

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

**ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA
DE LAS INCIDENCIAS EN LOS
COSTES DE LOGÍSTICA EN UNA
EMPRESA DE PAQUETERÍA
MEDIANTE LA DINÁMICA DE
SISTEMAS**

AUTOR: JORGE ALEJANDRO GAMARRA CHOY

TUTORA: JOSEFA MULA BRU

COTUTOR: FRANCISCO CAMPUZANO BOLARÍN

Curso académico: 2017-18

Resumen

En el presente trabajo fin de máster se utilizó la técnica de dinámica de sistemas para el estudio de una cadena de suministro de una empresa de paquetería. Con frecuencia, en la entrega de paquetes a sus destinatarios, suele existir devoluciones al centro de distribución por incidencias internas en el proceso y externas a la empresa. En estos casos, se reprograma la entrega de los paquetes para una fecha futura inmediata. Esta es una carga adicional a la labor de entrega. Para reducir el número de incidencias se generaron diferentes escenarios con base en propuestas factibles para la reducción o eliminación de actividades con poco o ningún valor agregado en el proceso. La dinámica de sistemas permitió evaluar el efecto en los costes operativos de cada escenario, y así facilitar la toma de decisiones. La metodología seguida para la generación y el análisis de la mejor decisión es aplicable a otros contextos de cadenas de suministro, además de empresas de paquetería.

En el trabajo se presenta una descripción de la cadena de suministro; se formula el modelo de simulación y su diagrama de flujo elaborado con el programa VENSIM®. Se describen las variables utilizadas y las ecuaciones que muestran las relaciones causales entre las variables de nivel, flujo y auxiliares. Los resultados de la simulación para cada escenario y la evaluación de los costes asociados de cada uno llevan a la selección preferida la cual se indica en las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, se proponen indicaciones para trabajos futuros en este área.

Abstract

The present masters' degree final project was based on the use of system dynamics to assess a delivery services company's supply chain. Failed deliveries are usually classified into those due to internal factors, and those due the company's operations. Whichever the cause, these deliveries are an additional workload and cost. Actions that lead to their reduction will enhance the company's profits. In order to reduce the amount of undelivered items, several scenarios generated on feasible courses of action were developed and analyzed. Those activities with little or no contribution to the delivery process were candidates to be reduced or eliminated altogether. System dynamics was used to measure the changes in cost structure in order to measure the benefits gained in each scenario and enhance decision-making. The procedures followed in this work are applicable to other supply chain settings and to package delivery companies.

This report is structured as follows: a description of the specific supply chain for package delivery, a flow diagram in the VENSIM® computer package used, a definition and causal relationships of the level, flow and auxiliary variables used in the simulation, operational results and costs for each scenario. The conclusions show the preferred solution and recommendations are made to ensure the solution is correctly implemented. Finally, suggestions for future work on this area are shown.

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Objetivos de la Investigación	1
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	1
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	1
1.2 Alcance.....	1
1.3 Justificación	2
1.4 Estructura del Trabajo Final de Máster	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Introducción	4
2.2 Metodología para la Búsqueda Bibliográfica.....	4
2.3 Revisión de artículos científicos.....	5
2.4 Discusión	10
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
3.1 Introducción.....	11
3.2 Descripción de la Cadena de Suministro.....	11
3.2.1 Recepción	11
3.2.2 Clasificación	12
3.2.3 Asignación	12
3.2.4 Reparto.....	13
3.2.5 Las recogidas.....	14
3.2.6 Operaciones en Almacén de Incidencias	14
3.2.7 Gestión de las Incidencias	15
4 MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTRO	17
4.1 Objetivos de la Simulación	17
4.2 Modelo de simulación	19
4.2.1 Diagrama Causal.....	20
4.2.2 Diagrama de Flujo.....	23
4.3 Descripción de las variables.....	25
4.3.1 <i>Variables de nivel</i>	25
4.3.2 <i>Variables de flujo</i>	25
4.3.3 <i>Variables auxiliares</i>	26
4.4 Descripción de ecuaciones.....	30

5	RESULTADOS Y SU EVALUACIÓN	33
5.1	Simulación de los Escenarios Planteados	33
5.1.1	Escenario 13	34
5.1.2	Escenario 12	37
5.1.3	Escenario 10	40
5.1.4	Escenario 3	43
5.2	Evaluación de resultados	46
6	CONCLUSIONES	48
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
8	ANEXOS	52
8.1	Ecuaciones del modelo de simulación	52
8.2	Descripción de los Tipos de Incidencias	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de artículos identificados en búsqueda bibliográfica	5
Tabla 2: Adaptación flexibilidad para los procesos de logística inversa de Bai y Sarkis (2013).	7
Tabla 3: Parámetros de la simulación	17
Tabla 4: Situación actual.....	18
Tabla 5: Parámetros de los escenarios de simulación	19
Tabla 6: Variables de nivel.....	25
Tabla 7: Variables de flujo	25
Tabla 8: Variables auxiliares	26
Tabla 9: Reproducción del comportamiento actual del sistema.....	33
Tabla 10: Reproducción del comportamiento del sistema con los distintos escenarios durante un horizonte de 365 días	34
Tabla 11: Resumen de variables de respuesta de escenarios seleccionados.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Adaptación del canal de logística inversa (El Korchi y Millet, 2011)	6
Figura 2: Adaptación de cadena de suministro cerrada (Tonanont et al. 2008).....	6
Figura 3: Adaptación de barreras y factores que facilitan la logística inversa (Janse et al. 2010).	8
Figura 4: Diagrama causal de cadena de suministro de empresa de paquetería	22
Figura 5: Diagrama de flujo de cadena de suministro empresa de paquetería	24
Figura 6: Proporción de costes operativos diarios actuales.....	33
Figura 7: Costes operativos diarios escenario 13.....	35
Figura 8: Incidencias escenario 13.....	35
Figura 9: Diferencia de productividad escenario 13	36
Figura 10: Entregas realizadas escenario 13	36
Figura 11: Repartidores escenario 13.....	37
Figura 12: Costes operativos diarios escenario 12.....	38
Figura 13: Incidencias escenario 12.....	38
Figura 14: Diferencia de productividad escenario 12	39
Figura 15: Entregas realizadas escenario 12	39
Figura 16: Repartidores escenario 12.....	40
Figura 17: Costes operativos diarios escenario 10.....	41
Figura 18: Incidencias escenario 10.....	41
Figura 19: Diferencia de productividad escenario 10	42
Figura 20: Entregas realizadas escenario 10	42
Figura 21: Repartidores escenario 10.....	43
Figura 22: Costes operativos diarios escenario 3.....	43
Figura 23: Incidencias escenario 3.....	44
Figura 24: Diferencia de productividad escenario 3	44
Figura 25: Entregas realizadas escenario 3	45
Figura 26: Repartidores escenario 3.....	45

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Objetivos de la Investigación

1.1.1 *Objetivo General*

El objetivo del trabajo fin de máster es realizar una simulación de una cadena de suministro de empresa de paquetería con la finalidad de estimar los costes operativos diarios.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- i. Se utilizará la técnica dinámica de sistemas, con la finalidad de reproducir el comportamiento de la cadena y conocer cómo afectan los paquetes con incidencias a los costes para la empresa.
- ii. Identificar cuáles son los tipos de incidencias de reparto que más se repiten y tienen una mayor repercusión en los costes de las operaciones en una empresa de paquetería; se utilizarán datos históricos de incidencias de una empresa de paquetería de la provincia de Valencia.
- iii. Estimar los costes totales de las operaciones de reparto, manipulación, gestión de atención al cliente y regreso a origen; obtenidos a través de una simulación del comportamiento del sistema a diferentes escenarios de interés para la empresa de paquetería tomando en consideración las actividades relacionadas con la logística inversa que la empresa de paquetería debe asumir cuando existan incidencias que impidan la entrega de los paquetes.
- iv. Conocer las reducciones en los costes de operación cuando por motivo de no alcanzar la productividad esperada se apliquen mejoras que disminuyan en un 20% las incidencias diarias que afectan a la empresa.

1.2 Alcance

El presente trabajo se basa en el estudio de una cadena suministro, tomando en consideración las incidencias; que suponen que no se pueda llegar a cabo el reparto de los paquetes en la fecha estipulada. Como referencia se tomaron los datos y la descripción de procesos de una empresa de paquetería de la provincia de Valencia. La empresa tiene cuatro naves de operaciones, un almacén de incidencias y sesenta y un puntos de recogida.

El trabajo se apoya en los flujos de información de las incidencias de paquetes que no pueden ser entregados. La información es ingresada al sistema por los repartidores y por los operadores de la nave de operaciones utilizando las herramientas PDAs (*personal digital assistant*).

Hay dos tipos de incidencias: (1) de nave; (2) de reparto. Esta clasificación indica en qué parte del proceso se genera la incidencia. Las incidencias de nave son, principalmente, errores de documentación. Las incidencias de reparto se refieren a la ausencia del cliente y cambio de domicilio.

El modelo abarcará desde la entrega de paquetes a clientes a domicilio y puntos de recogida; hasta la salida de paquetes del almacén de incidencias y la gestión para buscar una solución a su estado en el sistema.

1.3 Justificación

En la búsqueda constante para ser más competitivas, las empresas de paquetería han utilizado herramientas tecnológicas más novedosas, que van desde computadoras de bolsillo hasta las entregas por drones; para innovar y facilitar las operaciones de entrega. Cada vez es mayor la oferta de servicios diversos como las entregas urgentes; seguros opcionales y manejo de mercancías peligrosas. Otras empresas han optado por tener operaciones más ecológicas como repartidores en bicicleta y vehículos eléctricos.

Basado en los costes que representan las herramientas novedosas y la diversificación de servicios, surge la necesidad de conocer cómo las devoluciones de paquetes afectan a los costes logísticos; por lo que contando con las herramientas de la dinámica de sistemas se busca estudiar el comportamiento del sistema en el cual se incluyen las incidencias que afectan a la empresa. Sin embargo, la estimación de costes está sujeta a elementos aleatorios que forman parte de la operación, por ejemplo: la existencia de campañas, el tiempo necesario para completar la entrega, el número de operarios dedicados a las labores de entrega, el tiempo de capacitación de los operarios que ingresan a la nómina y la productividad esperada.

La dinámica de sistemas permite diseñar un modelo y simular diversos escenarios, que incluyan las variables de interés para la empresa de paquetería; cuyos parámetros puedan ser modificados para estimar los costes operativos de reparto durante la simulación y que pueda servir para la toma de decisiones en la vida real.

El trabajo busca aportar a la práctica del uso de la dinámica de sistemas para la estimación de costes logísticos de una empresa de paquetería; desde la perspectiva de las incidencias que imposibilitan el reparto de los paquetes.

1.4 Estructura del Trabajo Final de Máster

El trabajo está estructurado en una parte teórica, donde se presenta una revisión de la literatura de trabajos realizados sobre el uso de dinámica de sistemas en cadenas de suministro en un entorno de empresas de paquetería. Se presenta la metodología para la elección de los artículos; un análisis de los mismos y una discusión al respecto.

Se realiza una descripción de la cadena de suministro de la empresa de paquetería en la cual está basado el trabajo describiendo las operaciones y los recursos utilizados diariamente para tener un conocimiento de la actualidad de la empresa. Seguidamente, se realiza una descripción del modelo de simulación a realizar; utilizando la herramienta de dinámica de sistemas y se presenta el diagrama causal y de flujo generados.

Finalmente, se presentan los resultados de la simulación y las conclusiones sobre los resultados obtenidos de los diferentes escenarios planteados, basados en parámetros que pueden ser modificados por la empresa en sus operaciones diarias; para luego dar las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

El sector de empresas de paquetería y mensajería ha experimentado una expansión en su volumen de negocio gracias, en buena medida, al auge del comercio electrónico, de empresas de manufactura y servicios; distribuidores; y minoristas. Existen comportamientos durante el reparto de las mercancías a los clientes que pueden ser aleatorios, internos o externos a las operaciones de la empresa, que afectan la entrega de manera eficiente y que suponen realizar un conjunto de actividades adicionales para gestionar nuevas entregas a los clientes.

Las cadenas de suministro inversas se conocen por tener un papel importante en el ciclo de vida del producto; en la actualidad una cadena de suministro inversa gestiona la logística de recuperación de las mercancías desde el cliente, hasta el retorno de las mismas para su reproceso, mantenimiento, reciclaje, devolución por obsolescencia o defectos.

La logística inversa está impulsada por factores económicos, medioambientales, de responsabilidad social, legislativos, entre otros. Pero el nuevo enfoque establece que las empresas adopten, estratégicamente, las cadenas de suministro inversa, para obtener beneficios de la recuperación del valor de los productos, partes o componentes que pueden ser reprocesados y extender su ciclo de vida a nuevos usos en la industria.

