial 2. Negociaciones con el industrial para ampliar el catálogo de productos. 3. Rediseño del proceso de solicitud de pedidos. 4. Redefinir o mantener la cantidad mínima de pedido	KPI ₁ O ₃ PSP	Porcentaje de satisfacción de la pregunta (x) = (Promedio total de calificaciones de la pregunta (x)/Valor máximo de satisfacción (5)) x100	>95%				
2. Proceso de gestión de pedidos (PGP)	O ₁ PGP	Distribuir y asignar las cargas en el camión utilizando una capacidad mayor del 95%.	1. Rediseñar el proceso de gestión de pedidos. 2. Rediseñar el algoritmo para la gestión de redes de distribución Peddling en entornos B2B	KPI ₁ O ₁ PGP	Capacidad utilizada del camión = (capacidad utilizada/capacidad del camión (240 cajas)) x100	>95%				
2.1 Subproceso de preparación de pedidos (SPP)	O ₁ SPP	Despachar y cargar los pedidos al camión en un tiempo máximo de servicio de 15 minutos por pedido.	Realizar reuniones con el industrial para conocer las causas que no se estaría cumpliendo con el tiempo establecido	KPI ₁ O ₁ SPP	Tiempo de servicio = Promedio de tiempo utilizado para el despacho de los pedidos	<= 15min.				
	O ₂ SPP	Tener una tasa de cumplimiento de pedidos completos mayor al 95%.	1. Otorgar al industrial un informe mensual de las ventas realizadas por cada producto para una mejor planificación de la demanda 2. Programa de capacitaciones para acogerse al subproceso	KPI ₁ O ₂ SPP	Tasa de cumplimiento de pedidos = (Total de pedidos servidos completos/Total de pedidos facturados) x100	>95%				
2.2. Subproceso de distribución de pedidos (SDP)	O ₁ SDP	Tener una tasa de retorno de productos menor al 5%.	1. Realizar reuniones con el industrial y transportista para conocer las causas del incumplimiento en la manipulación, carga, distribución y transporte de las mercancías 2. Programa de capacitaciones para abordar los problemas	KPI ₁ O ₁ SDP	Tasa de retorno de productos = (Total de productos devueltos/Total de productos facturados) x100	<5%				
	O ₂ SDP	Recoger y distribuir los pedidos con una tasa mayor al 95% de entregas a tiempo.	1. Notificaciones del transportista por las causas de demoras en las entregas 2. Redefinir los límites de velocidad 3. Análisis de conducción de los transportistas	KPI ₁ O ₂ SDP	Tasa de entregas a tiempo = (Notificaciones de entregas a tiempo/Total de entregas) x100	>95%				

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL ALGORITMO Y APLICACIÓN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

De acuerdo con la problemática antes expuesta, este capítulo se enfoca en resolver el problema de ruteo de vehículos para un canal corto de distribución en modo B2B, que conecte directamente a los industriales de la ciudad de Loja, Ecuador, con los tenderos de la misma ciudad. El objetivo del diseño del algoritmo es la de encontrar las mejores rutas en la red de distribución, para las recogidas y entregas de las mercancías en el menor coste y tiempos posibles.

Por lo tanto, se elige como medio de distribución, la **estrategia Peddling**, ya que es la más adecuada de aplicar de acuerdo con los objetivos que se persiguen, aunque, esta estrategia está diseñada para el transporte de larga distancia (Estrada Romeu, 2007), se la acoge como estrategia para distribución de última milla para la distribución de mercancías en la ciudad de Loja. La **Ilustración 21**, muestra cómo sería el funcionamiento general de la distribución de mercancías, aplicando la estrategia de distribución Peddling y haciendo uso de Las TICs.

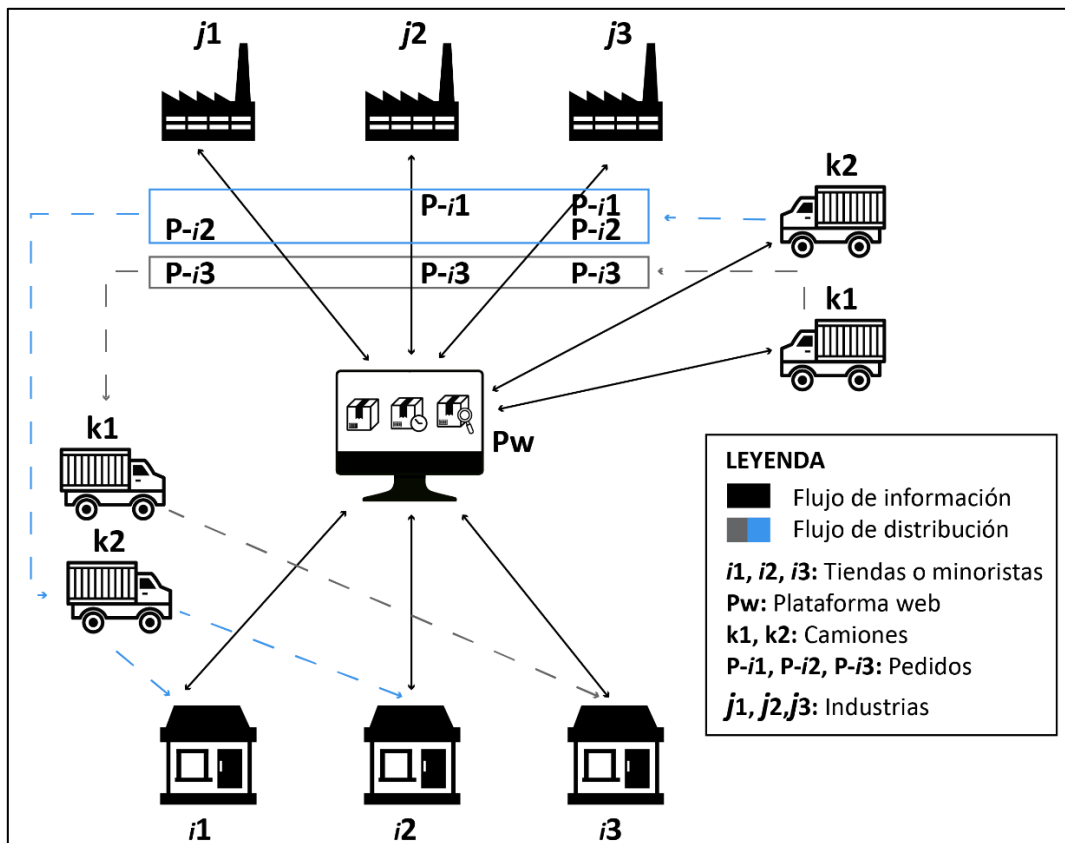


Ilustración 21. Diseño de la red de distribución con estrategia Peddling en modo B2B. (Fuente: elaboración propia).

Se muestra el diseño funcional de la red de distribución con estrategia Peddling en modo B2B. Por una parte, tenemos a *i1, i2* e *i3*, quienes son los tenderos los que realizan los pedidos a los industriales *j1, j2* y *j3*. La Plataforma web, que, a la vez de servir como Marketplace, solicita el transporte a *k1* y *k2* para la recolección y distribución de las mercancías. Los camiones *k1* y *k2* recogen los pedidos de *P-j1, P-j2* y *P-j3* desde las instalaciones de los industriales y las distribuyen a los tenderos *i1, i2* e *i3*.

En el siguiente apartado se mencionan los elementos a considerar para la recogida y distribución de las mercancías y las restricciones necesarias para la construcción del algoritmo.

3.1 Diseño del algoritmo

Para el diseño del algoritmo con estrategia de distribución Peddling en modo B2B, es necesario definir una serie de elementos para la gestión operativa en la preparación, carga, recogida y distribución de mercancías, que sea acorde a los objetivos que se persiguen, y que sirva como base para la construcción del algoritmo; de modo que, se establece lo siguiente:

1. Los pedidos se acumulan en un rango de horario definido como matutino y vespertino. Luego de su liberación, se envían a los industriales respectivamente para su inmediata preparación.
2. Los industriales deben ajustarse al horario de recogida de las mercancías y deben tener listos los pedidos para su despacho en cuanto los camiones arriben a sus instalaciones.
3. El servicio de transporte será LTL y los camiones se irán llenando paulatinamente acorde a las demandas de los tenderos hasta completar su capacidad de carga.
4. Se debe realizar la menor cantidad de paradas posibles (cargas y descargas).
5. Se debe empezar por recoger las mercancías de la industria más lejana.
6. Se elegirá la ruta de distribución con el menor coste y tiempo posible.

Sujeto a las siguientes restricciones

7. Si los pedidos y su acumulación se realizan en horario matutino de 00h00 a 11h59, la carga de las mercancías de las instalaciones de los industriales y su posterior distribución a los tenderos se realiza al siguiente día en horario de 07h00 a 13h00.
8. Si los pedidos y su acumulación se realizan en horario vespertino de 12h00 a 23h59, las cargas de las mercancías de las instalaciones de los industriales y su posterior distribución a los tenderos, se realiza al siguiente día en horario de 13h00 a 19h00.
9. Los pedidos de los tenderos no pueden ir separados en diferentes camiones, salvo que la carga del pedido exceda de la capacidad del vehículo; entonces, la mercancía excedente se asignará a otro camión.
10. Primero se recogen las mercancías de las industrias, luego se procede a su reparto, salvo que, al recoger las mercancías de una industria y, una tienda muy cercana a esa industria demande sus productos, el camión descargará primero las mercancías en esa tienda y continuará con la recogida y distribución de los demás pedidos.

En la **Ilustración 22**, se muestra el diseño del algoritmo.

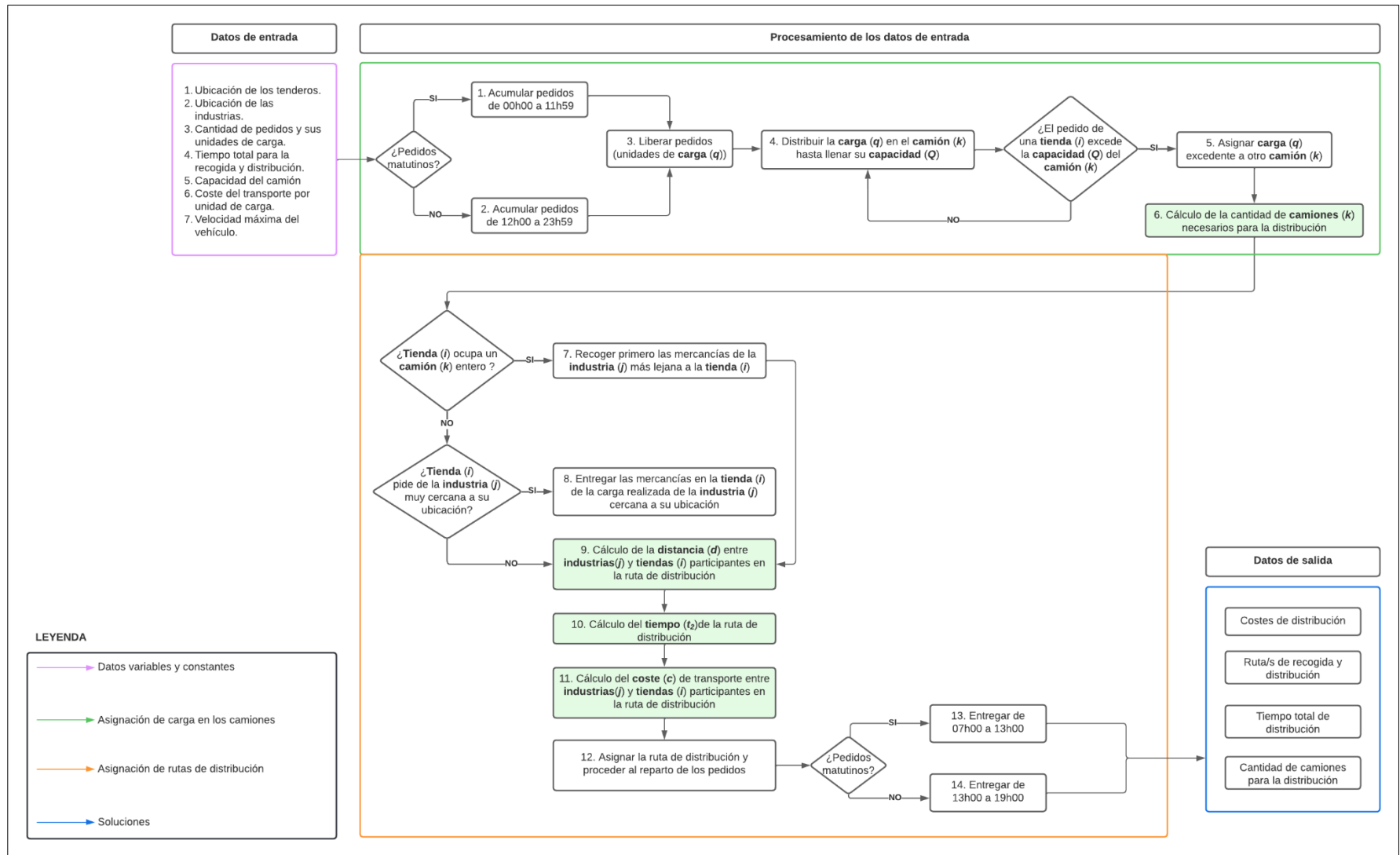


Ilustración 22. Algoritmo diseñado para la gestión de redes de distribución Peddling en entornos B2B. (Fuente: elaboración propia)

El algoritmo se compone de 4 bloques: **datos de entrada, asignación de cargas en los camiones; asignación de la ruta de distribución** y los **datos de salida** que vienen a ser las soluciones, luego de procesar los datos de entrada. A continuación, se describen cada uno de los bloques que componen el algoritmo.

3.1.1 Datos de entrada

Los datos de entrada se componen de datos constantes y variables. Los datos de entrada constantes son, por ejemplo: la velocidad máxima y capacidad del vehículo, el coste por unidad de carga en un km de recorrido y, el tiempo máximo para la recogida y distribución. Los datos variables son: la ubicación tanto de las tiendas como de las industrias y la cantidad de pedidos demandados con sus respectivas unidades de carga.