En el caso de las empresas que prestan servicios de paquetería y mensajería la gestión de la cadena de suministro inversa supone incurrir en costes de almacenaje y de flete para regresar los paquetes a su origen ó regresarlos a las naves de operaciones para coordinar nuevos repartos.

2.2 Metodología para la Búsqueda Bibliográfica

Para la investigación bibliográfica se utilizaron las herramientas de búsqueda de las páginas web: Scopus, Science Direct, IEEE Xplore y Emerald. Se utilizaron las siguientes combinaciones de palabras clave en inglés: "system dynamics" and delivery, "system dynamics" and "delivery services", "system dynamics" and "reverse logistics" Y "system dynamics" and "urban freight" (Tabla 1).

Tabla 1: Resultados de artículos identificados en búsqueda bibliográfica

Keywords	Herramienta de búsqueda				Fecha búsqueda
	Scopus	Science Direct	Emerald	IEEE Xplore	
"system dynamics" and delivery	333	46	556	500	10/11/17
"system dynamics" and "delivery services"	2	56	5	0	10/11/17
"system dynamics" and "reverse logistics"	38	163	17	11	10/11/17
"system dynamics" and "urban freight"	3	27	3	0	10/11/17

2.3 Revisión de artículos científicos

La logística inversa es el proceso de planificar, implementar y controlar el flujo económicamente más eficiente de las materias primas, material en proceso, productos terminados y la información relacionada, desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el propósito de recuperar el valor del producto o realizar una apropiada disposición de estos (Rogers y Tibben-Lembke, 1999).

La logística inversa se caracteriza según qué la motiva (economía, legislación y medioambiente), las razones del retorno (retornos de manufactura, retornos de distribución, retornos del cliente), el proceso de recuperación (recolectar, inspección/selección/clasificación, y recuperación), tipos de productos retornados (composición, deterioro y patrón de uso) y los actores involucrados (cadena de suministro, cadena de suministro inversa especializada y oportunistas como 3PL) (De Brito y Dekker, 2003).

Las decisiones que se toman en una cadena de suministro inversa dependen del nivel en que se tomen, siendo a nivel estratégico, las políticas de retorno, decidir si subcontratar una parte de las actividades de la logística inversa o todo, establecer las localizaciones y capacidades de los sitios, cuando se inician las actividades, diseño de productos, entre otros. Mientras que las decisiones tácticas siguen a las estratégicas y, por lo tanto, las decisiones operativas siguen a los otros dos niveles mencionados. También, los costes de recuperación dependen del transporte, por lo tanto, afecta también la estructura de la red logística, por lo que diseñar una red de recuperación

requiere restricciones para la viabilidad económica de las opciones de recuperación (Lambert et al. 2011).

Para realizar el diseño de cadenas de suministro existen modelos cuantitativos que facilitan las tareas, sin embargo, para el contexto de logística inversa, todavía no se han establecido modelos estándar; por lo que surge la interrogante sobre la posible extensión de las cadenas de suministro tradicionales para cubrir las necesidades de recuperación de producto, o si para realizar esa extensión será necesario realizar cambios significativos en la estructura de la cadena. Se busca saber cómo de robustas son las cadenas de suministro a la hora de agregar las actividades de recuperación de productos (Fleischmann et al. 2001).

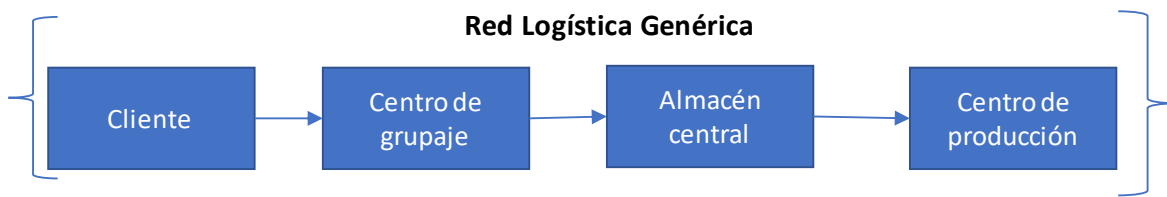


Figura 1: Adaptación del canal de logística inversa (El Korchi y Millet, 2011)

La red logística genérica (Figura 1) establece que para reducir los costes de transporte, los productos son recolectados, son consolidados en centros de grupaje, para tener un volumen suficiente como para realizar el transporte; después, los productos consolidados son enviados a un almacén central y transferidos a un centro de producción (El Korchi y Millet, 2011).

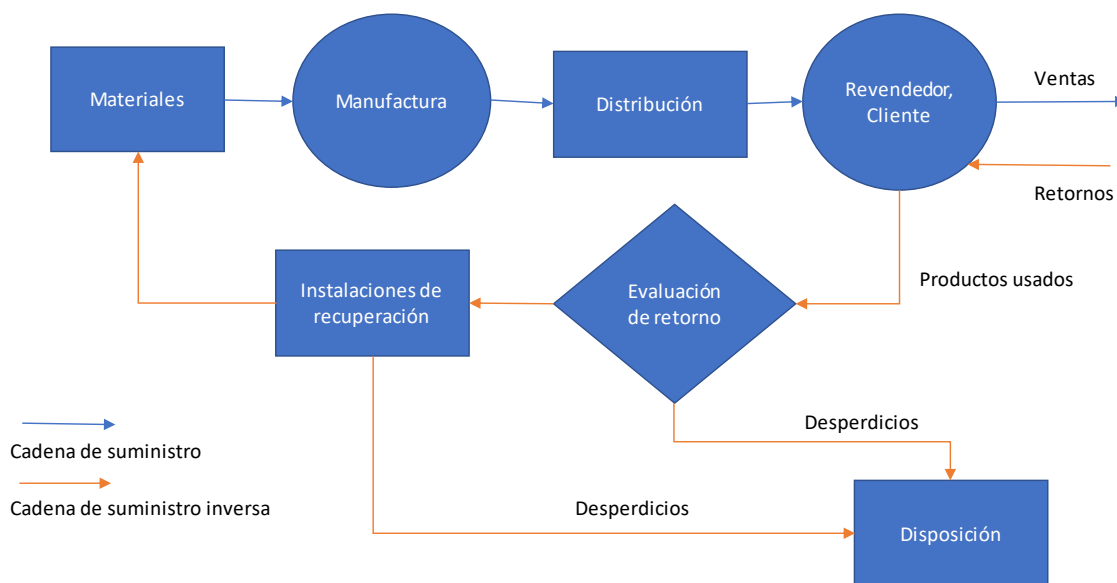


Figura 2: Adaptación de cadena de suministro cerrada (Tonanont et al. 2008).

Para la logística inversa las transacciones no planificadas (como el retorno de un producto defectuoso) son costes que se deben evitar, mientras que las transacciones planificadas (como el retorno de un equipo por término de contrato de arrendamiento) son costes que se espera incurrir (Giuntini, 2004) (Figura 2). Las actividades de control y planificación también pueden ser consideradas actividades de soporte para la gestión de funciones de la logística inversa (Bai y Sarkis, 2013). Su trabajo se aplica a la flexibilidad de las cadenas de suministro inversas, definiendo sus fases en la recolección de los productos para ser reintegrados a la cadena de suministro, la separación y posterior clasificación de los productos, el almacenamiento de los productos, la fase de desensamblar los productos para reutilizar sus partes y finalmente, la compactación de materiales para su reciclaje. A partir de la descripción de las fases, debe existir flexibilidad a la hora de planificar en la logística inversa, para de esta forma reducir costes y ser más eficiente; dependiendo del tipo de la fase, la flexibilidad en cada nivel se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Adaptación flexibilidad para los procesos de logística inversa de Bai y Sarkis (2013).

Procesos de logística inversa	Flexibilidad en la programación de logística inversa
Recolectar	Flexibilidad para cambiar los programas de recolección
Separar/inspeccionar	Flexibilidad para tener variedad y reprogramar la separación/inspección
Almacenar	Poder manejar programación de corta y larga duración
Desensamblar	Flexibilidad para la programación de desensamblaje y flexibilidad para las rutas para procesamiento
Compactar	Flexibilidad para cambiar los programas de compactación (para reciclado)

Basado en un modelo de madurez para la cadena de suministro inversa de una empresa, siendo una empresa madura aquella cuya gestión de los retornos a la cadena es una parte integral de su estrategia de cadena de suministro, generadora de beneficios y parte de los procesos claves de la empresa. La empresa posee un enfoque que abarca la gestión de los productos retornados; además los procesos y operaciones de la cadena de suministro inversa están alineados con los objetivos de negocios y de desarrollo de mercados. Existe una sincronización entre la demanda de componentes sueltos y el pronóstico de retorno de estos; así como también existe conocimiento avanzado de los mercados que demandan bienes de retorno, integrado a la toma de decisiones de los flujos inversos y, por último, cabe mencionar una alineación completa de la estrategia basada en la viabilidad económica, técnica y medioambiental de las opciones de recuperación (Janse et al. 2010).

Entre las barreras que impiden la implementación de las cadenas de suministro inversas están: la falta de sistemas eficientes de información y tecnología que las soporten; problemas con la calidad del producto que retorna, que no siempre es la misma; políticas de empresas que obstaculizan; la resistencia al cambio; y la falta de entrenamiento del personal. Adicionalmente: falta de métricas para medir el rendimiento de las cadenas de suministro inversas, restricciones financieras, falta de apoyo de la alta gerencia, desconocimiento de los beneficios de la logística inversa, falta de planificación estratégica para las cadenas inversas y renuencia de los vendedores, distribuidores y demás implicados en colaborar en las actividades necesarias para que la cadena de suministro inversa funcione de manera eficiente (Raci y Shankar, 2005) (Figura 3).

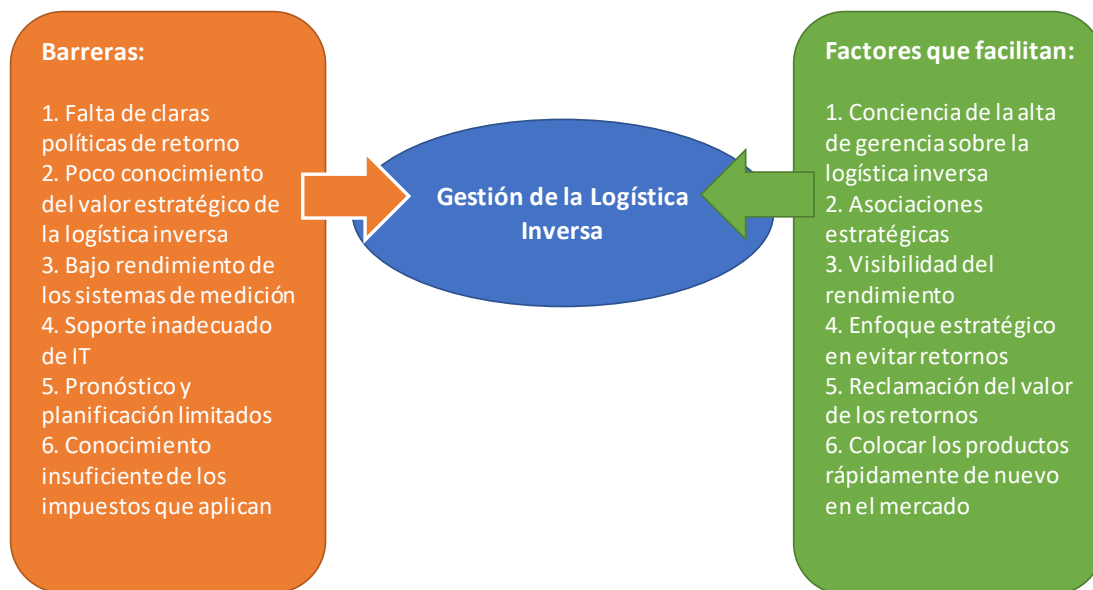


Figura 3: Adaptación de barreras y factores que facilitan la logística inversa (Janse et al. 2010).

Por otro lado, entre los factores que facilitan la implementación de la logística inversa están: la conciencia de la alta gerencia de los beneficios de la logística inversa; asociaciones estratégicas con distribuidores, 3PL, entre otros; visión detallada de los costes y el desempeño de la cadena de suministro inversa; enfoque estratégico de evitar los retornos, reclamar el valor de los productos retornados y tener la capacidad de colocar los productos rápidamente en el mercado después de pasar por el proceso correspondiente (Janse et al. 2010).

Empresas como Federal Express han diseñado programas como NetReturn, que facilitan el retorno de las mercancías cuando un cliente lo requiera. Otras empresas 3PL como Astra y Genco no solo realizan el proceso del retorno de los productos como la recogida y el transporte, sino que también recolectan información de los clientes y realizan la trazabilidad del estatus de los productos que regresan (Krumwiede y Sheu, 2002).

Genco ha diseñado un software llamado R-log, que controla los retornos a almacenes especializados llamados centros de retorno. Los productos que llegan son etiquetados con un código de barras y dentro de centro, cada producto es rastreado dentro de la zona de almacenaje. Posteriormente, el programa selecciona la opción óptima de recuperación o disposición del artículo, basado en la demanda de los mercados, costes y restricciones como la condición del producto, contenidos peligrosos o instrucciones específicas de los clientes (Kokkinaki et al. 2003).

Schenkel et al. (2015) realizan una revisión a la literatura de la creación de valor en las cadenas de suministro cerradas (cadenas que incluyen la cadena de suministro convencional y la cadena de suministro inversa) en la cual resaltan seis actividades que son: sociedades y colaboraciones, diseño del producto, conceptos de servicio, soluciones IT, procesos de la cadena de suministro y, por último, las características organizacionales. Estas actividades crean cuatro tipos de valor para la cadena de suministro inversa: económico, servicio al cliente, información y medioambiente. Son relevantes para el trabajo cómo se crea el valor en la logística de la distribución y las prácticas para los retornos y servicios.

Georgiadis y Vlachos (2004) proponen en su trabajo el uso de la herramienta dinámica de sistemas para desarrollar modelos integrados de la cadena de suministro y la cadena inversa que incluyan variables cuantitativas y cualitativas, demoras e incertidumbre; con el objetivo de evaluar los efectos provocados por factores externos al sistema. También, exponen que los flujos de la cadena inversa sólo son económicamente atractivos cuando el valor de los productos usados menos el coste requerido para las actividades de logística inversa es positivo.

Lindholm y Behrends (2012) analizan en su trabajo el estado del transporte de mercancía en zonas urbanas e identifican posibles carencias en las prácticas de planificación de transporte urbano de mercancías. Toman como factores claves las restricciones de peso o tiempo aplicados por diferentes países y las leyes europeas. Comentan que la demanda creciente de mercancía y el crecimiento del tráfico de transporte trae consigo consecuencias negativas tanto en nivel de servicio como en la sostenibilidad urbana. Por otro lado, existe actualmente una infraestructura de transporte en construcción aunque la capacidad sigue estando sobrepasada por el crecimiento de la demanda del transporte urbano. Finalmente, explican que las autoridades locales y los operadores de transporte deben trabajar en conjunto para la planificación del transporte urbano de mercancías.

Deloitte (n.d.) crea una herramienta (DALSIM) basada en la teoría de colas y dinámica de sistemas para evaluar el impacto sobre el tráfico ocasionado por los vehículos de reparto; cuando se estacionan en lugares donde obstruyan el paso normal de vehículos, debido a que las áreas urbanas de estacionamiento para reparto están ocupadas por otros vehículos de reparto. La efectividad de estas áreas de carga y descarga se ve afectada por particularidades de las zonas como pueden ser calles estrechas o centros históricos de las ciudades; entre otros. El objetivo del trabajo es evaluar la necesidad de más áreas de reparto en las ciudades para disminuir el tráfico.

Niemann et al. (2017) comentan que el incremento de los costes de almacenaje en la industria de producción urbana y el sector minorista ha afectado en una disminución de la capacidad de almacenamiento. Esta tendencia resulta en un aumento de la participación y frecuencia de servicios de reparto más flexibles con envíos de pequeño tamaño. El incremento de la frecuencia lleva a un aumento del número de viajes de vehículos de pequeño y mediano tamaño en el transporte urbano de mercancías y un aumento de envíos y rutas en áreas urbana. Posteriormente, destacan que los retornos de mercancías se realizan directamente en las oficinas de correo o las estaciones de embalaje de paquetes por el cliente final y que luego son recogidos por servicios de operadores logísticos al mismo día. Por lo que según estos autores los retornos de mercancía no inducen a altos costes de transporte.

Kelli et al. (2017) en su trabajo sobre estaciones automáticas de reparto analizan la demanda de puntos de entrega consolidados para los clientes del comercio electrónico; tomando como factores las preferencias de los clientes sobre los atributos de la entrega, como son: la localización, el tiempo de entrega, información y trazabilidad, costo de transporte y la aceptación de utilizar las estaciones automáticas de reparto. El impacto esperado en las operaciones logísticas urbanas incluye una consolidación de los repartos, menos kilómetros recorridos, reducción de los costes de reparto y un mejor medioambiente urbano.

2.4 Discusión

Según los artículos seleccionados sobre la logística inversa, se identifica que existe una literatura bastante amplia enfocada al sector de manufactura; donde se presta atención a la recuperación de los productos para extender su ciclo de vida, basados en diseños de cadena de suministro inversas; que cuentan con una flexibilidad para el retorno de productos para su reventa, remanufactura; reproceso, reciclaje o disposición.

Desde el punto de vista del sector de servicios se habla sobre la gestión de garantías de productos y cómo la empresa debe elegir puntos de recogida para el retorno de los productos o la contratación de empresas que faciliten la consolidación de estos.

En cuanto al sector de paquetería y mensajería se encuentran artículos sobre empresas de fletes domésticos; que son las empresas que realizan el reparto dentro de zonas urbanas; se tratan temas de interés como la congestión vehicular ocasionada por los vehículos de transporte; evaluando los espacios que han sido adecuados como zonas de carga y descarga.

Otro campo de estudio evalúa el rendimiento energético de los vehículos; considerando parámetros como: el costo de combustible; uso de vehículos eléctricos, emisiones de CO₂; kilómetros recorridos y obsolescencia, como factores que determinan la rentabilidad de una empresa.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Introducción

Una empresa de paquetería perteneciente a una red nacional de distintas franquicias regionales se encarga de distribuir los paquetes de procedencia nacional e internacional a través de toda la provincia de Valencia.

La empresa cuenta con una nave central de operaciones en Paterna que realiza repartos en la ciudad de Valencia y ciudades colindantes, una segunda nave más pequeña también en Paterna, para dar apoyo a la nave central en las ciudades colindantes a Valencia; una nave en Ribarroja que abarca las entregas en el norte de la provincia de Valencia y otra en Beneixida que abarca las entregas en el sur de la provincia de Valencia.

Durante el reparto diario hay paquetes que por diversas incidencias ocurridas en las naves de operaciones o durante el reparto no pueden entregarse al cliente. Esto genera reclamos de clientes, bajo rendimiento en el cumplimiento de las métricas y pérdida de mercancía; lo que ocasiona costes adicionales por el manejo de los paquetes que no se pudieron entregar. Estos costes están relacionados con las actividades de: transporte, almacenaje, manipulación y personal de atención al cliente.

Debido a que este trabajo trata sobre el efecto de las incidencias en los procesos de la empresa, solo se tomará en cuenta el almacén central o nave de operaciones en la cual se hace la recepción de todos los paquetes que llegan a las diferentes naves que sirven a la provincia de Valencia.

3.2 Descripción de la Cadena de Suministro

Las siguientes actividades forman parte del proceso de recepción de paquetes por la empresa, y su reparto a los destinatarios en su domicilio o en puntos de recogida.

3.2.1 Recepción

Los paquetes llegan a la nave de operaciones desde las diferentes franquicias regionales alrededor de España en horario nocturno desde las 10:00 pm hasta aproximadamente las 7:00 am. Los paquetes son descargados de los camiones manualmente por operarios de una compañía subcontratada, que a su vez van leyendo las etiquetas de código de barras mediante el cual se asigna el estado “recepionado” a los paquetes en la nave de operaciones y se obtiene en el sistema toda la información de los clientes a los cuales se debe realizar la entrega. Posteriormente a la lectura de las etiquetas los paquetes van siendo colocados en una cinta transportadora.

Los envíos de gran volumen o en pallets se descargan haciendo uso de carretilla y se trasladan a la zona de muelles de vehículos de carga pesada.

3.2.2 Clasificación

El proceso de clasificación se inicia una vez que los operarios leen los códigos de barras a los paquetes, seguidamente los paquetes en la cinta transportadora se desvían mediante sensores de lectura de códigos de barras a las respectivas áreas de muelles de la zona de carga donde se ubican por operarios en pallets, contenedores de plástico o jaulas; para ser identificados fácilmente por los repartidores.

Las mercancías que van a las naves secundarias se llevan a un área de muelles donde se cargan en camiones, se transportan a los diferentes almacenes, se descargan y clasifican de forma manual y se manipulan con transpaletas eléctricas o manuales a las diferentes áreas donde están estacionados los vehículos de reparto.

Los envíos de mercancías especiales de alto valor y los paquetes refrigerados se trasladan a un almacén de alto valor y un almacén frío, respectivamente, ya que los mismos se reparten a los clientes a través de servicios especializados.

Los paquetes de transbordo que llegan a Valencia, pero cuyo destino final es otra franquicia en España, se trasladan a un área dentro de la nave donde serán cargados en la noche en los camiones que se dirigen a su destino de transbordo siguiente o destino final.

3.2.3 Asignación

Los paquetes que han sido ubicados en el área de muelles se dividen entre los repartidores que comparten la misma zona de reparto. Mientras que los controladores de zona estipulan los barrios, las calles y avenidas que delimitan la ruta de reparto de cada repartidor.

Los repartidores llegan a partir de las 7:00 am, se dirigen al muelle asignado a su vehículo de reparto donde empiezan a seleccionar los paquetes correspondientes a sus rutas de los pallets o jaulas y leen las etiquetas de códigos de barras de los paquetes haciendo uso de la herramienta PDA para asignarlos a su cartera. El sistema le va indicando al repartidor cuántos paquetes han sido asignados y cuántos faltan por asignar en caso de que algún paquete todavía no haya sido transportado al área de muelles correspondiente.

Cuando el repartidor ha asignado todos los paquetes correspondientes a su cartera, organiza en la PDA la ruta de entrega de paquetes y calcula las franjas horarias estimadas para la entrega de los paquetes confirmados a reparto utilizando el programa de la empresa.

Si el repartidor detecta que a un paquete le falta alguna información en la etiqueta de documentación como la dirección o el nombre y contacto del cliente, el paquete es llevado a los controladores de zona para resolver la situación y en caso de que no se pueda gestionar de manera inmediata se envía al almacén de incidencias. Para el trabajo de estudio esta situación será representada con la variable "errores de documentación".

3.2.4 Reparto

El repartidor sale de la nave con los paquetes confirmados a reparto cargados en su vehículo y realiza el orden de ruta de reparto calculada con la PDA. Los paquetes se van liquidando de la PDA a medida que se entregan a los clientes y cambian su estado a “entregado” en el sistema. Los datos del cliente DNI (particulares) o CIF (empresas) y la firma de conformidad de entrega son registrados en la PDA.

Mediante un sistema de control se visualiza a tiempo real los paquetes que están disponibles para el reparto en la cartera de los repartidores, los entregados a los clientes finales y los paquetes que tienen incidencia de reparto. En los casos de incidencia, el repartidor lee el código de barras del paquete y le asigna un tipo de incidencia en la PDA que especifique el motivo por el cual el paquete no pudo ser entregado. Todos los paquetes con incidencias regresan a la nave de operaciones central y son enviados al almacén de incidencias.

Para el trabajo de estudio se consideran las incidencias de “ausencia del cliente” y “cambio de domicilio” como las principales incidencias que ocurren durante el reparto y que abarcan otras incidencias relacionadas.

Los repartidores también hacen entregas a diferentes puntos de recogida donde los clientes solicitan a la empresa que dejen sus paquetes para ellos pasarllos recogiendo como lo son: puntos de ventas, *pick ups* y “*lockers* automáticos”.

La empresa de paquetería cuenta con 3 puntos de ventas que son establecimientos que forman parte de la franquicia y tienen el mismo nombre de la empresa. Cuenta con 53 centros *pick ups*, que son empresas asociadas (estancos, supermercados, tiendas de electrodomésticos, floristerías) que prestan un espacio dentro de sus instalaciones para almacenar temporalmente (máximo 10 días) a clientes que soliciten recoger sus paquetes ahí. El número es aproximado ya que los representantes de ventas de la empresa buscan constantemente nuevos establecimientos para prestar este tipo de servicio.

La empresa realiza entregas en 5 “*lockers* automáticos” de empresas de comercio electrónico ubicadas en centros comerciales, gasolineras y estaciones de metro; donde los clientes recogen sus paquetes haciendo uso de un código que se le asigna cuando realiza la compra. Estos aún están en periodo de prueba y se espera que al educar a los clientes en su uso aumente el número disponible.