3.1.2 Asignación de cargas en los camiones

El bloque de asignación de cargas en los camiones funciona de la siguiente manera: si los tenderos realizan los pedidos tanto en horario matutino como vespertino, estos se acumulan y se liberan una vez transcurrido el tiempo de acumulación de pedidos. Los pedidos se componen del número de unidades de **carga (q)** que haya demandado el tendero, por tanto, la carga (q) será la demanda. Luego, las unidades de carga (q) se distribuyen en los **camiones (k)** hasta llenar su **capacidad (Q)**. Si el o los pedidos de una **tienda (i)** exceden la capacidad (Q) del camión (k), se asigna el excedente a otro camión (k). Luego, se continúan distribuyendo y asignando las unidades de carga (q) en los camiones (k) hasta completar todos los pedidos. Finalmente, de este bloque lo que se obtiene es la cantidad de camiones (k) necesarios para realizar la distribución. El cálculo de la cantidad de camiones (k) dependerá a su vez, del **tiempo (t)₂** calculado para completar toda la distribución, tomando como referencia límite de **tiempo (t)₁**, que es el tiempo máximo disponible para la distribución; de modo que, un mismo camión (k), por ejemplo, puede realizar varias rutas de distribución si éste no sobrepasa el tiempo (t)₁.

3.1.3 Asignación de la ruta de distribución

El bloque de asignación de la ruta de distribución funciona de la siguiente manera: si una tienda (i) ocupa un camión (k) entero, primero se recogen las mercancías de la industria (j) más lejana a la tienda (i), esto con el fin de que el camión (k) recorra lo menos cargado posible ya que así repercute de manera favorable en el coste de distribución. Por otro lado, si una tienda (i), solicita pedidos de una industria (j) cercana a su ubicación, se descargan las mercancías en la tienda (i), de la carga realizada en la **industria (j)**, esto con el fin de aprovechar la ruta y el tiempo cuando se realizan las recogidas de las mercancías, y así, evitar que el camión (k) regrese nuevamente por la misma ruta a la tienda (i), a descargar las mercancías. En este bloque, lo que se obtiene es: el cálculo de la **distancia (d)** entre tiendas (i) e industrias (j) participantes en la ruta de distribución; el cálculo del tiempo (t)₂ para completar toda la ruta de distribución, el cálculo del **coste (c)** de transporte entre tiendas (i) e

industrias (j) de toda la ruta de distribución. Una vez realizados los cálculos, lo que se obtiene es la ruta que menor coste y tiempo de distribución se ocupa; para, finalmente asignar la ruta de distribución a los camiones y proceder a la recogida y reparto de las mercancías acorde al horario de pedido.

3.1.4 Datos de salida

Luego de procesar los datos de entrada, lo que se obtiene son los datos de salida o las soluciones: coste mínimo de distribución, la ruta de recogida y distribución, el tiempo total de distribución y la cantidad de camiones necesarios para cumplir con la recogida y distribución de las mercancías en el tiempo máximo establecido que es de 6 horas para este caso.

Con lo expuesto anteriormente, se puede entender que, uno de los objetivos que persigue el algoritmo es la de encontrar la mejor ruta de distribución que sirva los pedidos en el menor tiempo y coste posible. Se puede decir, entonces, que se trata de un problema de ruteo de vehículos que el algoritmo debe resolver. Aunque, en este caso no se han generado modelos matemáticos, otros autores recogidos en el trabajo de González Vagas & González Aristizábal (2006) han encontrado y han dado solución a distintitos problemas de ruteo de vehículos VRP en base a modelos matemáticos. De los VRP encontrados, 3 de ellos tienen características similares con lo perseguido en este trabajo. En la **Ilustración 23**, se muestran.

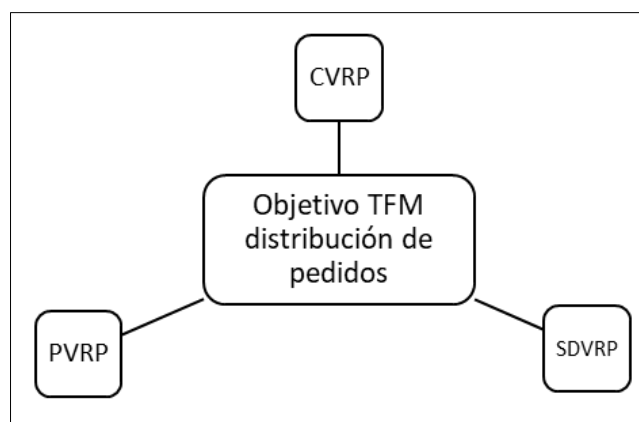


Ilustración 23. VRP similares al problema de ruteo de vehículos perseguido. (Fuente: elaboración propia).

El Problema de Ruteo de Vehículos Capacitados (CVRP), se asemeja con lo perseguido debido a que, el CVRP busca encontrar un conjunto de rutas óptimas para una flota de vehículos con capacidad fija que, desde un depósito central, atienden la demanda de los clientes. En este caso se ha configurado para un camión o flota de camiones con capacidad de 240 cajas, aunque obviando que parten desde un depósito central.

El Problema de Ruteo de Vehículos en Periodos (Period VRP), consiste en establecer un horizonte de operación en un determinado periodo de días para visitar al cliente una sola vez. En este caso, el periodo horizonte de operación es de 24 horas. Se obvia también la parte en que se debe visitar una

sola vez, debido a que, si una determinada tienda en su pedido excede la capacidad del camión, se deberá realizar otra visita (descarga) para completar el pedido.

El Problema de Ruteo de Vehículos con Entrega Dividida (Split Delivery VRP), consiste en atender a un cliente por varios vehículos si el costo total se reduce, lo cual es importante si el tamaño de los pedidos excede la capacidad de un vehículo. En este caso, se asemeja bastante con el algoritmo cuando el pedido realizado por el tendero excede la capacidad del camión, asignando otro camión al tendero y así poder realizar la entrega faltante por la misma ruta o por otra junto con otras mercancías pedidas por otras tiendas.

3.2 Aplicación del algoritmo sobre una red de distribución

3.2.1 Datos de entrada

El gerente general de LA SUREÑITA S.A., una industria procesadora de hierbas aromáticas, mediante una comunicación establecida con el autor, mencionaba que, la unidad de carga para el transporte de sus mercancías son cajas de cartón, sin hacer uso de pallets. Esto es debido a que, el peso es relativamente bajo para su manipulación, pues, en una caja de cartón caben 40 bolsas de 32 gramos cada una y, no es necesario hacer uso de herramientas mecánicas para la carga y descarga ya que las cajas van sueltas y se prescinde del uso de pallets.

Sin embargo, otras industrias de la ciudad de Loja producen unidades donde su peso ya es mayor al de las hierbas aromáticas. Por ejemplo, ILELSA, produce bebidas alcohólicas de 375ml a 750ml por unidad. En este sentido, ya es necesario agrupar las cajas sobre un pallet, para facilitar su carga y descarga mediante el uso de una carretilla mecánica. La unidad de carga en este caso pasó de ser una caja suelta a un pallet de cajas agrupadas.

Cabe recalcar que, no siempre se pueden manejar pallets enteros como unidades de carga, ya que depende de la cantidad demandada. Por ejemplo, si un pallet está conformado por 40 cajas, y cierta tienda solicita un pallet y 20 cajas, la industria, como una de las opciones, debe realizar picking sobre pallet, es decir, desagrupar el pallet y separar las 20 cajas y enviarlas sueltas. Por tal motivo, se elige como unidad de carga a los pallet y cajas, para suplir las necesidades de cada industria respecto de los pedidos. Sin embargo, para el cálculo de costes de distribución, se aplicará como unidad de carga a las cajas. La configuración de las unidades de carga queda como se muestra en la **Ilustración 24**.

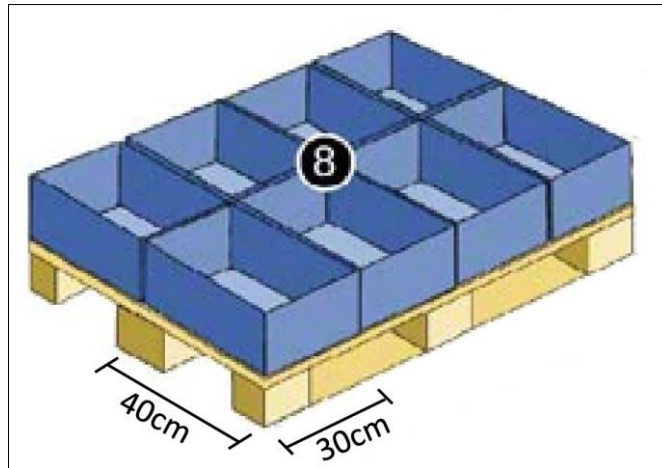


Ilustración 24. Configuración de las unidades de carga.
(Fuente:(Mecalux, 2022).

La configuración de las unidades de carga se compone de las dimensiones del euro pallet que son de 120 x 80cm y, en el que caben 8 cajas de cartón con dimensiones de 40 x 30 x 20cm. Se aplica, además, una altura de 5 capas en pallet, dando un total de 40 cajas por pallet. Con esta configuración, se procede a calcular el total de cajas o pallets que caben en un vagón de un camión estándar para transporte urbano de carga con las siguientes dimensiones:



Ilustración 25. Dimensiones del vagón del camión. (Fuente: Grupo Mavesa, 2022).

Con las dimensiones del vagón con una altura de 1,8m; largo de 3,6m y ancho de 1,70m; pueden caber aproximadamente 432 cajas, sin embargo, para una mejor manipulación de las cargas se va a tomar como referencia la cantidad de cajas que caben en un pallet. De modo que, en el camión caben 6 euro pallets a una altura, conformado por 5 capas de cajas, dando la cantidad de 40 cajas por pallet y de 240 cajas en total.

Para el cálculo del coste de traslado del camión en vacío, en una ventana de trabajo de 6 horas diarias a 249 días laborables, se hizo uso de la herramienta ACOTRAM, la cual es una aplicación informática que ayuda al cálculo en euros (USD 0,59 ctvs.) de los costes de transporte de mercancías por carretera (Ministerio de Transportes, 2022). Los datos de entrada para el uso de esta aplicación, como el sueldo para los conductores, fueron tomados en base a la tabla sectorial del Ministerio de Trabajo del Ecuador (Ministerio del Trabajo, 2022). Otros datos como el coste por mantenimiento, se establecieron como estimados tomando como referencia el trabajo de (Montenegro Herrera, 2015). Los demás costes como el del diésel por litro, el del vehículo, las amortizaciones, seguros, etc., fueron estimados a criterio del autor, tomando como referencia los precios actuales del mercado y los datos propios de la herramienta ACOTRAM; y, finalmente la velocidad del vehículo se limita a la velocidad máxima en el perímetro urbano de la ciudad de Loja que es de 50km/h. El **Anexo 2 (página 96)**, muestra el desglose de los costos asociados al transporte.

La herramienta ACOTRAM, además, arroja un coste de transporte de 0,7484 euros (USD 0,79 ctvs.) por km cuando el camión va cargado. Es rentable aplicar este coste cuando se realicen viajes de larga distancia. Para este caso, **NO se aplicará este valor**, sino que se aplicará un coste por unidad de carga de USD 0,01 ctvs., por caja y por km recorrido, a fin de establecer una manera correcta y rentable para el cálculo del coste de transporte de última milla de acuerdo con la estrategia de distribución Peddling elegida. Además, es conveniente para establecer una manera eficiente de cobro por el servicio de transporte. En la **Tabla 8**, se detallan los datos de entrada para el diseño de la ruta de distribución.

Tabla 8. Datos de entrada para el cálculo de costes y tiempos de transporte en la ruta de distribución. (Fuente: elaboración propia).

Elementos	Datos de entrada
Capacidad del camión	240 cajas o 6 pallets de 40 cajas
Límite máximo de velocidad	50km/h
Coste de traslado por km en vacío	USD 0,59 ctvs.
Coste de transporte por unidad de carga (caja)	USD 0,01 ctvs.
Coste de parada (carga y descarga)	USD 5,00
Tiempo de servicio (carga y descarga)	15 min
Tiempo límite de servicio (distribución)	6 horas

Además de los datos de entrada expuestos en la **Tabla 8**, se suman otros datos como la demanda de los industriales **Tabla 9**. Estos datos son aleatorios y sirven para comprender el funcionamiento de la red de distribución.

Tabla 9. Datos de demanda aleatoria para la ruta de distribución. (Fuente: elaboración propia).

	Demanda (cajas)				
	TIENDA 1	TIENDA 2	TIENDA 3	TIENDA 4	TIENDA 5
INDUSTRIA 1	160	0	0	60	100
INDUSTRIA 2	0	0	180	60	0
INDUSTRIA 3	80	80	80	0	0

Como se puede observar, a modo de ejemplo, la Tienda 1, demanda de la Industria 1 la cantidad de 160 cajas y de la Industria 3 la cantidad de 80 cajas, dando un total de 240 cajas o de 6 pallets por servir a la Tienda 1. En el siguiente apartado se muestra una ruta de distribución con sus respectivas distancias y se aplica el algoritmo empleando los datos de entrada y demanda para ejemplificación de su funcionamiento.

3.2.2 Funcionamiento del algoritmo

No es sencillo calcular manualmente el costo de las rutas de distribución, y mucho menos visualizar y comparar las soluciones existentes y las optimizadas, lo cual es importante para demostrar el beneficio de una herramienta de optimización (Erdoğan, 2017). De tal forma que, mediante un sencillo ejemplo, se muestra cómo es el funcionamiento de la distribución de mercancías aplicando el algoritmo diseñado. La **Ilustración 26**, muestra este ejemplo y reúne las demandas de las tiendas en la ilustración.