3.2.5 Las recogidas

Las recogidas se efectúan cuando los repartidores recogen los paquetes que los clientes de la provincia de Valencia desean enviar a diversos destinos. Existen varios tipos de recogidas: las recogidas fijas, las recogidas de referencia y ordenadas.

- Recogidas fijas: son aquellas en las que el cliente solicita un servicio que consiste en que un repartidor pase diariamente recogiendo mercancía. En este tipo de servicio el cliente tiene las etiquetas para documentar los envíos y, por lo general, son empresas.
- Recogidas de referencia: son las que el cliente a través de teléfono o web, un día antes notifica para recoger un paquete y, por lo tanto, la empresa al día siguiente imprime una etiqueta con los datos suministrados por el cliente para que el repartidor realice la recogida.
- Recogidas ordenadas: son las recogidas que surgen de los clientes durante el transcurso del día y son asignadas a los repartidores que estén más cerca. En este tipo de recogida el cliente prepara la mercancía y apunta los datos de forma manual en un albarán. Posteriormente, en la nave de operaciones los datos se digitalizan en un ordenador y se imprimen las etiquetas correspondientes para el envío.
- Devolución en punto de recogida: estas son las recogidas en las cuales el cliente realiza una compra electrónica y desea devolver la mercancía al proveedor, por lo que la devuelve en un punto de recogida; para que el paquete sea devuelto al proveedor.

Aunque las recogidas son una parte de las actividades principales de la empresa, para este trabajo de estudio no se tienen en cuenta las recogidas que se generan de clientes y desde los puntos de recogida, las primeras porque no corresponden al proceso de reparto y las segundas porque cuando el cliente no recoge el paquete después de un tiempo establecido la mercancía se regresa a nave (el tiempo de recogida varía entre 3 a 10 días) donde se gestiona un regreso a origen o en caso de que el cliente reclame el paquete, este se incluye nuevamente a reparto. Por lo tanto, no se considerarán las devoluciones como incidencias.

3.2.6 Operaciones en Almacén de Incidencias

La empresa de paquetería cuenta con un almacén principal de incidencias que dispone de aproximadamente 500 m², 7 estanterías y más de 200 ubicaciones, en el cual los repartidores al finalizar su ruta llevan diariamente los paquetes con incidencias durante el reparto y donde también los controladores llevan los paquetes que tienen incidencias en nave que le impidan salir a reparto.

Seguidamente de haber culminado la ruta, los repartidores regresan los paquetes que no pudieron entregar al almacén de incidencias, mientras que las recogidas que han hecho durante el día son entregadas y clasificadas para la salida de mercancía de la nave con destino a otras franquicias de la compañía.

Los repartidores colocan los paquetes con incidencias sobre un mostrador donde los empleados del almacén verifican en el sistema el tipo de incidencia asignada por el repartidor a cada paquete y luego son ubicados en las estanterías.

Los paquetes que no hayan salido a reparto por una incidencia de nave son trasladados en carretilla desde la nave de operaciones al almacén de incidencias y se gestionan de la misma forma que las incidencias de los repartidores, pero en este caso se verifican los tipos de incidencias asignadas por los distintos controladores de zona a cada paquete.

Los paquetes van siendo ubicados de forma aleatoria (donde haya espacio disponible en la estantería) y asignados a ubicaciones mediante la lectura del código de barras de la ubicación y del paquete.

Los paquetes duran un máximo de 10 días en el almacén de incidencias contando desde el día en que el paquete estuvo confirmado a reparto por un repartidor (aunque no fue posible su entrega) o desde el momento en que el paquete es trasladado desde la nave central de operaciones debido a una incidencia de nave.

La mercancía de gran volumen, paletizada y entregas parciales que no se pueden manejar en las estanterías del almacén principal son ubicadas en un segundo almacén que consiste en un área delimitada de 80 m² dentro la nave de operaciones en el cual se ubica este tipo de mercancía con la finalidad de su manejo y su fácil traslado a los muelles de carga.

3.2.7 Gestión de las Incidencias

Las incidencias pueden ser gestionadas por los empleados del almacén de incidencias ó por el personal de Atención al Cliente dependiendo del tipo de gestión necesaria para coordinar un nuevo reparto y solicitar datos que deben modificarse.

Entre las incidencias más comunes que se solucionan por el personal del almacén de incidencias esta la IN-23 de “primera ausencia del cliente” que son paquetes que no pueden ser entregados y deben salir a reparto al día siguiente y la J-105 que es la incidencia “RECOGERAN” cuando el cliente se comunica con la empresa para que su paquete se deje en un punto de venta o en un centro *pickup*, en este caso se imprime una nueva pegatina de código de barras con los datos de la dirección de recogida.

Cuando el repartidor no puede entregar el paquete porque el cliente ha cambiado de dirección se coloca una incidencia de “cambio de domicilio”, a continuación se registra

la nueva dirección suministrada por el cliente vía telefónica al repartidor durante su ruta o suministrada por el cliente al personal de atención al cliente y se imprime una pegatina con los nuevos datos y código de barras para entregar al día siguiente.

En los casos que llega por error un paquete perteneciente a otra franquicia se identifica, se le coloca una cinta adhesiva identificativa “regularizado”, se imprime una nueva etiqueta con los datos de destino correcto y se escriben los apuntes en el sistema común de todas las franquicias para que exista un registro del estado actual del paquete.

De forma similar, los paquetes enviados por error a una nave secundaria debido a que fueron asignados por error a la ruta de un repartidor, el cual se percata del error y se lo comunica a su controlador de zona para que sean llevados al almacén de incidencia donde se le asigna al repartidor correspondiente y se coloca en la jaula de los paquetes que serán trasladado a la nave central para salir a reparto al día siguiente.

Los paquetes que presentan daño en la pegatina con los datos del remitente y destinatario, que imposibilite su entrega, son inspeccionados para buscar las facturas comerciales o la documentación que permita identificar al remitente o destinatario. Una vez identificado se imprime una nueva etiqueta con los datos y se coloca en las jaulas para ser llevados a reparto al día siguiente o enviados a otra franquicia. En caso de que no sea posible obtener la información del paquete, este se envía al almacén regulador ubicado en Madrid donde se encargan de darle solución a estas expediciones reclamadas posteriormente por los clientes.

Los paquetes con remitente internacional que vencen el lapso de tiempo correspondiente del almacén de incidencia son enviados a los almacenes de mercancía internacional en Madrid (aéreo) y en Barcelona (carretera y marítimo).

El coste de los retornos por incidencias y devoluciones de los centros de recogidas por plazo cumplido incluye la manipulación de las mercancías en los almacenes, el transporte doméstico del paquete por el repartidor y el transporte de arrastre hacia el remitente del paquete cuyo coste se calcula por kilogramo de mercancía en los camiones que prestan servicios a las franquicias.

En este trabajo se realizará una simulación de la logística inversa de los retornos a la empresa de paquetería a su almacén de incidencias y su posterior gestión para solucionar su estado.

4 MODELO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

4.1 Objetivos de la Simulación

El objetivo de la simulación es analizar el comportamiento en diferentes escenarios de la cadena de suministro de una empresa de paquetería que pertenece a una red nacional de distintas franquicias regionales, cuyas actividades principales son la recepción, clasificación, asignación y reparto de paquetes a domicilio o puntos de recogida.

La empresa se compromete a que todos los paquetes que lleguen a la nave de operaciones diariamente deben salir a reparto y ser entregados a los clientes en el tiempo acordado, para ello, exige a sus repartidores una productividad mínima de reparto diario de paquetes. El número de repartidores varía a lo largo del año y se ve afectado por la duración de las campañas y el tiempo de formación de los repartidores.

A partir de la situación actual se plantean los diferentes escenarios cuyos parámetros pueden ser incrementados o disminuidos con cierta flexibilidad por la empresa para luego ser comparados para evaluar su influencia en los costes de operación.

Los variables de control que se utilizaron para el análisis comparativo de escenarios son (Tabla 3):

Tabla 3: Parámetros de la simulación

Notación	Descripción	Unidades
NIR	Número inicial de repartidores: La empresa de paquetería cuenta con repartidores contratados fijos y transportistas autónomos fijos y temporales al inicio de la simulación.	Repartidores
P	Productividad: Es la cantidad esperada de paquetes que debe entregar un repartidor en un día de trabajo para cumplir los objetivos de reparto de la empresa.	Paquetes/repartidores/día
TDC	Tiempo de duración de campaña: Tiempo que transcurre entre el inicio y finalización de las distintas campañas planificadas por la empresa para hacer frente a la demanda del mercado.	Día
TF	Tiempo de formación: Tiempo necesario para la formación de nuevos repartidores.	Día

La empresa planifica el número de repartidores dependiendo de la duración de las campañas y el volumen de paquetes que llegan diariamente a la nave de operaciones, por lo cual puede reducir o aumentar las necesidades diarias de repartidores.

El volumen de paquetes que llega a la nave se clasifica y divide por zonas de reparto, cada empresa subcontratada exige una productividad esperada dependiendo del volumen de paquetes asignado a la zona. Los controladores de zona supervisan que la carga de trabajo se reparta equitativamente entre los repartidores a su cargo. Por lo cual la productividad esperada de reparto puede variar dependiendo del número de repartidores y el volumen de paquetes que llega a la nave.

Las campañas se planifican mediante las previsiones de volumen de paquetes esperado por temporada y épocas del año como las navidades y el verano. La duración de la campaña determina el tiempo de contrato de repartidores temporales y la adquisición de recursos de trabajo, por lo cual la empresa puede aumentar o disminuir su duración para hacer frente a la demanda.

La empresa contrata nuevos repartidores para cada campaña que deben tomar los cursos de formación. El proceso suele demorarse por no coincidir los procesos de contratación e integración de los nuevos repartidores a la plantilla.

En la Tabla 4 se presentan los parámetros escogidos y sus valores correspondientes en el momento de la elaboración de este trabajo.

Tabla 4: Situación actual

	Repartidores	Productividad	Duración de la campaña	Tiempo de formación
Situación actual	120	70	90 días	14 días

A partir de los datos de la situación actual de la empresa se sugieren en la Tabla 5 los siguientes escenarios del número de repartidores con que debe contar la empresa para cada campaña y la productividad esperada que la empresa debe proponer para cumplir con las entregas diarias a los clientes.

Por otro lado, se proponen diferentes escenarios para la duración de las campañas y el tiempo de formación, siendo importante para los departamentos de operaciones y recursos humanos planificar la contratación de repartidores para las diferentes campañas anuales, que deben ser entrenados en el uso de las herramientas de trabajo y en las políticas de la empresa.

Tabla 5: Parámetros de los escenarios de simulación

	Repartidores	Productividad	Duración de campaña	Tiempo de formación
Escenario 1	150	70	90	14
Escenario 2	120	80	90	14
Escenario 3	120	70	60	14
Escenario 4	120	70	90	7
Escenario 5	120	60	90	14
Escenario 6	100	70	90	14
Escenario 7	150	80	90	14
Escenario 8	150	60	90	14
Escenario 9	100	80	90	14
Escenario 10	150	70	60	14
Escenario 11	150	70	90	7
Escenario 12	120	80	60	14
Escenario 13	120	60	60	14
Escenario 14	120	80	90	7
Escenario 15	120	60	90	7
Escenario 16	120	70	60	7

Los parámetros de productividad y repartidores varían dependiendo de las campañas y son valores que van cambiando a lo largo del año dependiendo de las necesidades de la empresa. Mientras que el tiempo de duración de campaña depende de políticas de contratación de la empresa y el tiempo de formación dependerá de la disponibilidad del personal calificado para el entrenamiento y las oficinas utilizadas para dar los cursos de formación.

4.2 Modelo de simulación

En el sector de la paquetería existen muchos factores que influyen en los costes operativos como la cantidad de vehículos utilizados, el costo de combustible, los kilómetros recorridos y el volumen de reparto. Con el modelo a construir se quieren conocer los costes que se suman debido a las actividades de logística inversa, por lo que se incluirán las variables basadas en los históricos de incidencias de paquetes que no pueden ser entregados en el primer intento y que van acumulando costes añadidos hasta el momento de su entrega.

Con la finalidad de diseñar un modelo de dinámica de sistema para estimar los costes operativos de la empresa de paquetería se siguió la siguiente metodología: 1) Crear un diagrama causal que contemple las influencias del sistema y sus relaciones; 2) crear un diagrama de flujo del proceso a simular a partir del diagrama causal propuesto; 3) escribir las ecuaciones propuestas y asignar valores iniciales a los parámetros; y 4) simular el modelo de dinámica de sistemas para validar y evaluar los diferentes escenarios propuestos.