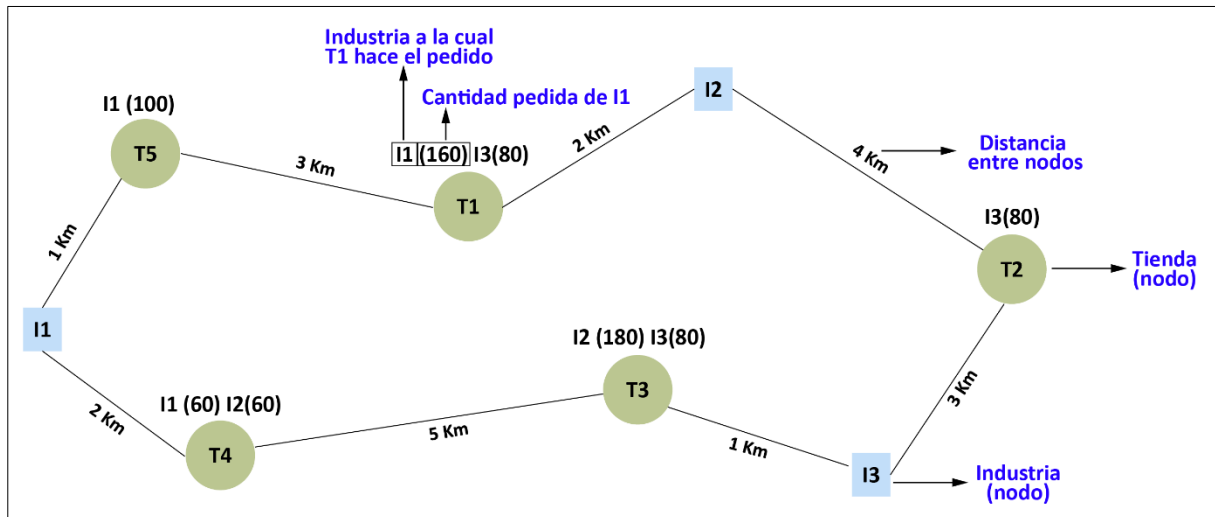


Ilustración 26. Ruta de distribución ejemplificada. (Fuente: elaboración propia).

Se muestra una red de distribución que está compuesta por 5 tiendas (T1, T2, T3, T4, T5), 3 industrias (I1, I2, I3); con sus respectivas distancias medidas en km, entre cada uno de los nodos (industrias y tiendas) y, la cantidad de demanda de cada una de las tiendas, por ejemplo, T1 demanda de I1 la cantidad de 160 cajas y de I3 la cantidad de 80 cajas. En las siguientes ilustraciones se desagrega la red de distribución y se muestra el funcionamiento de la asignación de rutas y de camiones para recoger y entregar las mercancías demandas por cada una de las tiendas.

- **Estrategia de distribución Peddling para T1**

La **Ilustración 27**, muestra la solución de recogida y distribución de mercancías para T1, y funciona de la siguiente manera. T1 solicita la cantidad de 160 cajas de I1, y de 80 cajas de I3, la suma de estas dos cantidades demandadas ocupa un camión entero, por tanto, se asigna un camión únicamente para T1. El camión recoge la mercancía de la industria más lejana que es la I3 y avanza semivacío 8 km por la

Ruta 1 de recogida, carga la mercancía de I1 y avanza lleno 4 km por la Ruta de entrega final a descargar las mercancías a T1. En la **Tabla 10**, se muestran los costes de distribución generados en la Ruta 1.

Tabla 10. Costes de distribución de la Ruta 1. (Fuente: elaboración propia).

Costes de distribución						
RUTA 1	Distancia en km	Vagón (cajas)	Por km vacío (USD 0,59)	Por km/caja (USD 0,01)	Por carga/descarga (USD 5,00)	Total
I3 a I1	8	80	0,00	6,40		6,40
I1 a T1	4	240	0,00	9,60		9,60
Cargas	2				10,00	10,00
Descargas	1				5,00	5,00
Total, USD						31,00

Para cubrir las necesidades de la Tienda 1, es necesario recorrer 12 km en los que se hacen 2 cargas y 1 descarga, de esta manera se obtiene un total de USD 31 de coste en esta ruta de distribución. En la **Tabla 11**, se muestra los tiempos de distribución ocupados para esta ruta.

Tabla 11. Tiempos de distribución de la Ruta 1. (Fuente: elaboración propia).

Tiempo de distribución					
RUTA	km recorridos	Límite máximo de velocidad (km/h)	Recorrido (horas)	Tiempo de carga y descarga (horas)	Tiempo total distribución (horas)
1	12	50	0,24	0,75	0,99

El tiempo total de distribución para la Ruta 1 es de 0,99 horas (59 minutos), ocupando un límite máximo de velocidad de 50km/h. Como las distancias son cortas entre la tienda e industrias, el tiempo de carga y descarga es mayor que el recorrido realizado en la ruta.

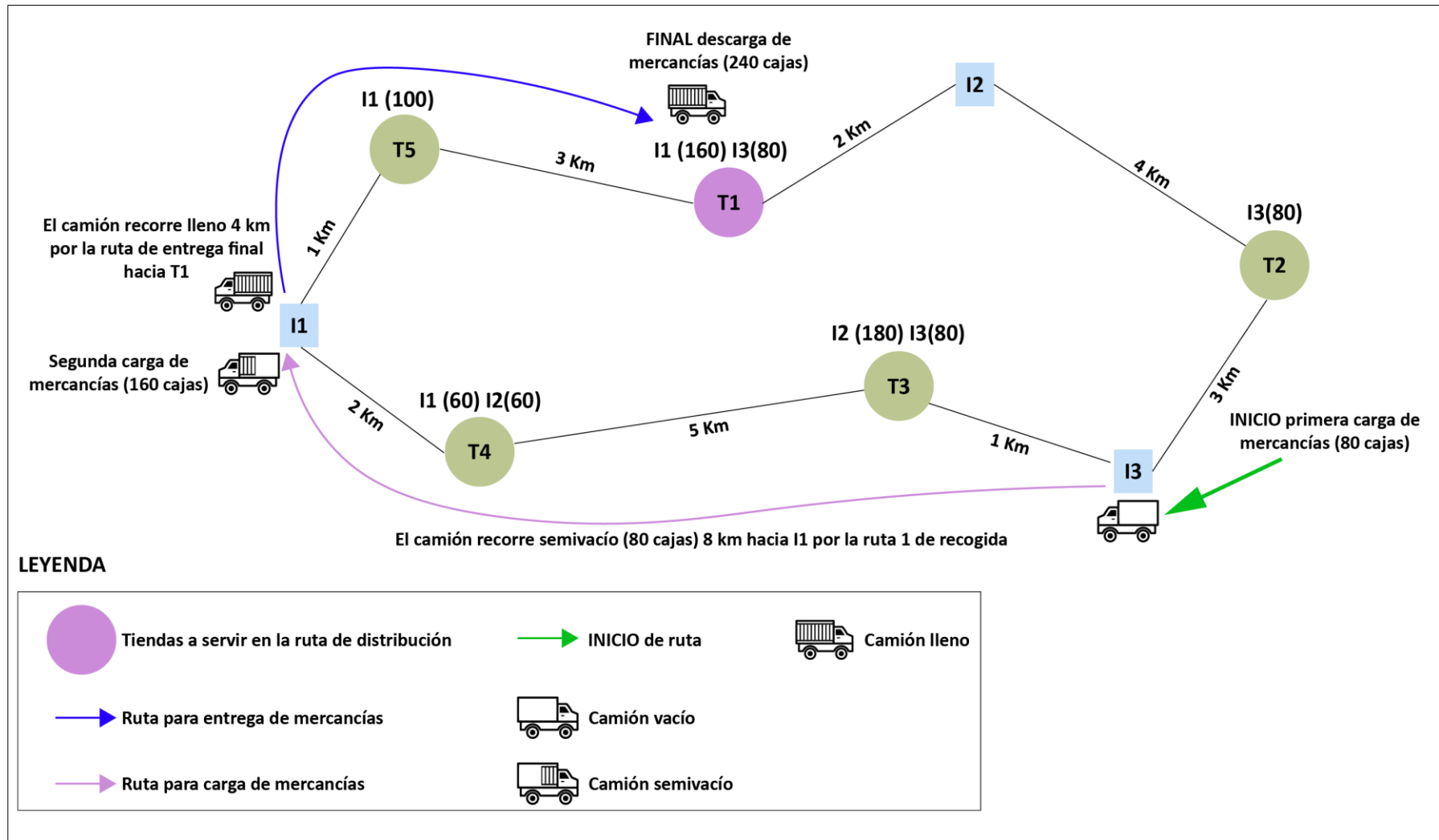


Ilustración 27. Estrategia de distribución Peddling para T1. (Fuente: elaboración propia).

- **Estrategia de distribución Peddling para T3**

En la **Ilustración 28**, la solución de recogida y distribución de mercancías para T3 funciona de la siguiente manera: T3 pide a I2 la cantidad de 180 cajas y, de I3 la cantidad de 80 cajas, sumando estas dos cantidades superan la capacidad de carga del camión en 20 cajas. El excedente, por lo tanto, tiene que ser distribuido en otro camión y entregado en la misma ventana de horario en otra ruta de distribución. El camión carga la mercancía de I2 y avanza semivació 7 km por la Ruta 1 de recogida, carga la mercancía de I3 y avanza lleno 1 km por la Ruta de entrega final a descargar las mercancías a T3. En la **Tabla 12**, se muestran los costes de distribución de esta ruta.

Tabla 12. Costes de distribución de la Ruta 2. (Fuente: elaboración propia).

Costes de distribución						
RUTA 2	Distancia en km	Vagón (cajas)	Por km vacío (USD 0,59)	Por km/caja (USD 0,01)	Por carga/descarga (USD 5,00)	Total
I2 a I3	7	180	0,00	12,60		12,60
I3 a T3	1	240	0,00	2,40		2,40
Cargas	2				10,00	10,00
Descargas	1				5,00	5,00
Total, USD						30

Para cubrir las necesidades de la Tienda 3, es necesario recorrer 8 km en los que se hacen 2 cargas y 1 descarga, de esta manera se obtiene un total de USD 30 de coste en esta ruta de distribución. En la **Tabla 13**, se muestra los tiempos de distribución ocupados para esta ruta.

Tabla 13. Tiempos de distribución de la Ruta 2. (Fuente: elaboración propia).

Tiempo de distribución					
RUTA	km recorridos	Límite máximo de velocidad (km/h)	Recorrido (horas)	Tiempo de carga y descarga (horas)	Tiempo total distribución (horas)
2	8	50	0,16	0,75	0,91

El tiempo total de distribución para la Ruta 2 es de 0,91 horas (55 minutos), ocupando un límite máximo de velocidad de 50km/h. Como las distancias son cortas entre la tienda e industrias, el tiempo de carga y descarga es mayor que el recorrido realizado en la ruta.

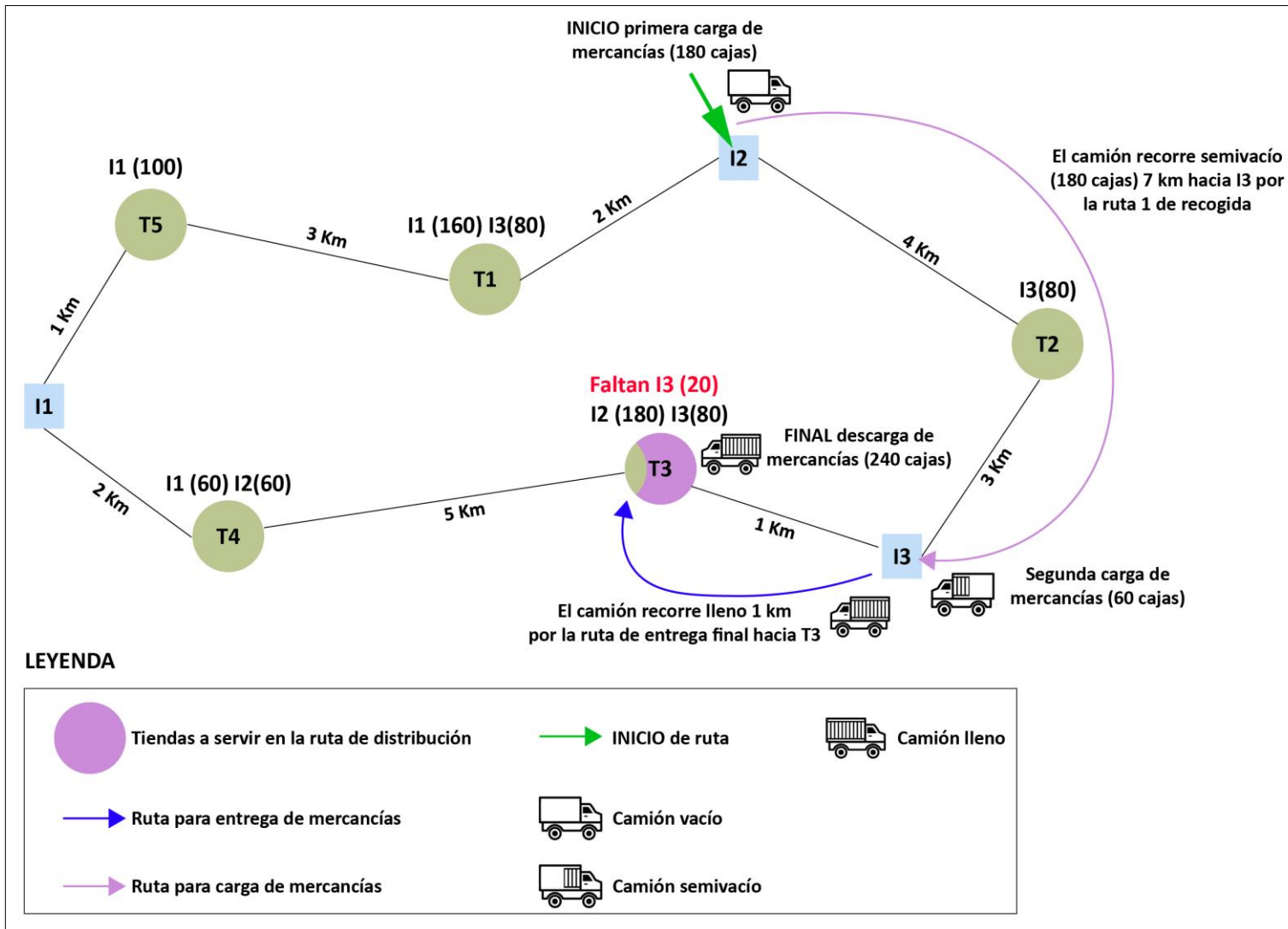


Ilustración 28. Estrategia de distribución Peddling para T3. (Fuente: elaboración propia).

- **Estrategia de distribución Peddling para T3, T4 y T5**

Respecto a la **Ilustración 29**, la solución de recogida y entrega de mercancías para T4, T5 y la faltante para T3 (Ruta 2), funciona de la siguiente manera. T4 pide a I1 la cantidad de 60 cajas y, de I2 la cantidad de 60 cajas; T5 pide a I1 la cantidad de 100 cajas y la mercadería faltante, de la Ruta 2, se suma a esta ruta de distribución, pidiendo el faltante a T3 la cantidad de 20 cajas. La suma de estas cantidades llena un camión. Por lo tanto, el camión carga la mercancía de I2 y avanza semivacío 6 km por la Ruta 1 de recogida, carga la mercancía de I1 y avanza semivacío 1 km por la Ruta 1 de entrega a descargar las mercancías a T5, luego, avanza 3 km por la Ruta 2 de entrega y descarga las mercancías en T4, a continuación, avanza vacío 6 km por la Ruta 2 de recogida a cargar las mercancías en I3, para luego avanzar 1 km por la Ruta 3 de entrega final a descargar las mercancías faltantes en T3. En la **Tabla 14**, se muestran los costes de distribución de esta ruta.

Tabla 14. Costes de distribución de la Ruta 3. (Fuente: elaboración propia).

Costes de distribución						
RUTA 3	Distancia en km	Vagón (cajas)	Por km vacío (USD 0,59)	Por km/caja (USD 0,01)	Por carga/descarga (USD 5,00)	Total
I2 a I1	6	60	0,00	3,60		3,60
I1 a T5	1	220	0,00	2,20		2,20
T5 a T4	3	120	0,00	3,60		3,60
T4 a I3	6	0	3,54	0,00		3,54
I3 a T3	1	20	0,00	0,20		0,20
Cargas	3				15,00	15,00
Descargas	3				15,00	15,00
Total, USD						43,14

Para cubrir las necesidades de la Tienda 3, 4 y 5, es necesario recorrer 16 km en los que se hacen 3 cargas y 3 descargas, de esta manera se obtiene un total de USD 43,14 de coste en esta ruta de distribución. En la **Tabla 15**, se muestra los tiempos de distribución ocupados para esta ruta.

Tabla 15. Tiempos de distribución de la Ruta 3. (Fuente: elaboración propia).

Tiempo de distribución					
RUTA 1	km recorridos	Límite máximo de velocidad	Horas de distribución	Tiempo de carga y descarga	Total
3	17	50	0,34	1,5	1,84

El tiempo total de distribución para la Ruta 3 es de 1,84 horas (1 hora y 50 minutos), ocupando un límite máximo de velocidad de 50km/h. Como las distancias son cortas entre la tienda e industrias, el tiempo de carga y descarga es mayor que el recorrido realizado en la ruta.

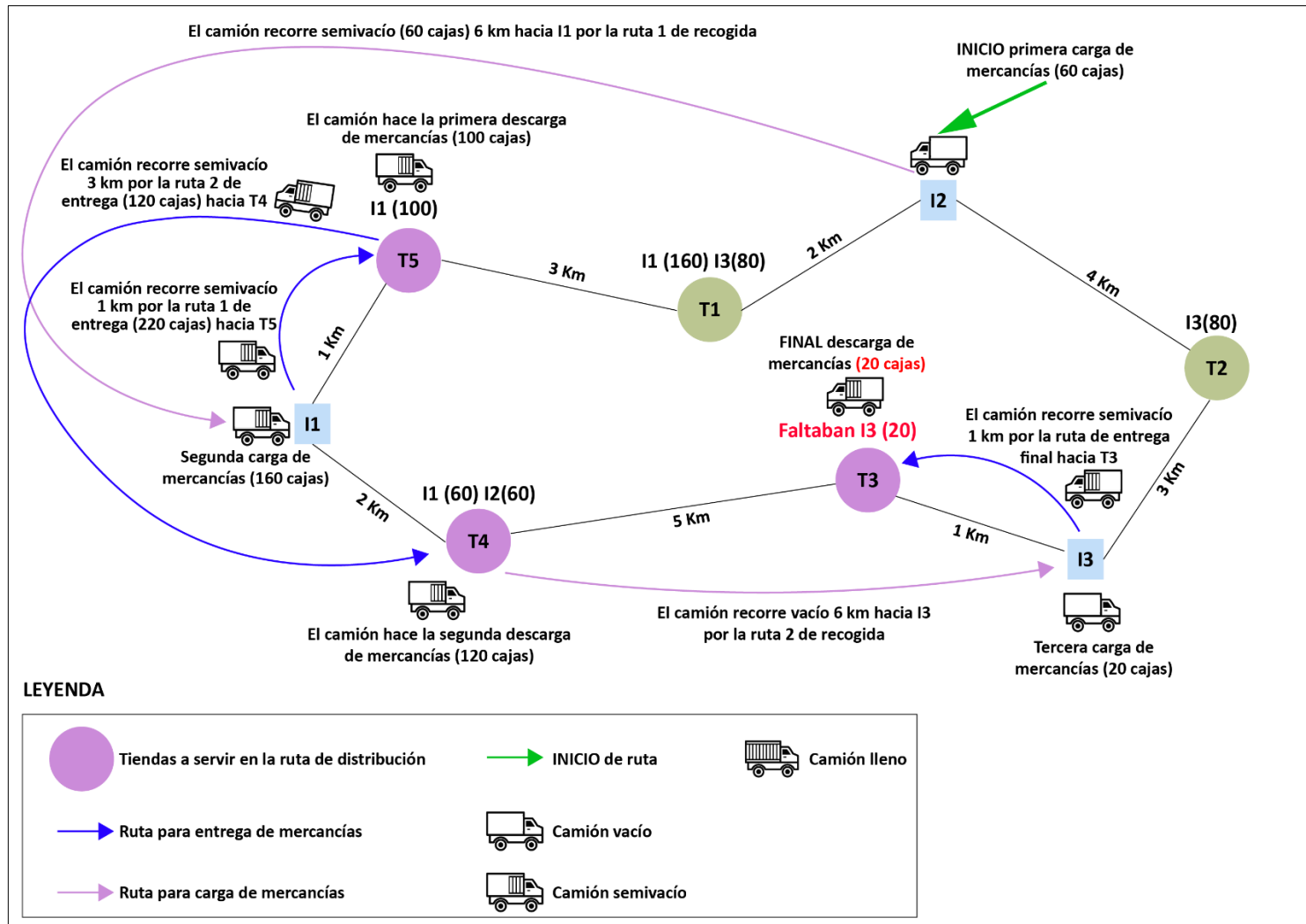


Ilustración 29. Estrategia de distribución Peddling para T3, T4 y T5. (Fuente: Elaboración propia).

3.3. Comparativa con la distribución de pedidos mediante un centro de consolidación

Aunque la estrategia de distribución aplicada a este trabajo es la Peddling, se realiza una ejemplificación agregando a la red de distribución un centro de consolidación CDC con ubicación aleatoria, para distribuir las mercancías desde esa locación a cada una de las tiendas. Este CDC consolida las mercancías de cada una de las industrias y hace labores de picking para el reparto acorde a la demanda. Se hace con la intención de tener una comparativa con la estrategia Peddling respecto a costos de transporte y tiempos de distribución, de tal forma que, la configuración de la red de distribución mediante un CDC queda como se muestra en la **Ilustración 30**. En la **Tabla 16**, se muestran los costes de distribución de esta estrategia aplicando el coste por unidad de carga de USD 0,01 ctvs.

Tabla 16. Costes de distribución mediante un CDC. (Fuente: elaboración propia).

4 RUTAS	Distancia en km	Vagón (cajas)	Por km vacío (USD 0,59)	Por km/caja (USD 0,01)	Por carga/descarga (USD 5,00)	Total
CDC a T1	5	240	0,00	12,00		12,00
CDC a T5	8	240	0,00	19,20		19,20
T5 a T4	3	120	0,00	3,60		3,60
T4 a T3	5	20	0,00	1,00		1,00
CDC a T3	7	240	0,00	16,80		16,80
CDC a T2	3	80	0,00	2,40		2,40
Cargas	4				20,00	20,00
Descargas	6				30,00	30,00
Total, USD						105,00

Para cubrir las necesidades de todas las tiendas se realizan 4 rutas de distribución, la Ruta 1 comprende CDC – T1; la Ruta 2 comprende CDC – T5 – T4 – T3; la Ruta 3 comprende CDC – T3 y, la Ruta 4 comprende CDC – T2. Para cubrir toda la red de distribución se recorren 34 km y se realizan 4 cargas y 6 descargas, de esta manera, se obtiene un total de USD 105,00 de coste total de distribución. En la **Tabla 17**, se muestra los tiempos de distribución ocupados en esta red de distribución.

Tabla 17. Tiempos de distribución mediante un CDC. (Fuente: elaboración propia).

4 RUTAS	km recorridos	Límite máximo de velocidad (km/h)	Recorrido (horas)	Tiempo de carga y descarga (horas)	Tiempo total distribución (horas)
1	31	50	0,62	2,5	3,12

El tiempo total de distribución para las 4 Rutas es de 3,12 horas (3 horas y 7 minutos), ocupando un límite máximo de velocidad de 50km/h. Como las distancias son cortas entre las tienda e industrias, el tiempo de carga y descarga es mayor que el recorrido realizado en toda la red de distribución.

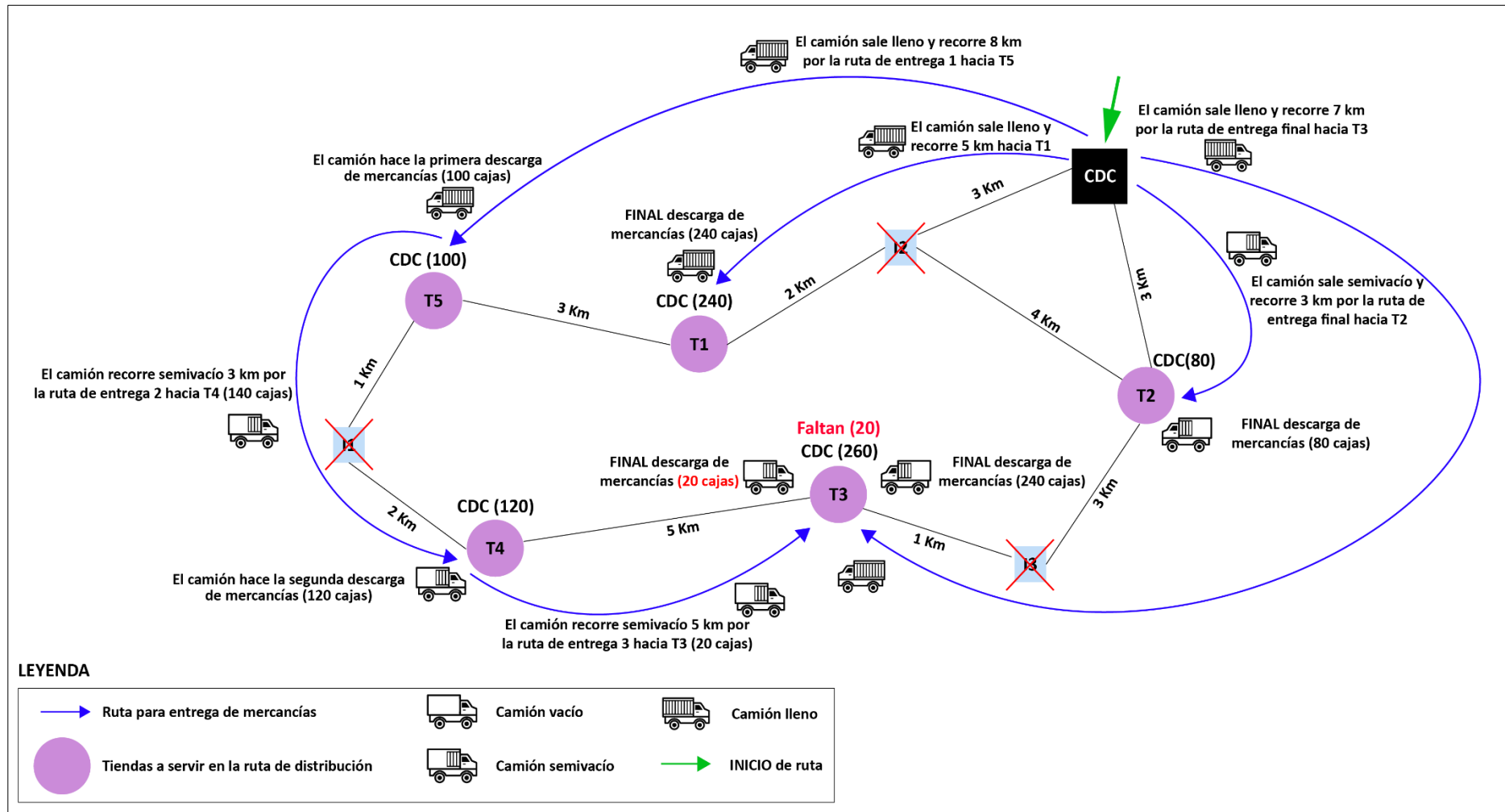


Ilustración 30. Estrategia de distribución mediante un CDC. (Fuente: elaboración propia).