Con el programa VENSIM se elaborará un modelo de simulación basado en la dinámica de sistemas para reproducir el comportamiento de la cadena de suministro en diferentes escenarios propuestos en los que se varían los parámetros de productividad, número de repartidores, tiempo de duración de la campaña y tiempo de formación de los repartidores.

4.2.1 Diagrama Causal

La Figura 4 muestra el diagrama causal desarrollado para representar el caso de estudio abordado. Las flechas con signos positivos representan una relación directamente proporcional, mientras que aquellas con signos negativos representan una relación inversamente proporcional.

Como muestra el diagrama causal el número de paquetes que se manipulan en la nave de operaciones aumenta a medida que aumentan las llegadas y los paquetes (con incidencias) que regresan a nave para reparto. El número de paquetes que salen de nave aumentan el número de paquetes disponible a reparto, mientras que, a medida que las incidencias de nave aumentan, se disminuyen los paquetes disponibles para reparto.

El aumento del número inicial de repartidores disminuye la entrada de nuevos repartidores. Los paquetes en reparto y la plantilla deseada tienen una relación positiva; que a su vez aumenta la contratación de repartidores. El tiempo de formación y el número de repartidores tienen una relación negativa con la contratación. De forma similar, existe una relación negativa entre el tiempo de duración de campaña y los despidos.

La productividad tiene una relación negativa con la plantilla deseada y una relación positiva con el número de paquetes en reparto. Los paquetes en reparto tienen una relación positiva con los repartos a domicilio y en puntos de recogida, y estos a su vez aumentan las entregas realizadas. El número de *lockers* automáticos, puntos *pick-ups* y puntos de ventas disponibles tienen una relación positiva con los puntos de recogida.

La productividad real tiene relación negativa con la diferencia de productividad y las mejoras de disminución de incidencias con el total de incidencias.

Las incidencias de nave y de reparto tienen relación positiva con el total de incidencias. Los errores de documentación aumentan las incidencias de nave, mientras que la ausencia del cliente y cambio de domicilio aumentan las incidencias de reparto.

Los paquetes con incidencias tienen una relación positiva con el almacén de incidencias y el número de paquetes que hay en éste con las salidas. El aumento de las incidencias gestionadas disminuye los regresos a origen y aumentan los paquetes que regresan a nave, que a su vez tienen una relación positiva con los paquetes que se manipulan en la nave de operaciones.

Las entregas realizadas y el coste de reparto por paquete tienen relación positiva con el coste total de reparto. Los costes de manipulación aumentan a medida que aumenta el coste de manipulación por paquete y el número de paquetes que se manipulan en el almacén de incidencias, la nave de operaciones y los puntos de ventas. Los costes de gestión ATC aumentan si aumentan los costes de gestión por paquete y el número de incidencias gestionadas. El coste de arrastre por paquete y el número de paquetes que regresan a origen tienen una relación positiva con el coste total de regreso a origen.

Finamente, al aumentar los costes de reparto, la manipulación, la gestión ATC y de regreso a origen se incrementa el coste total de operación.

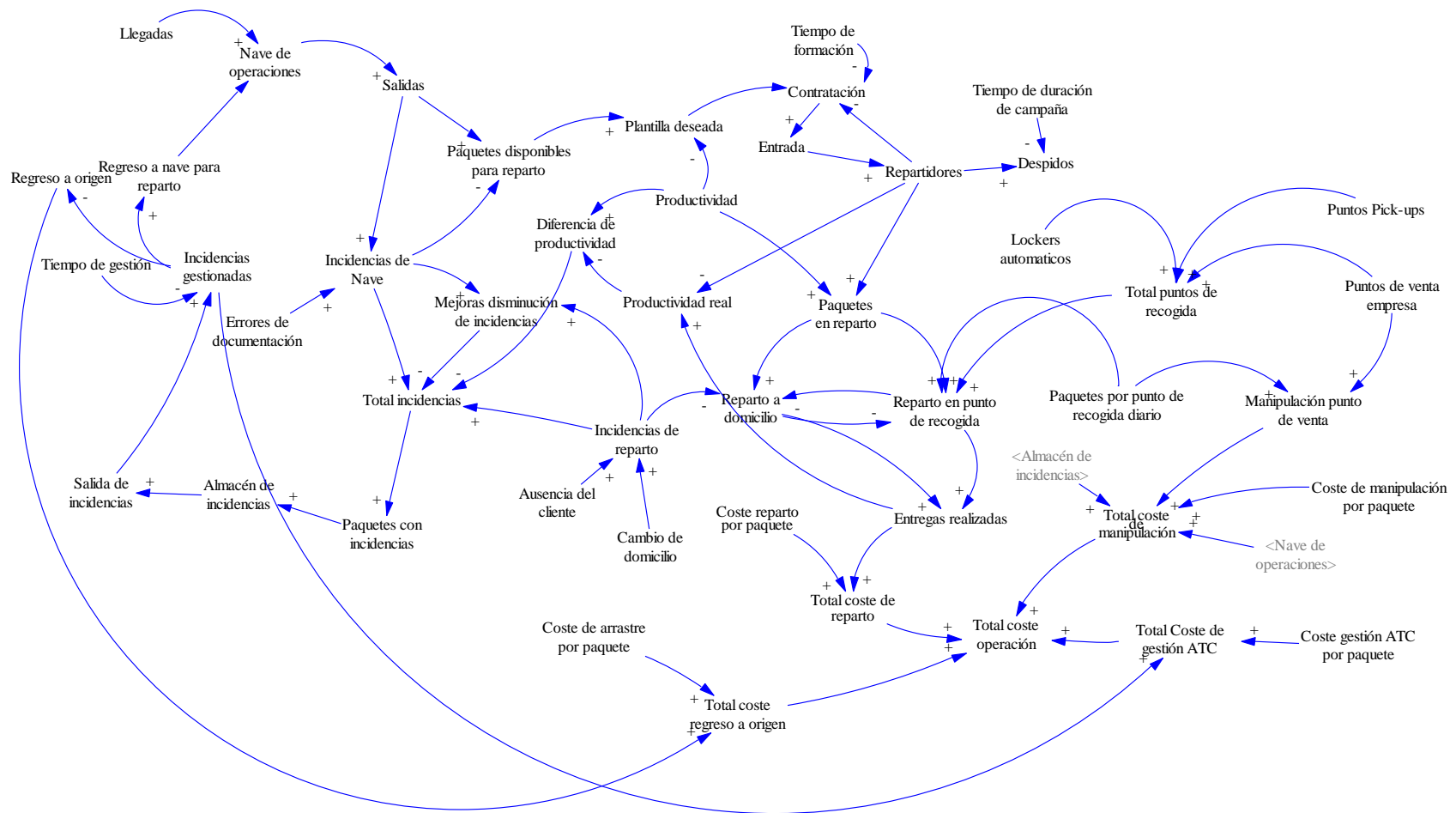


Figura 4: Diagrama causal de cadena de suministro de empresa de paquetería

4.2.2 Diagrama de Flujo

El modelo de simulación se inicia con un flujo llegadas de paquetes a la nave de operaciones, en donde los paquetes se manipulan y se despachan para estar disponibles a reparto o son descartados por tener incidencia en nave.

El número de paquetes disponibles a reparto determina el tamaño de la plantilla deseada y por lo tanto, el número de repartidores de la empresa regulados por las entradas y salidas. Esto último dependerá del tiempo de formación y la duración de las campañas de reparto.

El número de repartidores y la productividad esperada por repartidor estipula la cantidad diaria de paquetes en reparto, y estos se dividen en reparto a domicilio o en puntos de recogidas. Los paquetes pueden ser entregados eficazmente al cliente o pueden tener una incidencia de reparto. Los paquetes en reparto que no pueden ser entregados por incidencias, se suman con los paquetes que no pueden salir a reparto por incidencia de nave, y se envían al almacén de incidencias donde posteriormente son gestionados por personal de atención al cliente, para que regresen a nave al día siguiente para reparto o que regresen a su origen.

El modelo calcula los costes operativos diarios del sistema tomando en cuenta las entregas realizadas, los paquetes manipulados en la nave de operaciones, puntos de ventas y almacén de incidencias (incluyendo su gestión) y los paquetes que regresan a origen. Para finalmente sumar todos los costes y obtener un coste total de las operaciones diarias. En la sección 4.4 se muestran las ecuaciones que detallan al modelo de forma más amplia.

A continuación se presenta el diagrama de flujo generado para simular el caso de estudio abordado.

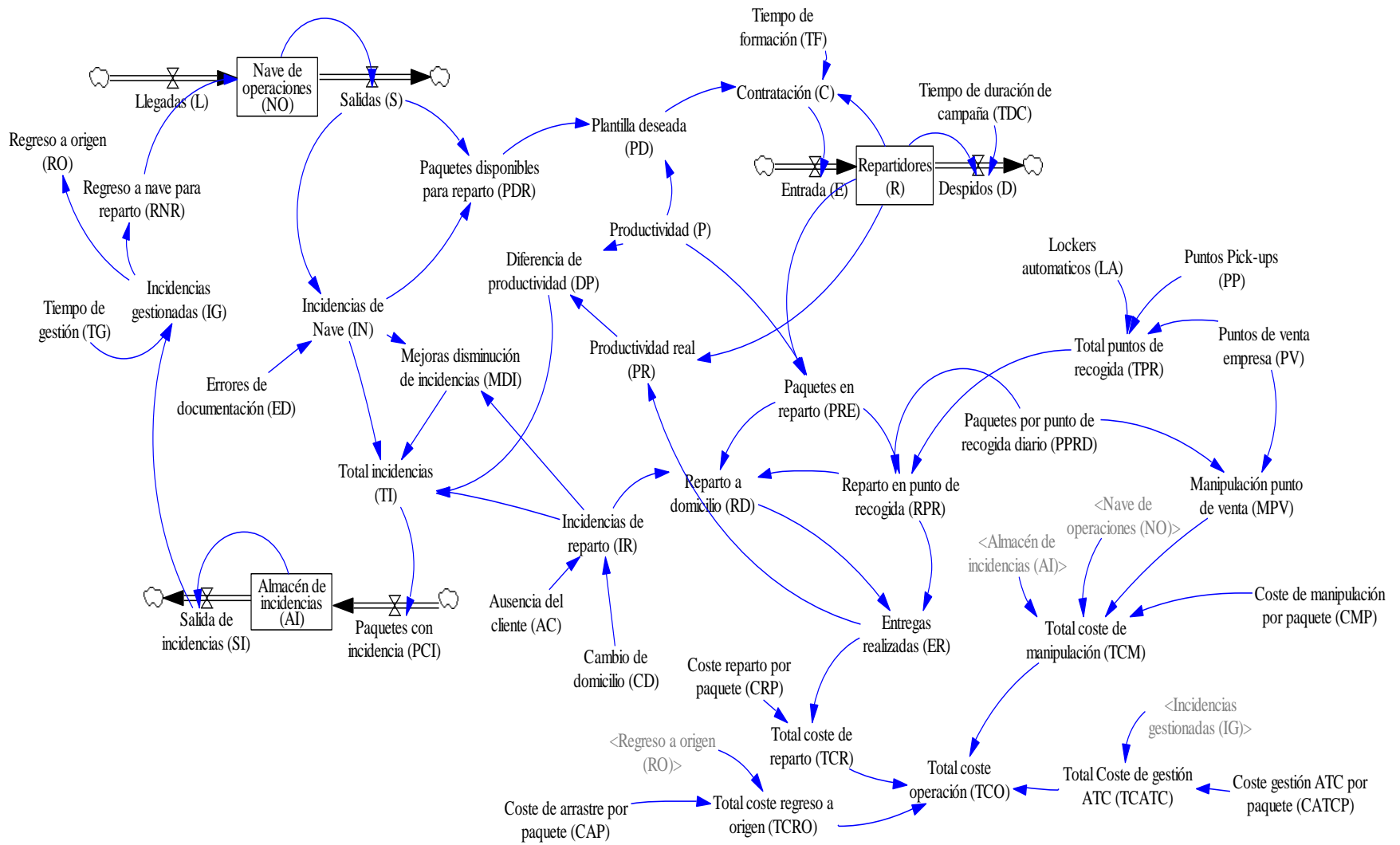


Figura 5: Diagrama de flujo de cadena de suministro empresa de paquetería

4.3 Descripción de las variables

4.3.1 Variables de nivel

Según Forrester (1961), “Los niveles son las acumulaciones dentro del sistema; entiendo por estas a los inventarios, las mercaderías en tránsito, los saldos bancarios, el espacio de la fábrica y la cantidad de empleados. Se trata de los valores actuales de las variables que resultan de la diferencia acumulada entre los flujos de entrada y salida”. La Tabla 6 describe las variables de nivel consideradas.