Se han ejemplificado dos estrategias de distribución, la primera aplicando el algoritmo diseñado sobre la estrategia de distribución Peddling en modo B2B y la segunda mediante un centro de consolidación. La segunda estrategia se ha realizado con la intención de tener una comparativa respecto a costos y tiempos de distribución en caso de que se construyese en la ciudad de Loja un CDC para las industrias y desde ahí distribuir las mercancías a cada una de las tiendas. En la **Tabla 18**, se resumen los costes totales y tiempos de distribución de las estrategias propuestas.

Tabla 18. Comparativa de costos y tiempos de distribución totales
(Fuente: elaboración propia).

Comparativa de costes y tiempos de distribución totales			
Distribución	Costes (USD)	Tiempo de distribución	
Peddling Ruta 1, Ruta 2 y Ruta 3	104,14	3,74 horas	3 horas 44 minutos
4 rutas mediante un CDC	74,49	3,12 horas	3 horas 7 minutos

Con estos ejemplos, se ha demostrado el funcionamiento del algoritmo sobre la estrategia de distribución Peddling en logística de última milla entre industriales y tenderos. Además, se ha ejemplificado la distribución mediante un CDC. Se puede apreciar que, la propuesta de colocar un CDC en la red de distribución disminuye los costes y tiempos de distribución, aunque, estos costes dependerán de la distancia donde se ubique el CDC respecto de las tiendas o zona donde está ubicada la red de distribución, es decir, a más distancia se encuentre el CDC de las tiendas, mayor será el tiempo de traslado y, por ende, mayor el tiempo y costos de distribución.

Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

$dn = \text{distancia entre nodos en km}$

$cd = \text{cantidad de cargas y descargas}$

$uc = \text{cantidad de unidades de carga en cajas}$

- $\text{Coste de distribución por km} = dn * 0,01 \text{ USD} * uc$ (9)

El costo de distribución se calculó al realizar el producto entre el costo por unidad de carga, la cantidad de kilómetros recorridos y la cantidad de unidades de carga.

- $\text{Coste de traslado de camión vacío por km} = dn * 0,59 \text{ USD}$ (10)

El costo de traslado del camión vacío se calculó al realizar el producto entre el costo por kilómetro recorrido vacío y la distancia entre nodos.

- $\text{Coste de cargas y descargas} = cd * 5,00 \text{ USD}$ (11)

El costo de cd se calculó al realizar el producto entre el costo de carga y descarga y la cantidad total de cargas y descargas realizadas en la ruta de distribución.

- $\text{Costes totales de distribución} = (9) + (10) + (11)$

Los costes totales de distribución se calcularon al sumar el coste de distribución por km, el costo de traslado del camión vacío por km y el costo de cargas y descargas en todas las rutas de distribución.

- $\text{Tiempo de recorrido en horas} = \frac{\text{Cantidad de km recorridos en ruta}}{\text{Límite máximo de velocidad} \left(\frac{50\text{km}}{\text{h}}\right)}$ (12)

El tiempo de recorrido en horas, se calculó al hacer la división entre la cantidad de kilómetros recorridos en la ruta y el límite máximo de velocidad.

- $\text{Tiempo de carga y descarga} = \text{tiempo de servicio} * cd * \frac{1\text{h}}{60\text{min}}$ (13)

El tiempo de carga y descarga, se calculó al realizar el producto entre el tiempo de servicio y la cantidad de cargas y descargas realizadas en la ruta. Se multiplica, además, por la equivalencia de horas/minutos, para obtener el resultado en horas.

- $\text{Tiempo total de distribución en toda la red} = (12) + (13)$

El tiempo total de distribución en toda la red de distribución, se calculó al sumar el tiempo de recorrido en horas y el tiempo de cargas y descargas realizadas en todas las rutas de distribución. Hay que entender que, cuando se habla de rutas, es el recorrido que realiza un camión por la red de distribución, para cubrir una necesidad de demanda frente a su capacidad de carga, por tanto, una red de distribución puede contener un número ilimitado de rutas, las mismas que funcionan acorde a los datos de entrada y al algoritmo diseñado.

Un inconveniente que se encuentra en la estrategia de distribución Peddling es el de no poder establecer desde dónde parten los camiones a recoger las mercancías. En este caso, parten desde la ubicación de la primera industria donde se realiza la primera carga de las mercancías. Establecer un lugar de partida de los camiones permite también sumar el costo de traslado en vacío que no se ha

tomado en cuenta antes de iniciar con la distribución con la estrategia Peddling. Lo mismo sucede con la comparativa del CDC, en la que se debe establecer si los camiones regresan al CDC luego de la distribución o a su vez, se elige una locación desde la cual partir hacia el CDC.

CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO

Este capítulo se detallan los diferentes requerimientos económicos que son necesarios para el desarrollo de este proyecto y de las mejoras propuestas en los capítulos anteriores. Este apartado está dividido en cuatro subapartados: los costes de desarrollo del presente documento, los costes de implementación de las mejoras propuestas, los costes totales del proyecto, y finalmente, un estudio de la rentabilidad del proyecto basado en el cálculo de indicadores económicos como el Valor Actualizado Neto VAN y la Tasa Interna de Retorno TIR de la inversión.

4.1 Costes de desarrollo del documento

En este subapartado, se detallan los costes relacionados con el desarrollo del proyecto, que incluyen: un desglose de los honorarios invertidos en el estudio y el tiempo utilizado para el desarrollo del documento, así como los costes de los materiales empleados.

4.1.1 Costes de honorarios de desarrollo

El total de horas aproximado para el desarrollo del presente documento es de 300 horas, trabajadas desde el 22 de marzo hasta al 30 de julio del presente año, con un aproximado de 15 semanas de trabajo. Es decir, cada semana se trabajó 4 horas diarias. En la siguiente tabla se muestra los honorarios estimados del autor del presente trabajo como un estimado del tiempo invertido por una entrevista realizada al gerente general de la industria La Sureñita S.A.

Tabla 19. Cálculo de costes de honorarios de desarrollo. (Fuente: elaboración propia).

Persona	Total de semanas	Horas semanales	Total de horas	Honorarios por hora	Coste total (\$)
Estudiante de desarrollo del proyecto	15	20	300	\$10	\$3000
Gerente La Sureñita S.A.	1	3	3	\$40	\$120
				Total	\$3.120,00

Por lo tanto, el coste total de honorarios de desarrollo del documento es de USD 3.120,00.

4.1.2 Costes de materiales empleados para el desarrollo del documento

En la **Tabla 20.** Cálculo de costes de materiales empleados (Fuente: elaboración propia). **Tabla 20,** se detallan los costes relacionados a los materiales necesarios para desarrollar el presente documento.

Tabla 20. Cálculo de costes de materiales empleados (Fuente: elaboración propia).

Materiales	Precio (\$/Ud.)	N.º Ud.	Amortización (días)	Días de uso	Coste (\$)
Ordenador portátil	1.400	1	1825	75	57,53
Ratón óptico	25	1	1825	75	1,03
				Total	\$58,56

Par el cálculo del coste de los materiales, se ha fijado una amortización de 5 años o 1825 días, de los cuales solamente se han usado los equipos un total de 75 días, dando un coste total de USD 58, 56.

4.1.3 Coste total de desarrollo del documento

Para finalizar este subapartado, en la **Tabla 21** se resume el coste total de desarrollo del documento.

Tabla 21. Coste total de desarrollo del documento.

(Fuente: Elaboración propia).

Coste total de desarrollo del documento	
Coste de honorarios de desarrollo	\$3.120,00
Coste de materiales empleados para el desarrollo del documento	\$58,56
Total	\$3.178,56

El coste total estimado de desarrollo del presente documento asciende a \$3.178,56.

4.2 Coste de implementación del proyecto

En este subapartado se detallan los costes relacionados a la implementación de las mejoras planteadas en las secciones anteriores. Estos costes están divididos en los costes de mano de obra para la implementación del proyecto y los costes de adquisición de equipos, materiales y licencias para la implementación.

4.2.1 Coste de mano de obra para la implementación

En esta sección se detallan los costes asociados a las horas requeridas para la implementación del proyecto. En la **Tabla 22** se puede apreciar el desglose de cada una de las tareas, horas y personal requerido para llevar a cabo la implementación. Para el cálculo de los días de trabajo al año, se han tomado en cuenta los días festivos que en el Ecuador están alrededor de 12 días, 15 días de vacaciones obligatorias y fines de semana, dando un aproximado de 242 días anuales de trabajo o de 20 días de trabajo al mes.

El cálculo de los honorarios por hora estimados de trabajo de cada uno de los participantes del equipo, se han descrito en referencia a los sueldos promedio anuales percibidos en la actualidad a nivel de Ecuador. Por ejemplo, según Glasdoor (2022), los profesionales de las TICs perciben un sueldo promedio de USD 18.000 al año, un gerente USD 24.000 al año y un analista comercial y de procesos USD 10.800 al año; y, un obrero USD 8,400.

Tabla 22. Cálculo de costes de mano de obra para la implementación. (Fuente: Elaboración propia).

Compra e instalación de nuevos programas informáticos para la consolidación de información	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Gerente de Cad. de suministro	160	\$12,50	\$2.000,00
Analista de procesos	160	\$5,63	\$900,80
Analista de S&OP	160	\$5,63	\$900,80
Instalación de equipos para la digitalización de los datos	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Trabajador 1	160	\$4,38	\$700,80
Personal de instalación externo	160	N/A	N/A
Analista de TICs	160	\$9,39	\$1.502,40
Adecuaciones de un espacio físico para el desarrollo del trabajo	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Trabajador 2	40	\$4,38	\$175,20
Trabajador 3	40	\$4,38	\$175,20
Capacitación del personal para la implementación de los nuevos procesos	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Analista de procesos	40	\$5,63	\$225,20
Implementación de los procesos para la solicitud, gestión y distribución de los pedidos	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Analista de S&OP	480	\$5,63	\$2.702,40
Coordinador de implementación	480	\$5,63	\$2.702,40
Analista de procesos	480	\$5,63	\$2.702,40
Gerente de Cad. de suministro	480	\$12,50	\$6.000,00
Periodo de revisión de procesos para asegurar su efectividad	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Analista de procesos	160	\$5,63	\$900,80
Gerente de Cad. de suministro	160	\$12,50	\$2.000,00
Posibles mejoras de los procesos	Cantidad de Horas	Precio unitario (\$/hora)	Coste total (\$)
Analista de procesos	80	\$5,63	\$450,40
Gerente de Cad. de suministro	80	\$12,50	\$1.000,00
Analista de S&OP	80	\$5,63	\$450,40
Total			\$25.489,20

El coste total de mano de obra para la implementación es de USD 25.489,20.

4.2.2 Costes de adquisición de equipos requeridos para la implementación

En la **Tabla 23** se detallan los costes relacionados con la adquisición de los materiales, equipos y licencias para la implementación del proyecto.

Tabla 23. Costes de adquisición de equipos, materiales y licencias para la implementación. (Fuente: elaboración propia).

Requerimiento	Unidades	Precio (\$)	Total (\$)
Licencia del software Bizagi Modeler	1	\$10.000,00	\$10.000,00
Impresoras	2	\$120,00	\$240,00
Ordenadores portátiles	4	\$1.400,00	\$5.600,00
Ratones electrónicos	4	\$25,00	\$100,00
Tableros de acrílico para medir indicadores	2	\$250,00	\$500,00
Adecuaciones del espacio físico para el trabajo	1	\$3.000,00	\$3.000,00
		Total	\$19.440,00

El coste total de adquisición de equipos, materiales y licencias para la implementación del proyecto es de USD 19.440,00

4.2.3 Coste total de implementación del proyecto

En la **Tabla 24**, se detalla el coste total para la implementación del proyecto.

Tabla 24. Coste total de implementación del proyecto. (Fuente: elaboración propia).

Coste total de implementación del proyecto	
Coste de mano de obra para la ejecución	\$25.489,20
Coste de adquisición de equipos, materiales, licencias requeridas	\$19.440,00
Total	\$44.929,20

El coste total para la implementación del proyecto que incluye la mano de obra para la ejecución, y los equipos, materiales y licencias requeridas, asciende a USD 44.929,20

4.3 Coste total del proyecto

En este subapartado se resume el coste total del proyecto, que está conformado por la suma de los costes de desarrollo y los costes de implementación.

Tabla 25. Coste total del proyecto. (Fuente: elaboración propia).

Coste total del proyecto	Coste (\$)
Coste de desarrollo del documento	
Costes de honorarios de desarrollo	\$3.120,00
Costes de materiales empleados	\$58,56
Coste total de desarrollo del documento	\$3.178,56
Implementación del proyecto	
Coste de mano de obra	\$25.489,20
Costes de adquisición de equipos, materiales y licencias	\$19.440,00
Coste total de implementación del proyecto	\$44.929,20
Total	\$48.107,76

El coste total estimado del proyecto asciende a **CUARENTA Y OCHO MIL CIENTO Y SIETE DÓLARES CON SETENTA Y SEIS CENTAVOS (\$48.107,76)**.

4.4 Retorno de la inversión

Para conocer el retorno de la inversión, primeramente, es necesario estimar unas ventas, por lo que es necesario figurar como una empresa tecnológica del sector de la logística y transporte que busca ofrecer el servicio a los industriales para la gestión y distribución de los pedidos realizados por los tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador. En los anteriores subapartados se obtuvo el coste del proyecto. Lo que se estimará en los siguientes subapartados es un resumido estudio económico que permitirá obtener una estimación de las ventas proyectadas en 12 meses y luego en 5 años, para, finalmente conocer si el proyecto es o no rentable calculando el VAN y el TIR.

4.4.1 Plan de comercialización

El plan de comercialización permite establecer lo necesario para el desarrollo del servicio que se quiere ofrecer. El plan incluye para este caso, estimar los costes que incurren para definir el precio del servicio, la plaza o el lugar donde se realizarán las operaciones, la promoción o publicidad y el personal involucrado.