Tabla 6: Variables de nivel

Notación	Descripción	Unidades
AI	<i>Almacén de incidencias:</i> Lugar donde se almacena los paquetes que tienen alguna incidencia desde el momento que se realiza la recepción hasta que salgan a reparto nuevamente o se gestione su regreso a origen.	Paquetes
NO	<i>Nave de operaciones:</i> Lugar donde se realiza la recepción, clasificación y asignación de los paquetes que salen a reparto.	Paquetes
R	<i>Repartidores:</i> Cantidad de repartidores con que cuenta la empresa para realizar el reparto de los paquetes que llegan a la nave.	Repartidores

4.3.2 Variables de flujo

Las variables de flujo según Forrester (1961) son “las tasas que definen los flujos presentes, instantáneos, entre los niveles del sistema. Las tasas corresponden a la actividad, mientras que los niveles miden el estado resultante al cual la actividad ha llevado al sistema”. La Tabla 7 presenta las variables de flujo consideradas.

Tabla 7: Variables de flujo

Notación	Descripción	Unidades
D	<i>Despidos:</i> Son los repartidores que salen de la empresa y está influenciado por el tiempo de duración de la campaña.	Repartidores/día.
E	<i>Entrada:</i> Son los repartidores que entran a la empresa que han pasado por un proceso de contratación.	Repartidores/día.
L	<i>Llegadas:</i> Son paquetes que llegan que a la nave de operaciones desde las 10 p.m. del día anterior, que provienen de clientes nacionales e internacionales. El volumen de llegada de paquetes que se recibe cada día varía de manera aleatoria.	Paquetes/día
PCI	<i>Paquetes con incidencias:</i> Es el total de paquetes que no pueden ser entregados a los	Paquetes/día

	clientes por alguna incidencia de nave o incidencia de reparto.	
S	<i>Salidas:</i> Son paquetes que van siendo despachados de la nave de operaciones debido a que han sido asignados por un repartidor a su ruta de reparto o porque no pueden salir a reparto y son enviados al almacén de incidencias	Paquetes/día
SI	<i>Salida de incidencias:</i> Son los paquetes que van siendo despachados del almacén de incidencias.	Paquetes/día

4.3.3 Variables auxiliares

Según Forrester (1961), “las variables auxiliares son conceptos que se han subdividido de las funciones de decisión porque tienen significado independiente. Se encuentran en los canales de flujo de información que controlan las tasas”. La Tabla 8 describe las variables auxiliares contempladas.

Tabla 8: Variables auxiliares

Notación	Descripción	Unidades
AC	<i>Ausencia del cliente:</i> Son los paquetes que no pueden entregarse por motivo de ausencia del cliente en el domicilio especificado.	Paquetes/día
CD	<i>Cambio de domicilio:</i> Son los paquetes a clientes recurrentes que no pueden entregarse por motivo de cambio de domicilio no documentado en el sistema.	Paquetes/día
C	<i>Contratación:</i> Es la plantilla deseada menos la cantidad de trabajadores que actualmente están en la empresa dividido entre el tiempo de formación.	Repartidores/día
CAP	<i>Coste de arrastre por paquete:</i> Coste que se incurre para transportar los paquetes cuyo reparto no ha sido posible gestionar luego de una incidencia, por lo cual deben volver a su origen.	Euros/paquetes
CMP	<i>Coste de manipulación por paquete:</i> Tarifa de manipulación por paquete estipulada entre la empresa de paquetería y la empresa que presta servicios de gestión de almacén.	Euros/paquetes

CATCP	<i>Coste gestión ATC por paquete:</i> Coste estimado de la gestión de Atención al Cliente para coordinar un nuevo reparto a los paquetes con incidencia.	Euros/paquetes
CRP	<i>Coste reparto por paquete:</i> Tarifa de reparto por paquete estipulada entre la empresa de paquetería y las compañías que prestan el servicio transporte.	Euros/paquetes
DP	<i>Diferencia de productividad:</i> Es la diferencia que existe entre la productividad esperada y la productividad real.	Paquetes/repartidores/día
ER	<i>Entregas realizadas:</i> Es el total de paquetes entregados a domicilio y punto recogida menos las incidencias de reparto.	Paquetes/día.
ED	<i>Errores de documentación:</i> Son los paquetes que no salen a reparto debido a que existe algún error en la dirección, nombre de cliente u otro dato que imposibilite la identificación del lugar de entrega o el cliente.	Paquetes/día.
IN	<i>Incidencias de nave:</i> Son paquetes con incidencias que se identifican en la nave de operaciones antes que salir a reparto y que son enviados al almacén de incidencias. Es la diferencia entre salidas de nave de operaciones y las salidas menos los errores de documentación.	Paquetes/día.
IR	<i>Incidencias de reparto:</i> Son los paquetes que están en ruta de reparto pero que por motivo de alguna incidencia no pueden ser entregados al cliente. Es la suma de las incidencias de ausencia del cliente y cambio de domicilio.	Paquetes/día.
IG	<i>Incidencias gestionadas:</i> Son paquetes que salen del almacén de incidencias a los cuales se ha gestionado una solución para regresar a la nave de operaciones y salir a reparto. Es el total de paquetes que salen del almacén de incidencias entre el tiempo de gestión.	Paquetes

LA	<i>Lockers automaticos:</i> Punto de recogida que consiste en un casillero automático que se abre con un código provisto por el proveedor del paquete, comúnmente de comercio electrónico.	Punto de recogida
MPV	<i>Manipulación de punto de venta:</i> Son paquetes entregados en los puntos de ventas que añaden costes de manipulación a la empresa.	Paquetes/día.
MDI	<i>Mejoras disminución de incidencias:</i> Es la sumatoria de las incidencias de reparto y las incidencias de nave multiplicado por 20% de disminución de incidencias cada vez que existe una diferencia mayor de 4 entre la productividad esperada y la productividad real.	Paquetes/día.
PDR	<i>Paquetes disponibles para reparto:</i> Son paquetes que están disponibles para ser cargados en los vehículos de reparto y ser entregados a los clientes de la empresa.	Paquetes/día
PRE	<i>Paquetes en reparto:</i> Son paquetes que están en ruta de reparto y su cantidad depende del nivel de repartidores disponibles por la productividad por repartidor esperada por la empresa.	Paquetes/día
PPRD	<i>Paquetes por punto de recogida diario:</i> Máximo de paquetes que pueden estar almacenados simultáneamente en un punto de recogida para ser recogido por los clientes.	Paquetes/punto de recogida/ día
PD	<i>Plantilla deseada:</i> Es la cantidad de repartidores que necesita la empresa para entregar los paquetes que salen a reparto se obtiene de dividir el total de paquetes a reparto entre la productividad por repartidor esperada por la empresa.	Repartidores
PR	<i>Productividad real :</i> Es la productividad real obtenida de la división de las entregas realizadas entre el número de repartidores.	Paquetes/repartidores/día
PV	<i>Puntos de venta empresa:</i> Punto de recogida que forman parte de la franquicia de la empresa paquetería, tienen el mismo nombre y consisten en locales comerciales	Punto de recogida

	que sirven de almacenaje temporal de paquetes hasta que son recogidos por los clientes.	
PP	<i>Puntos pick-ups</i> : Punto de recogida que consiste en un negocio (ejemplo: farmacias; estancos; librerías, entre otros) asociado a la empresa de paquetería que presta un espacio en sus instalaciones para el almacenaje temporal de paquetes hasta que son recogidos por los clientes.	Punto de recogida
RNR	<i>Regreso a nave para reparto</i> : Paquetes del almacén de incidencias que han sido gestionados por el personal de servicio al cliente para su regreso a la nave de operaciones y su inclusión en ruta de reparto para la entrega al cliente.	Paquetes
RO	<i>Regreso a origen</i> : Paquetes con incidencias que son regresados a origen debido a que no ha sido posible buscar una solución durante el tiempo de gestión permitido de 10 días o por decisión del cliente.	Paquetes.
RD	<i>Reparto a domicilio</i> : Son paquetes que se entregan a los clientes a domicilio. Es el total de paquetes que están reparto menos los paquetes que son entregados en puntos de recogida.	Paquetes/día
RPR	<i>Reparto en punto de recogida</i> : Son los paquetes que son entregados en los puntos de recogida. Es la diferencia entre el total de paquetes en reparto y el total de paquetes en reparto menos la capacidad estimada de los puntos de recogida (paquetes por punto de recogida por el número total de puntos de recogida).	Paquetes/día.
TG	<i>Tiempo de gestión</i> : Período máximo de 10 días estipulado por políticas de la empresa para buscar una solución a los paquetes en el almacén de incidencias.	Día
TCATC	<i>Total coste de gestión ATC</i> : Coste que se incurre por la gestión de coordinar con el	Euros/día

	cliente una nueva entrega o en darle solución a una incidencia.	
TCM	<i>Total coste de manipulación:</i> Coste que se incurre por la manipulación de los paquetes en la nave de operaciones y en el almacén de incidencias.	Euros/día
TCR	<i>Total coste de reparto:</i> Coste que se incurre por el transporte de los paquetes en los vehículos de reparto.	Euros/día
TCO	<i>Total coste operación:</i> Coste total relacionado a la manipulación, almacenaje, gestión y transporte de paquetes entregados dentro o fuera de la fecha estipulada.	Euros/día
TCRO	<i>Total coste regreso a origen:</i> que se incurre por los paquetes devueltos a origen que no pudieron ser entregados a los clientes.	Euros/día
TI	<i>Total incidencias:</i> Es la sumatoria de las incidencias de reparto y las incidencias de nave. En el caso que la diferencia de productividad y productividad real sea mayor que 4, entonces se disminuye en un 20% las incidencias.	Paquetes/día
TPR	<i>Total puntos de recogida:</i> Cantidad total de puntos de recogida disponible por la empresa para la entrega de paquetes.	Punto de recogida

4.4 Descripción de ecuaciones

A continuación se muestran algunas de las ecuaciones más importantes que determinan el comportamiento de modelo. La (t) denota el período de tiempo de la simulación en el horizonte de 365 días.

Llegadas (L): Llegada de paquetes a la nave de operaciones con distribución uniforme.

$$L(t) = \text{RANDOM UNIFORM}(min, max, seed) \quad (1)$$

Nave de operaciones (NO): donde se manipulan todos los paquetes que llegan diariamente a la empresa y los paquetes procedentes del almacén de incidencia que tienen que salir a reparto nuevamente.

$$NO(t) = L(t) + RNR(t) - S(t) \quad (2)$$

Plantilla deseada (PD): se determina mediante los paquetes disponibles a reparto entre la productividad esperada por repartidor.

$$PD(t) = \frac{PDR(t)}{P} \quad (3)$$

La contratación (C): es la diferencia de la plantilla deseada y número de repartidores entre el tiempo de formación.

$$C(t) = \frac{PD(t)-R(t)}{TF} \quad (4)$$

Paquetes en reparto (PRE): depende de la productividad esperada por el número de repartidores.

$$PRE(t) = P(t) \times R(t) \quad (5)$$

Entregas realizadas (ER): es la suma de los paquetes en reparto a domicilio y los repartos en puntos de recogida.

$$ER(t) = RD(t) + RPR(t) \quad (6)$$

Mejoras de disminución de incidencias (MDI) es la disminución de un 20% de la suma de las incidencias de nave y de reparto en los períodos que la diferencia de productividad mayor que 4.

$$MDI = (IN + IR) \times 0.20 \quad (7)$$

Productividad real: productividad diaria real que se determina mediante las entregas realizadas divididos entre el número de repartidores.

$$PR(t) = \frac{ER(t)}{R(t)} \quad (8)$$

Diferencia de productividad: diferencia entre la productividad esperada (parámetro inicial en la simulación) y la productividad real.

$$DP(t) = P(t) - PR(t) \quad (9)$$

Total incidencias: Número total de incidencias diarias.

$$TI(t) = \begin{cases} \text{if } DP > 4, \text{ then } IN(t) + IR(t) - MDI(t) \\ \text{else, } IN(t) + IR(t) \end{cases} \quad (10)$$

Incidencias gestionadas (IG): son las salidas del almacén de incidencias entre el tiempo de gestión.

$$IG(t) = \frac{SI(t)}{TG} \quad (11)$$

Total coste de reparto (TCR): es el producto de las entregas realizadas y el coste de reparto por paquete (0.30 euros).

$$TCR(t) = ER(t) \times CRP \quad (12)$$

Paquetes por punto de recogida diario PPRD: distribución normal de la llegada aleatoria de paquetes a los puntos de venta.

$$PPRD(t) = RANDOM\ NORMAL(min, max, mean, stdev, seed) \quad (13)$$

Manipulación punto de venta: paquetes manipulados diariamente en los puntos de venta.

$$MPV(t) = PPRD(t) \times PV \quad (14)$$

Total coste de manipulación (TCM): es el producto de la suma de los paquetes manipulados en los puntos de ventas, la nave de operación y el almacén de incidencias multiplicado por el coste de manipulación por paquete (0.05 euros).

$$TCM(t) = (AI(t) + NO(t) + MPV(t)) * CMP \quad (15)$$

Total coste de gestión de atención a cliente (TCATC): es el producto de las incidencias gestionadas y el coste de gestión por paquete (0.15 euros).

$$TCATC(t) = IG(t) \times CATCP \quad (16)$$

Total coste de regreso a origen (TCRO): es el producto de los paquetes que regresan a origen por coste de arrastre por paquete (1.5 euros).

$$TCRO(t) = RO(t) \times CAP \quad (17)$$

Total coste de operación (TCO): es la suma de los costes totales de: reparto, manipulación, gestión de atención al cliente y regreso a origen.

$$TCO(t) = TCR(t) + TCM(t) + TCATC(t) + TCRO(t) \quad (18)$$

Adicionalmente, en el punto 8.1 de los anexos se incluye el detalle de las ecuaciones del modelo de simulación.

5 RESULTADOS Y SU EVALUACIÓN

5.1 Simulación de los Escenarios Planteados

Según Forrester (1961), si un modelo debe indicar el efecto de los cambios del sistema real, tiene que existir una correspondencia entre los parámetros y la estructura que han de modificarse en el modelo y los parámetros y la estructura reales del sistema. Un nuevo diseño del modelo propuesto debe ser significativo en función a los cambios que pueden lograrse en el sistema real. Los mecanismos del modelo deben representar los mecanismos de la realidad.

A continuación, los resultados de la simulación en la que se reproduce el comportamiento del sistema tomando los parámetros actuales de la empresa de paquetería se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Reproducción del comportamiento actual del sistema

	Repartidores	Productividad	Duración de campaña	Tiempo de formación	Coste prom. diario reparto	Coste prom. diario manipulación	Coste prom. diario gestión ATC	Coste prom. diario regreso a origen	Coste prom. diario total
Actual	120	70	90	14	2,563.73 €	565.41 €	23.13 €	11.56 €	3,163.83 €

En la Figura 6 se muestra la proporción de los costes diarios actuales.

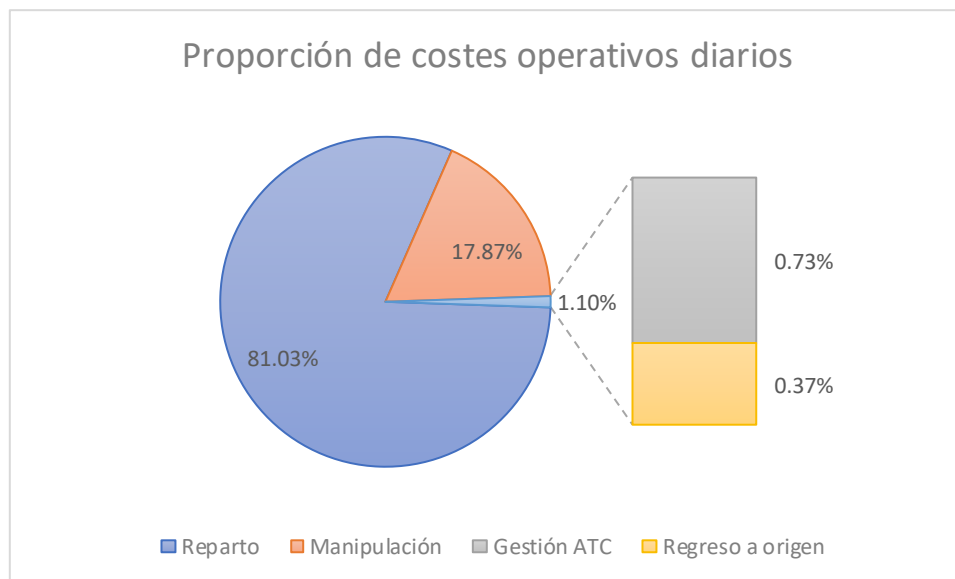


Figura 6: Proporción de costes operativos diarios actuales

A diferencia del estado actual, los diferentes escenarios están afectados por la variable “Mejora de disminución de incidencias” que disminuye en 20% las incidencias si la diferencia de productividad es mayor de 4, con la finalidad de evaluar cómo influyen las incidencias en los costes operativos de la empresa.

Tabla 10: Reproducción del comportamiento del sistema con los distintos escenarios durante un horizonte de 365 días

	Repartidores	Productividad	Duración de campaña	Tiempo de formación	Coste prom. diario reparto	Coste prom. diario manipulación	Coste prom. diario gestión ATC	Coste prom. diario regreso a origen	Coste prom. diario total
Escenario 1	150	70	90	14	2,587.49 €	560.32 €	20.10 €	10.05 €	3,177.96 €
Escenario 2	120	80	90	14	2,571.98 €	558.76 €	19.13 €	9.57 €	3,159.44 €
Escenario 3	120	70	60	14	2,392.64 €	559.38 €	19.53 €	9.76 €	2,981.31 €
Escenario 4	120	70	90	7	2,755.77 €	561.29 €	20.65 €	10.32 €	3,348.04 €
Escenario 5	120	60	90	14	2,550.47 €	562.49 €	21.42 €	10.71 €	3,145.09 €
Escenario 6	100	70	90	14	2,538.49 €	560.12 €	19.95 €	9.98 €	3,128.54 €
Escenario 7	150	80	90	14	2,599.39 €	558.82 €	19.16 €	9.58 €	3,186.95 €
Escenario 8	150	60	90	14	2,570.44 €	562.58 €	21.46 €	10.73 €	3,165.20 €
Escenario 9	100	80	90	14	2,545.95 €	558.74 €	19.12 €	9.56 €	3,133.37 €
Escenario 10	150	70	60	14	2,416.22 €	559.45 €	19.55 €	9.78 €	3,005.00 €
Escenario 11	150	70	90	7	2,767.94 €	561.33 €	20.66 €	10.33 €	3,360.26 €
Escenario 12	120	80	60	14	2,402.27 €	558.45 €	18.97 €	9.49 €	2,989.19 €
Escenario 13	120	60	60	14	2,380.31 €	561.63 €	20.89 €	10.45 €	2,973.28 €
Escenario 14	120	80	90	7	2,763.39 €	559.44 €	19.54 €	9.77 €	3,352.14 €
Escenario 15	120	60	90	7	2,754.18 €	563.38 €	21.85 €	10.92 €	3,350.32 €
Escenario 16	120	70	60	7	2,654.56 €	560.70 €	20.30 €	10.15 €	3,245.71 €

En la Tabla 10 se pueden observar los resultados para la simulación en la cual se muestran los costes promedios de las operaciones durante un horizonte temporal de 365 días. Los costes se muestran con una escala cromática de colores siendo los de color rojo los más bajos y los de color verde los más altos. A continuación, se realizará un análisis de los escenarios 13, 3, 12 y 10 cuyos costes son los más bajos entre todos los escenarios analizados.

5.1.1 Escenario 13

(Número de repartidores = 120; Productividad = 60 paquetes, Duración de la campaña = 60 días, Tiempo de formación = 14 días)

La Figura 7 muestra los costes operativos, la línea azul representa los costes de reparto con un promedio diario de 2,380 euros. La línea roja representa los costes de manipulación con un promedio diario de 562 euros. La línea verde representa los costes de gestión ATC con un promedio de 21 euros, con un máximo de 89 euros. La línea gris representa los costes de regreso a origen con un promedio de 10 euros, con un máximo de 44 euros.



Figura 7: Costes operativos diarios escenario 13

Las incidencias son tomadas de datos históricos de la empresa, el promedio diario es de 571 incidencias, con un máximo de 819 incidencias (Figura 8).

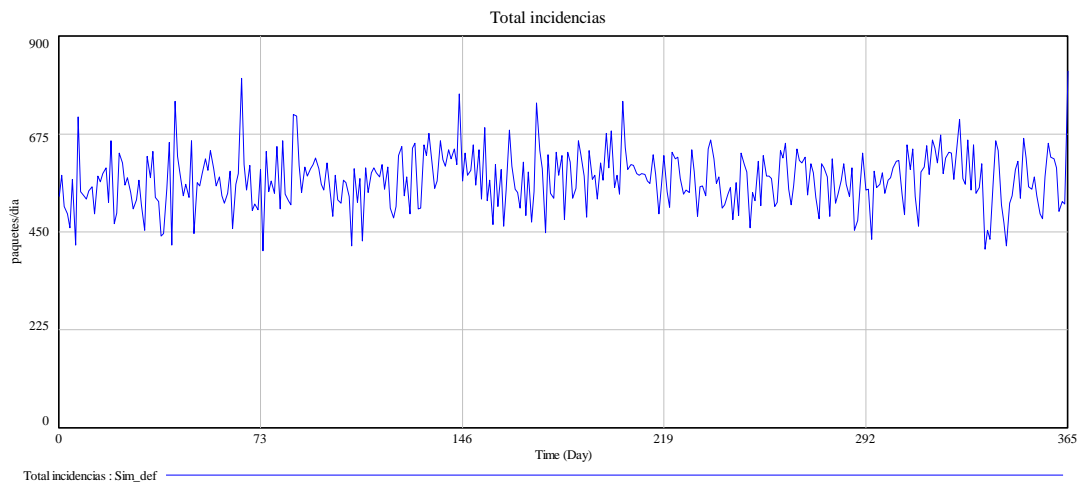


Figura 8: Incidencias escenario 13

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de la variable “diferencia de productividad”, si el valor es mayor que 4 afecta al sistema disminuyendo en un 20% las incidencias diarias de nave y de reparto.

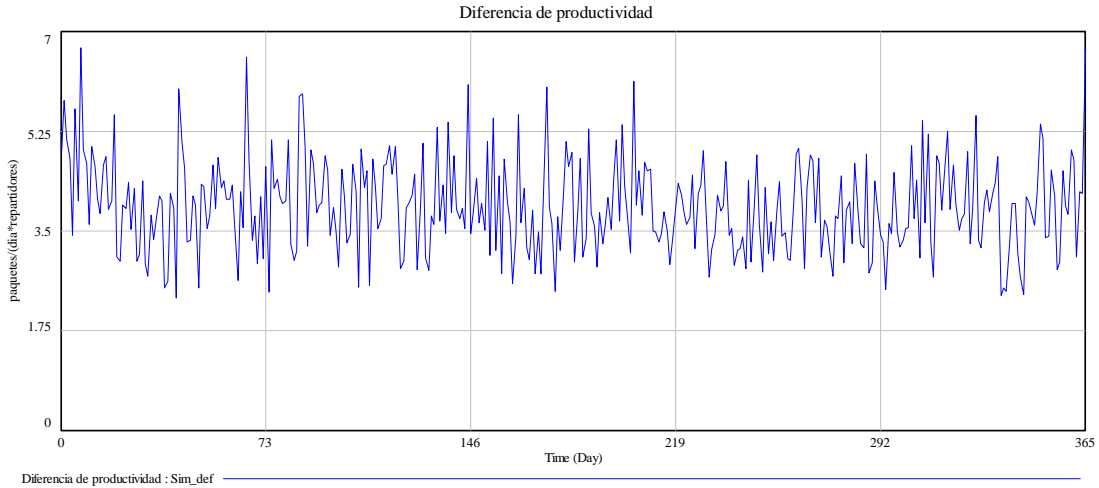


Figura 9: Diferencia de productividad escenario 13

La Figura 10 muestra las entregas realizadas en un año. Se puede observar un incremento en el número de entregas al comienzo, debido al aumento del número de repartidores. Eventualmente se igualan las entradas y salidas de repartidores en la plantilla y se obtienen condiciones estables. La variación es debida a la aleatoriedad en el número de entregas diarias. Esta fue la cuarta alternativa con un mayor número de entregas realizadas diarias con un promedio de 7,934 entregas.