4.4.1.1 Servicio

El servicio a ofrecer mediante los procesos clave definidos en el capítulo 3 y el diseño del algoritmo en el capítulo 4, es la solicitud, gestión y distribución de los pedidos a partir de una compraventa directa B2B entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador. Se estima que, para iniciar las operaciones, se tiene como clientes a 5 industrias de las cuales se deben servir una cantidad de 240 cajas a la semana a 10 tenderos o detallistas, dando un servicio de distribución total de 960 cajas al mes. Se estima además que, el recorrido a realizar es de 30 km semanales, haciendo un recorrido total de 120 km al mes. La cantidad de cargas y descargas se estima en 60 al mes.

4.4.1.2 Precio

Los cálculos realizados previamente en el Capítulo 3 (**Tabla 8, página 64**), sirven para calcular el precio por el servicio de transporte. El costo de un kilómetro recorrido con carga se estimó en USD 0,01, tomando como referencia el coste de kilómetro recorrido calculado en la herramienta ACOTRAM (**Anexo 2, página 96**) sobre el entorno del transporte en el Ecuador. Aunque la herramienta arrojó un valor de € 0,7484 (0,79 USD) por kilómetro de recorrido con carga (flete), el estimado de USD 0,01 por kilómetro por unidad de carga facilita los cálculos y la gestión comercial. Cabe indicar que, ofrecer el servicio de transporte por unidad de carga es más rentable que ofrecer el servicio por flete. En la siguiente tabla se resumen los costes.

Tabla 26. Costes y precios del servicio de gestión y distribución de pedidos. (Fuente: elaboración propia).

	Concepto	Coste (\$)
Costes	Por km recorrido cargado	\$0,01
	Por cargas y descargas	\$5,00
	Por servicio de gestión	\$262,50
Precio Con utilidad del 35%	Por km recorrido cargado	\$0,015
	Por cargas y descargas	\$7,69
	Por servicio de gestión	\$403,85

El coste de cargas y descargas como del servicio de gestión son estimados. En **Tabla 26** se resumen los costes más importantes asociados al proyecto que permiten conocer un estimado del precio con un margen de utilidad del 35%.

4.2.1.3 Plaza

Referente a la plaza, por el nivel esperado de operaciones que se desea obtener, es necesario disponer de una plaza o lugar para la ejecución de las actividades antes mencionadas. En la siguiente tabla se detallan.

Tabla 27. Gastos asociados a la plaza de trabajo. (Fuente: elaboración propia).

Concepto	Gastos (\$)
Alquiler	\$500,00
Agua	\$30,00
Luz	\$50,00
Internet	\$60,00
Total	\$ 640,00

Los gastos mensuales asociados estimados por la plaza o lugar de trabajo en caso de disponer de un espacio físico es de USD 640 mensuales.

4.2.1.4 Promoción

La promoción refiere al marketing y publicidad que se realice para dar a conocer el servicio.

Tabla 28. Gastos asociados a la promoción del servicio. (Fuente: elaboración propia).

Concepto	Gastos (\$)
Redes sociales	\$500,00
Medios televisivos	\$2.000,00
Ferías	\$1.500,00
Visitas in situ	\$1.000,00
Total	\$ 5.000,00

El coste estimado mensual por marketing y publicidad es de USD 5.000,00

4.2.1.5 Personal

Para el desarrollo continuo del proyecto a nivel operacional, se requeriría del mismo personal en la implementación del proyecto, añadiendo un profesional de marketing y publicidad para promocionar el servicio. Los sueldos mensuales estimados del equipo se detallan a continuación:

Tabla 29. Gastos asociados al personal. (Fuente: elaboración propia).

Función	Salario (\$/mes) (1)	Beneficios de ley (\$/mes) (2)
Gerente de Cad. de suministro	\$1.800,00	\$387,92
Analista de procesos	\$900,00	\$211,67
Analista de S&OP	\$900,00	\$211,67
Marketing y publicidad	\$900,00	\$211,67
Total (1) + (2)		\$5.522,92

Con un total de 4 integrantes, se estima un coste mensual del personal de USD 5.522,92

4.2.1.6 Proveedores

El servicio de transporte sería externalizado y se toma en cuenta la cantidad de cajas por servir que se estimó inicialmente en 240 cada semana entre las 5 industrias. Por lo tanto, es necesario inicialmente utilizar únicamente un camión para la distribución. Ahora bien, para establecer el coste del servicio, lo más viable financieramente es pagar por flete de acuerdo con el coste de recorrido por kilómetro que es de USD 0,79 (**Anexo 2, página 96**). Si cada semana un vehículo realiza una ruta de distribución con 30 kilómetros de recorrido, el coste del servicio es de USD 23,70 o de 94,80 mensual. El coste de las

cargas y descargas se mantiene en USD 5,00 para el transportista. En la siguiente tabla se resumen los costes por el servicio de transporte y el precio estimado a pagar incluida una rentabilidad del 35%.

Tabla 30. Costes y precio del servicio (Fuente: elaboración propia).

Concepto	Coste	Cantidad	Coste Total (\$)
Por flete km recorrido	\$0,79	120	\$94,80
Por cargas y descargas	\$5,00	60	\$300,00
Estimado costes mes 1		Total	\$ 394,80
Concepto	Precio	Cantidad	Precio Total (\$)
Por flete km recorrido	\$1,215	120	\$145,85
Por cargas y descargas	\$7,692	60	\$461,54
Estimado precio mes 1		Total	\$607,38

De este modo, para cumplir con el servicio de transporte su coste es de USD 394,80 y el precio que se debería pagar al transportista es de USD 607,38. Cabe recordar que, este precio es pagado en el primer mes de operaciones cumpliendo 4 rutas de distribución al mes, utilizando un camión por semana. El cálculo del coste y precio para los siguientes meses se ve proyectado en la **Tabla 32**.

4.4.2 Estimación de ventas

La estimación de ventas se calcula tomando como referencia los precios de la **Tabla 26**. En la siguiente tabla se resume la estimación de las ventas en el mes 1 de operaciones.

Tabla 31. Estimación de ventas para el primer mes de operaciones. (Fuente: elaboración propia).

Concepto	Precio	Cantidad	Precio Total (\$)
Por km recorrido cargado	\$0,015	120	\$ 1.728
Por cargas y descargas	\$7,69	60	\$461,40
Por servicio de la plataforma	\$403,85	5	\$2.019,25
Total, estimado ventas mes 1			\$4.208,65

Por lo tanto, el total estimado de ventas para el primer mes de operaciones corresponde a USD 4.208,64. Este dato es importante porque permite estimar ventas futuras (**Tabla 32**). En el siguiente subapartado se realiza esta acción.

4.2.2.1 Flujo de caja mensual

Con el estimado de ventas del primer mes de operaciones, se calcula el flujo de caja mensual, incrementando mes a mes un 20% el valor de las ventas, hasta el mes de diciembre, como se puede ver en la **Tabla 32**. En la **Tabla 33**, de igual forma, se calcula el flujo de caja, pero de manera anual.

Tabla 32. Flujo de caja mensual. (Fuente: elaboración propia).

FLUJO DE CAJA MENSUAL	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
SALDO INICIAL	\$10.000,00												
INGRESOS													
Ventas mensuales (+20%)	\$4.208,65	\$5.050,38	\$6.060,46	\$7.272,55	\$8.727,06	\$10.472,47	\$12.566,96	\$15.080,35	\$18.096,42	\$21.715,71	\$26.058,85	\$31.270,62	\$166.580,48
EGRESOS													
Personal	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$5.522,92	\$66.275,00
Plaza	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$640,00	\$7.680,00
Promoción (-5%)	\$5.000,00	\$4.750,00	\$4.512,50	\$4.286,88	\$4.072,53	\$3.868,90	\$3.675,46	\$3.491,69	\$3.317,10	\$3.151,25	\$2.993,68	\$2.844,00	\$45.963,99
Proveedores (+20%)	\$607,38	\$728,86	\$874,63	\$1.049,56	\$1.259,47	\$1.511,37	\$1.813,64	\$2.176,37	\$2.611,64	\$3.133,97	\$3.760,77	\$4.512,92	\$24.040,59
FLUJO NETO DEL PERIODO	\$2.438,35	-\$6.591,40	-\$5.489,59	-\$4.226,81	-\$2.767,86	-\$1.070,72	\$914,94	\$3.249,38	\$6.004,76	\$9.267,57	\$13.141,48	\$17.750,79	\$32.620,90

Tabla 33. Flujo de caja anual. (Fuente: elaboración propia).

FLUJO DE CAJA ANUAL	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
SALDO INICIAL	\$10.000,00				
INGRESOS					
Ventas mensuales (+20%)	\$166.580,48	\$199.896,58	\$239.875,89	\$287.851,07	\$345.421,28
EGRESOS					
Personal	\$66.275,00	\$66.275,00	\$66.275,00	\$66.275,00	\$66.275,00
Plaza	\$7.680,00	\$7.680,00	\$7.680,00	\$7.680,00	\$7.680,00
Promoción (-5%)	\$45.963,99	\$43.665,79	\$41.482,50	\$39.408,38	\$37.437,96
Proveedores (+20%)	\$24.040,59	\$28.848,71	\$34.618,45	\$41.542,14	\$49.850,56
FLUJO NETO DEL PERIODO	\$32.620,90	\$53.427,08	\$89.819,94	\$132.945,56	\$184.177,76

Se realizó primeramente un flujo de caja anual para poder estimar las ventas incrementando un 20% mes a mes al igual que el pago a proveedores. Se ve también un decremento del 5% correspondiente a promoción. Este decremento se estima por posicionamiento del servicio, a mayor posicionamiento menor publicidad. Con los totales del flujo de caja mensual, se pudo realizar un estimado con los mismos porcentajes para un flujo de caja anual en 5 periodos (**Tabla 33**). El flujo de caja anual presenta valores positivos, por lo tanto, se puede decir que, la empresa es solvente y que puede cumplir con sus obligaciones de pago y gastos.

4.4.3 Valor actualizado neto (VAN)

Pese a que en el flujo de caja anual se obtienen valores positivos, el cálculo del Valor Actualizado Neto (VAN) permitirá determinar la viabilidad del presente proyecto. Se asigna una tasa de rentabilidad del 11,44% de acuerdo con la rentabilidad financiera del transporte de carga por carretera del Ecuador en la que por cada USD 100 invertidos por los accionistas, se genera una utilidad neta de USD 11,44 (Corporación Financiera Nacional, 2020). La expresión del cálculo del VAN viene dada de la siguiente forma:

$$VAN(k) = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+k)} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \frac{CF_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} \Rightarrow VAN(k) = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i}$$

Donde,

- CF_0 representa la inversión inicial.
- $CF_{1...n}$ representa los valores del flujo de caja.
- k representa la rentabilidad exigida por el inversor.

En la siguiente tabla, se muestra el cálculo del VAN.

Tabla 34. Cálculo del VAN. (Fuente: elaboración propia).

VAN	0	1	2	3	4	5
Beneficio bruto		\$32.620,90	\$53.427,08	\$89.819,94	\$132.945,56	\$184.177,76
Impuestos 2% sobre ventas		\$652,42	\$1.068,54	\$1.796,40	\$2.658,91	\$3.683,56
Beneficio neto		\$31.968,48	\$52.358,54	\$88.023,54	\$130.286,65	\$180.494,21
Inversión Inicial	-\$48.107,76					
Flujo de caja		\$31.968,48	\$52.358,54	\$88.023,54	\$130.286,65	\$180.494,21
VALOR ACTUAL NETO		-\$19.421,04	\$22.739,42	\$86.342,12	\$170.818,54	\$275.835,09

Como se puede observar, en el periodo o año 1, se obtiene un valor negativo del VAN, a partir del segundo periodo en adelante, se observan valores positivos, de modo que, con este cálculo se puede decir que, el proyecto es atractivo para invertir ya que la inversión realizada se empezaría a recuperar a partir del segundo año y que, a partir del tercer periodo, ya se ha recuperado totalmente la inversión.

4.4.4 Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), permite a su vez, decidir con más claridad si invertir o no en el proyecto ya que la tasa resultante se puede comparar con la rentabilidad mínima aceptable para realizar una inversión que en este caso corresponde al 11,44% respecto al sector del transporte de carga en el Ecuador. Si la TIR supera la rentabilidad esperada, es viable realizar la inversión, caso contrario se rechazaría realizar la inversión. Sin embargo, se acepta otro criterio, que, si la $TIR > 0$, el proyecto es aceptable para análisis según la tasa de rentabilidad esperada o si la $TIR < 0$ el proyecto se rechaza, o si la $TIR = 0$, es indiferente realizar el proyecto, ya que no se gana ni se pierde. La expresión del cálculo de la TIR viene dada de la siguiente forma:

$$CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = 0 \Rightarrow TIR = r$$

De esta manera, se obtiene el TIR:

TIR para un periodo de 5 años: 109%

La TIR calculada para un periodo de 5 años es mayor la tasa de rentabilidad esperada que es de 11,44%, lo que quiere decir que, es viable invertir en el proyecto.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a la problemática expuesta en el presente trabajo, se ha propuesto el diseño de los procesos clave y de un algoritmo para la gestión de pedidos y distribución de mercancías entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja, Ecuador, mediante un canal corto de distribución B2B y aplicando una estrategia de distribución Peddling. El objetivo del trabajo se realiza con la intención de ayudar a conectar las necesidades de abastecimiento de los tenderos de la localidad y facilitar su comercialización y conexión eficiente de los bienes producidos por los industriales.

Tanto la infraestructura y la inversión en TICs respecto a la logística y transporte en el Ecuador, es baja en comparación con países de la misma región. Es necesario hacer frente a esta brecha mediante la inversión en conocimiento y tecnología para avanzar en el desarrollo de aplicaciones de software y personal especializado en esta rama. Además, es necesario concienciar a las empresas y usuarios de aplicar la normativa vigente ecuatoriana respecto a las unidades de carga y capacidad de carga de los vehículos, para lograr tener una estandarización y, por ende, una mejor gestión operativa de la logística.

De modo que, a partir de la revisión de la literatura expuesta en el Estado del Arte, se ha diseñado y modelado los procesos clave a nivel operativo como la solicitud de pedidos, gestión de pedidos y los subprocesos de preparación y distribución de pedidos. A través de la elaboración de una ficha de procesos, de la identificación de las tareas y haciendo uso de la herramienta Bizagi Modeler, que funciona con el lenguaje de modelado BPMN 2.0, se permitió la integración de cada uno de los participantes: tenderos, industriales y transportistas. De esta forma, tanto el primer y segundo objetivos secundarios como es **diseñar y modelar los procesos de negocio clave y los subprocesos** han quedado resueltos.

Una vez diseñados los procesos y subprocesos, se procedió definir los KPIs necesarios para la medición de los objetivos perseguidos en cada uno de ellos. Luego, se diseñó el algoritmo para la asignación de cargas en camiones y la distribución de los pedidos sobre una red de distribución ejemplificada. Aunque el algoritmo no se profundizó con modelos matemáticos, sirvió como base para elegir la mejor ruta de distribución que genere el menor coste y tiempos posibles. Para el diseño del algoritmo, se optó por elegir la estrategia de distribución Peddling tomando como referencia a los trabajos de Estrada Romeu (2007) & Barcos et al. (2010), aunque los autores mencionan que, esta estrategia de distribución es la más costosa debido a que, se tienen que hacer múltiples paradas, es la que más se adapta al escenario de la ciudad de Loja y, por tanto, a los objetivos perseguidos en este trabajo.

Una vez elegida la estrategia de distribución Peddling, se procedió a recopilar los datos de entrada como la capacidad de carga del camión, distancia entre nodos, el límite máximo de velocidad, los costes de transporte y de traslado por kilómetros, etc. Con estos datos y el algoritmo diseñado, se procedió a la ejemplificación del diseño de la red de distribución para el cálculo de rutas, de manera manual y con un sencillo ejemplo. De esta forma, tanto el tercer como cuarto objetivos secundarios como es **definir los KPIs para los procesos y subprocesos y el diseño del algoritmo para establecer la ruta de distribución** se dan por alcanzados.

A su vez, se hizo una comparativa añadiendo a la red de distribución ejemplificada un centro de consolidación CDC, desde el cual se distribuyen las demandas a cada una de las tiendas. Los costes y tiempos de distribución del CDC fueron menores en comparación con el algoritmo diseñado y aplicado en la estrategia Peddling. Por ejemplo, los costes y tiempos de distribución totales del CDC fueron de USD 74,49 y de 3 horas y 7 minutos respectivamente, mientras que, los costes y tiempos de distribución totales del algoritmo con estrategia Peddling fueron de USD 104, 14 y 3 horas y 44 minutos. Es decir, con el CDC se tiene una reducción de USD 29,65 y de 37 minutos en la distribución.

Sin embargo, el coste y tiempos de distribución del CDC pueden variar debido a que, se ha designado de manera aleatoria su ubicación. Si se hubiese agregado el CDC a una mayor distancia, los costes y tiempos de distribución aumentarían. Del mismo modo ocurre con el diseño del algoritmo con estrategia Peddling; pues, en este caso, se ha designado que los camiones inician con la ruta de distribución desde que realizan la primera carga de mercancías, es decir, no se ha tomado en cuenta desde qué ubicación parten para recoger las mercancías. Aunque en este segundo caso, se cree que no es de vital importancia ya que, al aplicar esta estrategia de distribución, lo mejor sería contratar un servicio de transporte a una empresa externa o a autónomos de la misma localidad, entonces el traslado en vacío a realizar la primera carga se podría negociar o dejar de lado.

Ahora bien, en ciudades pequeñas como la ciudad de Loja, donde se tiene que aplicar logística urbana, se tendría que analizar si construir un centro de consolidación es ventajoso como medio de reparto de mercancías, pues como ya lo mencionan Sampaio et al. (2018) cada vez más son menos los espacios en las urbes y los costes de instalar nuevas infraestructuras son una limitante para el sector empresarial, por lo tanto, se deben investigar nuevas formas de reparto de las mercancías, y una de ellas es la propuesta en este trabajo.

Además, convendría investigar si los industriales estuviesen dispuestos a realizar tareas de picking a gran escala para poder servir los pedidos realizados por cada uno de los tenderos o detallistas, con los medios tecnológicos, infraestructura y fuerza laboral de que disponen. Aunque cabe recalcar que, Sampaio et al. (2018) mencionan que, para alcanzar los objetivos de la logística urbana, como reducir el número y mejorar la eficiencia de los movimientos de mercancías dentro de las ciudades, es necesario que todos los usuarios directa e indirectamente asociados a la logística e infraestructura urbana se unan, debido a que, dichos objetivos ya no se pueden alcanzar invirtiendo en capacidad adicional.

Se realizó, además, una estimación del presupuesto del coste del proyecto y una estimación de las ventas para calcular el flujo de caja en 5 periodos. El flujo de caja permitió calcular el Valor Actual Neto VAN y la Tasa Interna de Retorno TIR, para conocer si el proyecto es viable y por ende realizar la inversión. Para un VAN de 5 periodos, el proyecto es viable desde el primer periodo y por ende es beneficioso realizar la inversión. Se calculó además la TIR, para conocer cuál sería la tasa de retorno de la inversión respecto de la tasa de rentabilidad esperada, superando con creces dicha rentabilidad, por lo que se confirma que es viable invertir en el proyecto.

Con todo ello, se puede decir que, se ha logrado alcanzar el objetivo principal de este trabajo que es mejorar la eficiencia operativa en la compraventa y distribución de mercancías entre industriales y tenderos de la ciudad de Loja Ecuador, a través de un canal corto de distribución B2B.

Como futuras líneas de investigación, se recomienda ampliar el trabajo presentado con el desarrollo de modelos matemáticos tomando como base los procesos, subprocesos y el algoritmo con estrategia de distribución Peddling en modo B2B diseñados. El desarrollo de modelos matemáticos permitiría su aplicación a casos reales sobre problemas de ruteo de vehículos, similares a lo expuesto en este trabajo y, de esta manera, poder obtener datos reales para compararlos con otras estrategias de distribución y conocer de manera válida su efectividad. Además, los modelos matemáticos aportarían al desarrollo de un software especializado para la creación de la Plataforma Web expuesta en este trabajo y de las App móviles, que permitirían facilitar la gestión y la distribución de pedidos enormemente. Finalmente, para el desarrollo de los modelos matemáticos, se recomienda utilizar la recopilación sobre problemas de ruteo de vehículos disponible en el trabajo de investigación de González Vagas & González Aristizábal (2006).

A criterio del autor, quisiera acabar mencionando la importancia de haber podido poner en práctica los conocimientos adquiridos en el máster, específicamente en lo referente a la gestión de procesos de negocio, modelado de procesos, gestión del rendimiento tomando como referencia al diseño de los KPIs, y los términos y conceptos logísticos que permitieron de manera cualitativa tomar acciones de mejora para las decisiones del diseño de ruta de distribución a través del algoritmo diseñado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, A. L. (2017). *Canales de Distribución* (Fondo Edit). [https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1270/Canales de Distribuci3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1270/Canales%20de%20Distribuci3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
2. Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2016). *Reglamento a ley de transporte terrestre, tr3nsito y seguridad vial*. Ley. <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>. Acceso: 20/05/2022
3. Augerat, P., & Belenguer, J. M. (1998). Separating capacity constraints in the CVRP using tabu search. *European Journal of Operational Research*, 2217(97).
4. Barcos, L., Rodr3guez, V., 3lvarez, M. J., & Robust3, F. (2010). Routing design for less-than-truckload motor carriers using Ant Colony Optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(3), 367–383. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.11.006>
5. Ben Haj Ayech, H., Ghannouchi, S. A., & El Hadj Amor, E. A. (2021). Extension of the BPM lifecycle to promote the maintainability of BPMN models. *Procedia Computer Science*, 181, 852–860. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.239>
6. Berliner BPM-Offensive. (2022). *BPMNPoster* – www.bpmb.de. <http://www.bpmb.de/index.php/BPMNPoster>. Acceso: 20/04/2022
7. Bizagi. (2012). *Bizagi process modeler, user Guide*. http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/Modeler_manual_del_usuario2204.pdf. Acceso: 20/04/2022
8. CAF. (2016). *Perfil Log3stico de Am3rica Latina. Ecuador*. [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1023/CAF_PERLOG ECUADOR.pdf?sequence=64&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1023/CAF_PERLOG_ECUADOR.pdf?sequence=64&isAllowed=y). Acceso: 26/04/2022
9. Chopra, S., & Meindl, P. (2006). Supply chain Management - Strategy, Planning and Operation. In *Economic Annals* (5th ed., Vol. 51, Issue 170). PEARSON. <https://doi.org/10.2298/eka0670067a>
10. Comi, A., & Savchenko, L. (2021). Last-mile delivering: Analysis of environment-friendly transport. *Sustainable Cities and Society*, 74(August), 103213. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103213>
11. Corporaci3n Financiera Nacional. (2020). *Ficha Sectorial: Transporte De Carga Por Carretera Gdps-Subg. De An3lisis De Productos Y Servicios*. https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2020/ficha-sectorial-3-trimestre-2020/FS_TransporteCarga_3T2020.pdf. Acceso: 06/05/2022
12. Corradini, F., Muzi, C., Re, B., Rossi, L., & Tiezzi, F. (2022). BPMN 2.0 OR-Join Semantics : Global and local characterisation. *Information Systems*, 105, 101934. <https://doi.org/10.1016/j.is.2021.101934>
13. Crainic, T. G. (2000). Service network design in freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 122, 272–288. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00233-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00233-7)
14. Crainic, T. G., Gendron, B., Rahim, M., & Kazemzadeh, A. (2022). transportation and telecommunication applications. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.12.028>
15. Czvetk3, T., Kummer, A., Ruppert, T., & Abonyi, J. (2021). Data-driven business process management-based development of Industry 4.0 solutions. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 117–132. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.12.002>
16. DIARIO PRIMICIAS. (2022). *La brecha de inversi3n en infraestructura es de USD 3.000 millones al a3o*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ecuador-brecha-inversion-infraestructura-millones/>. Acceso: 09/05/2022

17. Erdoğan, G. (2017). An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems. *Computers and Operations Research*, 84, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.02.022>
18. Estrada Romeu, M. À. (2007). *ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS EFICIENTES EN LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN DE PAQUETERÍA* [Universitat Politècnica de Catalunya]. <http://hdl.handle.net/2117/93936>
19. Fischer, M., Imgrund, F., Janiesch, C., & Winkelmann, A. (2020). Strategy archetypes for digital transformation: Defining meta objectives using business process management. *Information and Management*, 57(5), 103262. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103262>
20. GAD Municipal de Loja. (2015). *Plan Participativo De Fortalecimiento De La Democracia Y Desarrollo Del Cantón Loja*. <https://www.loja.gob.ec/files/docman/diagnostico.pdf>. Acceso: 20/05/2022
21. Gažová, A., Papulová, Z., & Smolka, D. (2022). Effect of Business Process Management on Level of Automation and Technologies Connected to Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 200(2019), 1498–1507. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.351>
22. Ghaderi, H., Tsai, P. W., Zhang, L., & Moayedikia, A. (2022). An integrated crowdshipping framework for green last mile delivery. *Sustainable Cities and Society*, 78(August 2021), 103552. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103552>
23. Glasdoor. (2022). *Sueldo: Desarrollador De Software en Quito, Ecuador | Glasdoor*. https://www.glassdoor.es/Sueldos/quito-desarrollador-de-software-sueldo-SRCH_IL.0,5_IM1362_KO6,31.htm?clickSource=searchBtn. Acceso: 20/06/2022
24. González Vagas, G., & González Aristizábal, F. (2006). Metaheurísticas aplicadas al ruteo de vehículos. Un caso Metaheurísticas aplicadas al ruteo de vehículos. Un caso de estudio. Parte 1: formulación del problema. *Ingeniería e Investigación*, 26(3), 149–156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326319>
25. Grupo Mavesa. (2022). *Dutro-City-512*. <https://grupomavesa.com.ec/marcas-pesados-hino/serie-300/dutro-city-512/>. Acceso: 13/06/2022
26. INEC. (2010). *Censo Población y vivienda 2010. Fascículo Provincial Loja*. Ecuador En Cifras. <https://bit.ly/3f0LxPK>. Acceso: 06/05/2022
27. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1996). *NTE INEN 2 075:1996 EMBALAJES. PALETAS PARA LA MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DE MERCANCÍAS. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2075.pdf>. Acceso: 20/04/2022
28. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Visualizador de Estadísticas Empresariales2020 | Tableau Public*. <https://public.tableau.com/app/profile/instituto.nacional.de.estad.stica.y.censos.inec./viz/VisualizadordeEstadsticasesmpresariales2020/Dportada>. Acceso: 06/05/2022
29. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2015). *Empresas y TIC*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Tecnologia_Inform_Comun_Empresas-tics/2015/2015_TICEMPRESAS_PRESENTACION.pdf. Acceso: 06/05/2022
30. Janjevic, M., & Winkenbach, M. (2020). Characterizing urban last-mile distribution strategies in mature and emerging e-commerce markets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 133(January), 164–196. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.003>
31. Karanina, E., & Kotandzhyan, A. (2021). BPM-systems in the Activity of the Transport Enterprise in Order to Ensure HR Security. *Transportation Research Procedia*, 54(2020), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.047>
32. Kir, H., & Erdogan, N. (2021). A knowledge-intensive adaptive business process management framework. *Information Systems*, 95, 101639. <https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101639>
33. Lau, H. C., & Li, B. (2021). Solving the winner determination problem for online B2B transportation matching platforms. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 150(May), 102324. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102324>

34. LOGISTICS, C. (2022). *Cómo navegar en el mercado actual de carga fraccionada (LTL) - Continental Logistics*. <https://continentallogistics.com/navigate-todays-less-than-truckload-ltl-market/>. Acceso: 09/05/2022
35. Looy, A. Van. (2021). A quantitative and qualitative study of the link between business process management and digital innovation. *Information & Management*, 58, 103413. <https://doi.org/10.1016/j.im.2020.103413>
36. Mecalux. (2022). *El palet europeo: medidas, peso y características*. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/palet-europeo-medidas>. Acceso: 13/06/2022
37. Ministerio de Transportes, M. y A. U. (2022). *ACOTRAM 3.1.0 | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana*. <https://www.mitma.gob.es/transporte-terrestre/servicios-al-transportista/descarga-de-programas/acotram-300>
38. Ministerio del Trabajo. (2022). *Estructuras ocupacionales – sueldos y salarios mínimos sectoriales y tarifas salarios mínimos sectoriales 2022*. https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/01/3.-SMS-2022-_Rev-_21_dic_-FINAL.pdf. Acceso: 24/05/2022. Acceso: 22/05/2022
39. Mohammed, M. A., Ghani, M. K. A., Hamed, R. I., Mostafa, S. A., Ibrahim, D. A., Jameel, H. K., & Alallah, A. H. (2017). Solving vehicle routing problem by using improved K-nearest neighbor algorithm for best solution. *Journal of Computational Science*, 21, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.04.012>
40. Montenegro Herrera, K. L. (2015). COSTO DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE MERCADERÍA POR KM DE RECORRIDO PARA LA EMPRESA AGENCOMEX S.A. [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR]. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10966>
41. Pečený, L., Meško, P., Kampf, R., & Gašparík, J. (2020). Optimisation in Transport and Logistic Processes. *Transportation Research Procedia*, 44(2019), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.003>
42. Peng, J., Quan, J., Zhang, G., & Dubinsky, A. J. (2016). Mediation effect of business process and supply chain management capabilities on the impact of IT on firm performance: Evidence from Chinese firms. *International Journal of Information Management*, 36(1), 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.09.006>
43. Ramadhani, F., & Mahendrawathi, E. R. (2019). A conceptual model for the use of social software in business process management and knowledge management. *Procedia Computer Science*, 161, 1131–1138. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.225>
44. Reijers, H. A. (2021). Business Process Management: The evolution of a discipline. *Computers in Industry*, 126, 103404. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103404>
45. Rizun, N., Revina, A., & Meister, V. G. (2021). Analyzing content of tasks in Business Process Management. Blending task execution and organization perspectives. *Computers in Industry*, 130, 103463. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103463>
46. Royo, B., Fraile, A., Larrodé, E., & Muerza, V. (2016). Route planning for a mixed delivery system in long distance transportation and comparison with pure delivery systems. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 291, 488–496. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2015.03.042>
47. Salvadorinho, J., & Teixeira, L. (2021). Organizational knowledge in the I4.0 using BPMN: A case study. *Procedia Computer Science*, 181(2019), 981–988. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.266>
48. Sampaio, A., Savelsbergh, M., Veelenturf, L., & van Woensel, T. (2018). Crowd-Based City Logistics. In *Sustainable Transportation and Smart Logistics: Decision-Making Models and Solutions*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814242-4.00015-6>
49. Schulte, S., Janiesch, C., Venugopal, S., Weber, I., & Hoenisch, P. (2015). Elastic Business Process Management: State of the art and open challenges for BPM in the cloud. *Future Generation*

- Computer Systems*, 46, 36–50. <https://doi.org/10.1016/j.future.2014.09.005>
50. THE WORLD BANK. (2022). *Country Score Card: Ecuador 2018 | Logistics Performance Index*. <https://lpi.worldbank.org/international/scorecard/radar/46/C/ECU/2018/C/DEU/2007/C/CHL/2018#chartarea>
 51. Universidad Espíritu Santo. (2017). *Antecedentes y situación del e-commerce en Ecuador*. <https://docplayer.es/68668957-Antecedentes-y-situacion-del-e-commerce-en-ecuador-observatorio-de-comercio-electronico-comportamiento-de-compra-por-internet-en-ecuador-2017-uees.html>. Acceso: 06/05/2022
 52. Waszkowski, R., & Nowicki, T. (2020). Efficiency investigation and optimization of contract management business processes in a workwear rental and laundry service company. *Procedia Manufacturing*, 44(2019), 551–558. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.256>
 53. Xu, S. X., & Huang, G. Q. (2013). Transportation service procurement in periodic sealed double auctions with stochastic demand and supply. *Transportation Research Part B: Methodological*, 56, 136–160. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.07.015>
 54. Xue, N., Bai, R., Qu, R., & Aickelin, U. (2021). A hybrid pricing and cutting approach for the multi-shift full truckload vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 292(2), 500–514. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.037>

Anexo 1. BPMN 2.0 POSTER (Fuente: Berliner BPM-Offensive, 2022).

<http://bpmb.de/poster>

Traducido por Ildelfonso Montero, Luciano García-Bañuelos, Marlon Dumas

Actividades

Tarea
Una Tarea es una unidad de trabajo, el trabajo a realizar. Cuando aparece con el símbolo [] indica un Subproceso, una actividad que puede ser refinada.

Transacción
Una Transacción es un conjunto de actividades relacionadas lógicamente, administrándose a un protocolo transaccional particular.

Subproceso de Evento
Un Subproceso de Evento se sitúa en el interior de otro (subproceso). Este se activa en la ocurrencia del evento de inicio especificado y mientras el proceso que lo contiene permanece también activo. El subproceso de evento puede interrumpir o no al proceso que lo contiene.

Actividad de Llamada
Una Actividad de Llamada es una referencia a un Subproceso o Tarea definido de forma global que se reutiliza en el proceso actual.

Marcaador de Actividad
Los marcaadores especifican el comportamiento particular de las actividades durante su ejecución:

- Subproceso
- Ciclo
- Instancias Múltiples en Paralelo
- Instancias Múltiples en Secuencia
- Ad Hoc
- Compensación

Tipos de Tarea
Los tipos especifican la naturaleza de la tarea que se desea llevar a cabo:

- Envío
- Recepción
- Tarea de Usuario
- Tarea Manual
- Regla de Negocio
- Invocación de Servicio
- Ejecución de Script

Flujo de Secuencia
define el orden de ejecución entre dos actividades.

Flujo por Defecto
camino a seguir si las condiciones de los caminos alternativos evalúan a falso.

Flujo Condicional
tiene una condición asociada que permite decidir si el camino será activado o no.

Conversaciones

Una Comunicación define un conjunto de mensajes intercambiados, relacionados entre sí, de forma lógica. Cuando aparece con el símbolo [] indica una Sub-Conversación, un elemento compuesto de conversaciones.

Un Conector de Conversación conecta Comunicaciones y Participantes.

Un Conector de Conversación Biforcado conecta Comunicaciones y múltiples Participantes.

Diagrama de Conversación

Coreografías

Una Tarea de Coreografía representa una Interacción (intercambio de Mensajes) entre dos participantes.

El Indicador de Múltiples Participantes indica un conjunto de participantes del mismo tipo.

Una Subproceso de Coreografía contiene una coreografía refinada en múltiples interacciones.

Diagrama de Coreografía

Eventos

Simple: Eventos sin especificar. Indican puntos de inicio, de fin y situaciones intermedias.

Mensaje: Recepción y envío de mensajes.

Temporal: Puntos en el tiempo, lapsos, límites (timeouts). Pueden ser eventos únicos o cíclicos.

Escalable: Cambio a un nivel más alto de responsabilidad.

Condicional: Reacción a cambios en las condiciones de negocios o integración de reglas de negocio.

Enlace: Conectores fuera de página. Dos conectores de enlace equivalen a un flujo de secuencia.

Error: Captura y lanzamiento de errores conocidos con nombre.

Cancelación: Reacción a la cancelación de una transacción/Solicitud de cancelación.

Compensación: Manejo/Solicitud de compensación.

Señal: Intercambio de señales entre procesos. Una señal puede ser capturada varias veces.

Múltiple: Captura uno de un conjunto de eventos. Lanza todos los eventos definidos.

Paralelo Múltiple: Captura todos los eventos de un conjunto de eventos en paralelo.

Terminación: Terminación inmediata del proceso.

	Inicio	Intermedios	Fin
Evento Interruptor de Subproceso	○	○	○
Evento No Inicio de Subproceso	○	○	○
Captura	○	○	○
Adjunto Interruptor	○	○	○
Adjunto No Interruptor	○	○	○
Lanzamiento	○	○	○

Diagrama de Colaboración

Contenedor (Cerrado)

Compuertas

Exclusiva
En un punto de bifurcación, selecciona exactamente un flujo de secuencia de entre las alternativas existentes. En un punto de convergencia, la compuerta espera a que un flujo incidente complete para activar el flujo saliente.

Basada en Eventos
Esta compuerta siempre será seguida por eventos o tareas de recepción, y sólo activará un flujo saliente dependiendo del evento que ocurra en primer lugar.

Paralela
En un punto de bifurcación, todos los caminos salientes serán activados simultáneamente. En un punto de convergencia, la compuerta espera a que todos los flujos incidentes competentes antes de activar el flujo saliente.

Inclusiva
En un punto de bifurcación, al menos un flujo es activado. En un punto de convergencia, espera a todos los flujos que fueron activados para activar al saliente.

Compleja
Comportamiento complejo de convergencia/bifurcación no capturado por el resto de compuertas.

Exclusiva Basada en Eventos (generadora de instancias)
En la ocurrencia de uno de los eventos subsiguientes se crea una nueva instancia del proceso.

Paralela Basada en Eventos (generadora de instancias)
En la ocurrencia de todos los eventos subsiguientes se crea una nueva instancia del proceso.

Contenedores

Los Contenedores y los Compartimientos representan a las entidades responsables de las actividades en un proceso (p.e. una organización, un rol o un sistema). Los compartimientos pueden anidarse en contenedores y compartimientos.

El Flujo de Mensajes simboliza la información que fluye a través de las organizaciones. Este flujo puede conectarse con compartimientos, actividades, datos o eventos de mensaje.

El orden de intercambio de mensajes puede ser especificado mediante la combinación de flujos de mensajes y de secuencia.

Datos

Un Dato de Entrada o Input es una entrada externa a todo el proceso. Puede ser leído por una actividad.

Un Dato de Salida u Output es una variable disponible como resultado del proceso.

Un Dato de Tipo Objeto representa información que fluye a través del proceso tales como documentos, correos electrónicos o cartas.

Una Colección de Objetos de Datos representa una colección de información, p.e. una lista de artículos.

Un Almacén es un lugar donde el proceso puede leer o escribir datos, p.e. una base de datos. La información en un almacén persiste más allá de la vida de la instancia del proceso.

Un Mensaje es utilizado para representar el contenido de una comunicación entre dos participantes.

Anexo 2. Resultados ACOTRAM. (Fuente: elaboración propia).

Resultados (Vehículo rígido de 2 ejes de distribución)				
Costes Anuales	Cálculo Personalizado (22/05/2022)		Obsevatorio de Costes (31/10/2018)	
	Euros (€)	%	Euros (€)	%
Costes Totales (repercutidos a todos los servicios)	39.293,15	100,0	67.063,38	100,0
Costes Directos	35.200,08	89,6	62.970,31	93,9
Costes Temporales	17.226,47	43,8	38.498,33	57,4
Amortización del vehículo	2.968,00	7,6	3.718,56	5,5
Financiación del vehículo	1.068,40	2,7	533,15	0,8
Personal de conducción	9.000,00	22,9	29.968,68	44,7
Seguros del vehículo	3.620,88	9,2	3.620,88	5,4
Costes Fiscales	569,19	1,4	657,06	1,0
Costes Kilométricos	17.973,61	45,7	24.471,98	36,5
Combustible	4.721,75	12,0	12.904,63	19,2
Consumo de disolución de urea	531,01	1,4	531,01	0,8
Neumáticos	840,00	2,1	2.147,36	3,2
Mantenimiento	3.866,38	9,8	756,14	1,1
Reparaciones	1.564,15	4,0	1.260,35	1,9
Dietas del conductor	6.450,32	16,4	6.220,82	9,3
Peajes	0,00	0,0	651,67	1,0
Costes Indirectos	4.093,07	10,4	4.093,07	6,1
Costes de estructura				
Costes de comercialización				
Otros costes indirectos				

Coste	22/05/2022 (%)	31/10/2018 (%)
Amortización del vehículo	7,6%	5,5%
Financiación del vehículo	2,7%	0,8%
Personal de conducción	22,9%	44,7%
Seguros del vehículo	9,2%	5,4%
Costes Fiscales	1,4%	1,0%
Combustible	12,0%	19,2%
Consumo de disolución de urea	1,4%	0,8%
Neumáticos	2,1%	3,2%
Mantenimiento	9,8%	1,1%
Reparaciones	4,0%	1,9%
Dietas del conductor	16,4%	9,3%
Peajes	0,0%	1,0%
Costes Indirectos	10,4%	6,1%

Costes por kilómetro	
Costes = C1 * Km	
Kilometraje anual	70.000
Kilometraje anual en carga	52.500
C1 = 0,5613 €/km recorrido	
C1 = 0,7484 €/km en carga	

Costes por hora	
Costes = C2 * H	
Horas anuales	1.494
Horas anuales en carga	1.121
C2 = 26,30 €/hora	
C2 = 35,05 €/hora en carga	

Costes por kilómetro y hora	
Costes = C3 * Km + C4 * H	
C3 = coste unitario por kilómetro (costes kilométricos por kilómetro)	
C4 = coste unitario por hora (costes temporales e indirectos por hora)	
C3 = 0,2568 €/km recorrido	
C3 = 0,3424 €/km en carga	
C4 = 14,27 €/hora	
C4 = 19,02 €/hora en carga	

Costes por tonelada-kilómetro	
Costes = C5 * TKm	
Toneladas-Kilometro anuales	131.250
C5 = 0,29938 €/t-km	