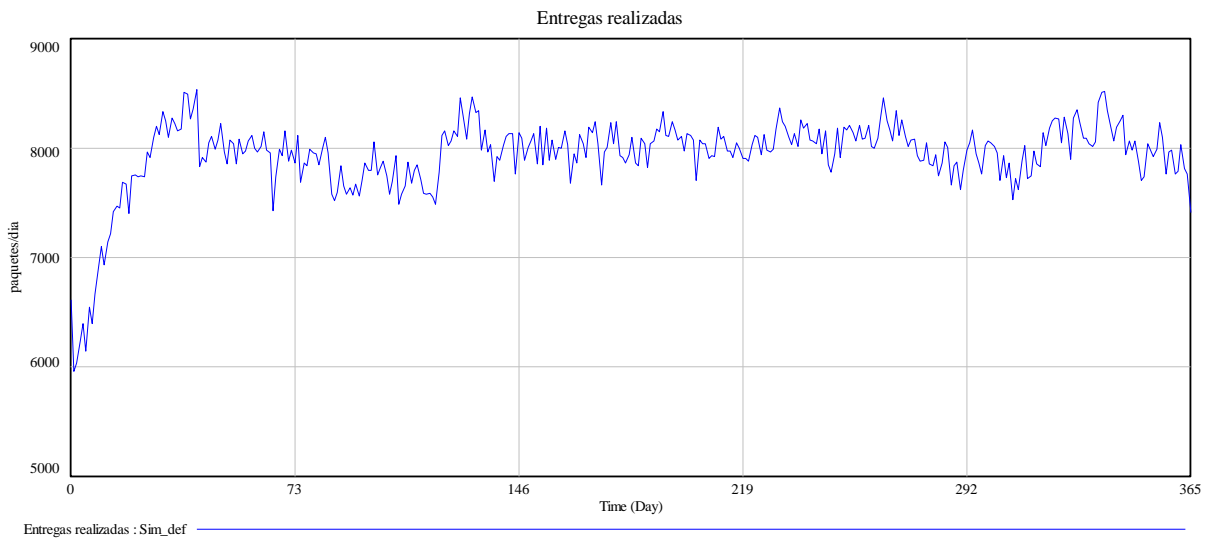


Figura 10: Entregas realizadas escenario 13

Este escenario inicia con 120 repartidores y va incrementando durante la primera campaña hasta estabilizarse en una plantilla promedio de 142 repartidores a lo largo del horizonte de simulación (Figura 11).

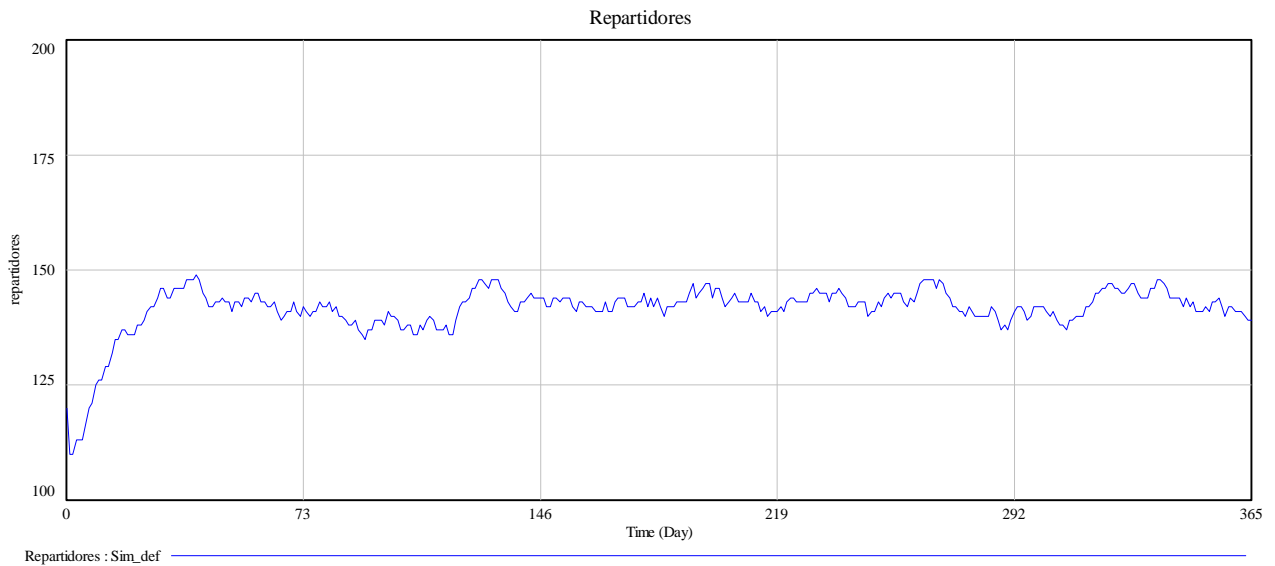


Figura 11: Repartidores escenario 13

5.1.2 Escenario 12

(Número de repartidores = 120; Productividad = 80 paquetes, Duración de la campaña = 60 días, Tiempo de formación = 14 días)

La Figura 12 muestra los costes operativos, la línea azul representa los costes de reparto con un promedio diario de 2,402 euros. La línea roja representa los costes de manipulación con un promedio diario de 558 euros. La línea verde representa los costes de gestión ATC con un promedio de 19 euros, con un máximo de 89 euros. La línea gris representa los costes de regreso a origen con un promedio de 9 euros, con un máximo de 44 euros.



Figura 12: Costes operativos diarios escenario 12

Las incidencias son tomadas de datos históricos de la empresa, el promedio diario es de 520 incidencias, con un máximo de 819 incidencias (Figura 13).

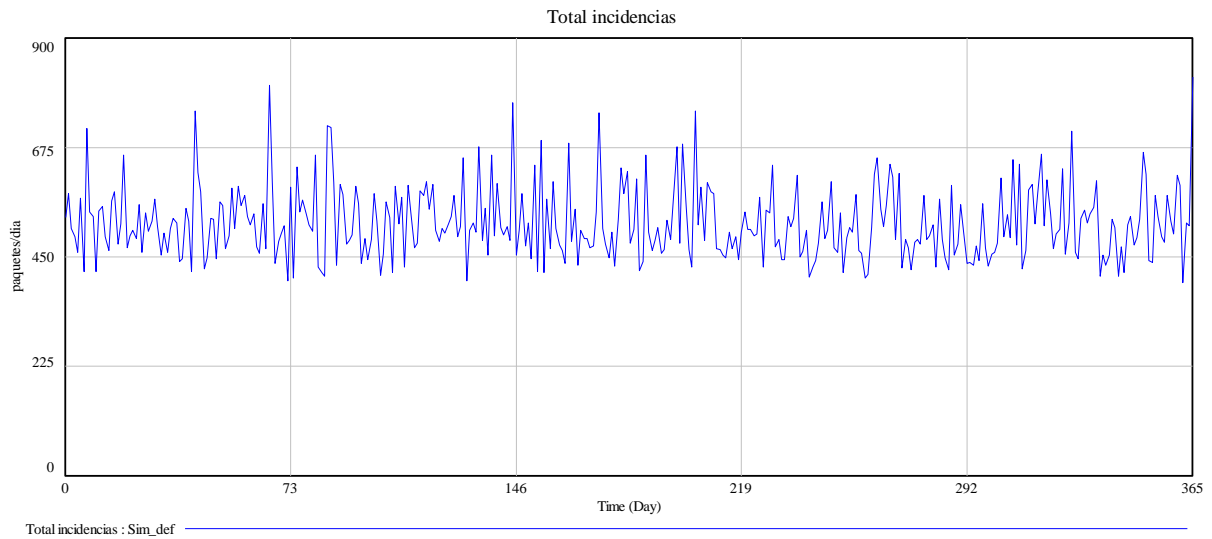


Figura 13: Incidencias escenario 12

En la Figura 14 se muestra el comportamiento de la variable “diferencia de productividad”, si el valor es mayor que 4 afecta al sistema disminuyendo en un 20% las incidencias diarias de nave y de reparto.

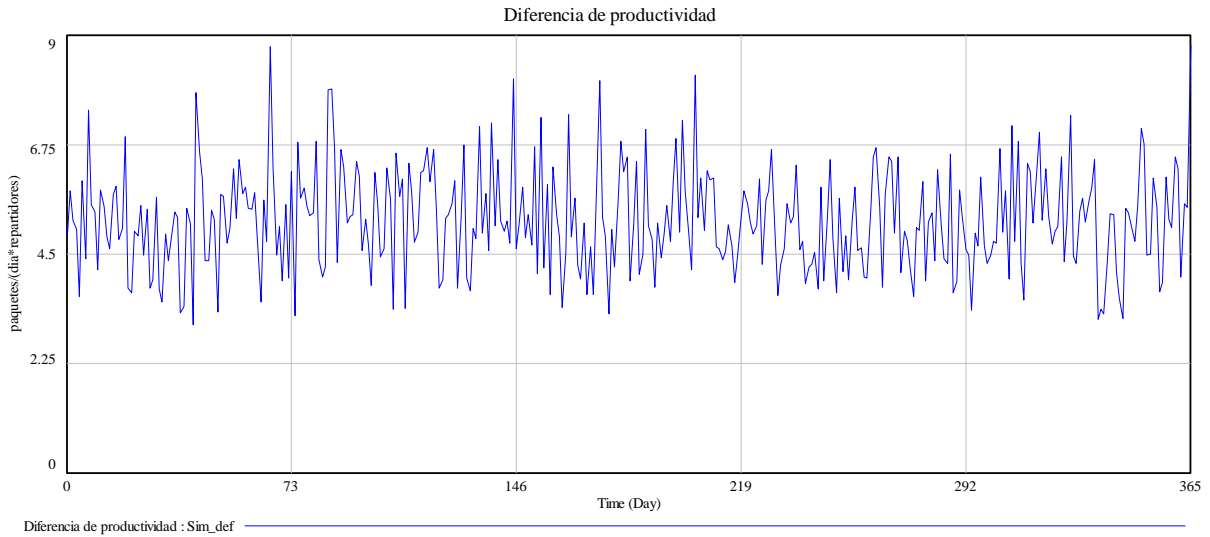


Figura 14: Diferencia de productividad escenario 12

En la Figura 15 se muestran las entregas realizadas en un año. Se puede observar un incremento en el número de entregas al comienzo, inmediatamente empieza a disminuir debido a la salida del número de repartidores. Eventualmente se igualan las entradas y salidas de repartidores en la plantilla y se obtienen condiciones estables. La variación es debida a la aleatoriedad en el número de entregas diarias. Esta fue la segunda alternativa con un mayor número de entregas realizadas diarias con un promedio de 8,008 entregas.

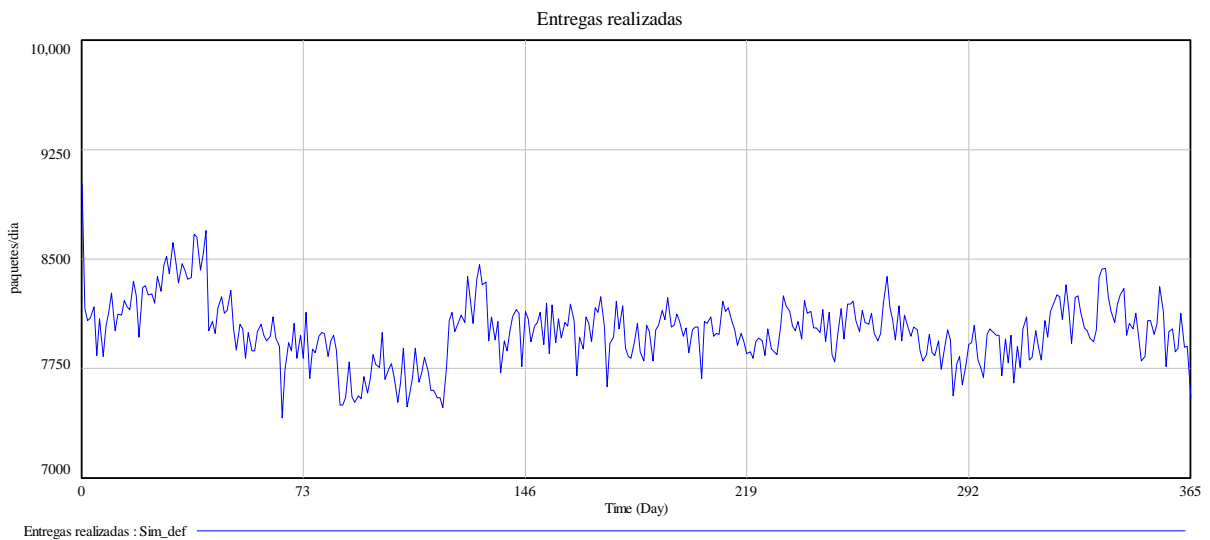


Figura 15: Entregas realizadas escenario 12

Este escenario inicia con 120 repartidores que va disminuyendo durante el horizonte de simulación hasta estabilizarse en una plantilla promedio de 107 repartidores (Figura 16).

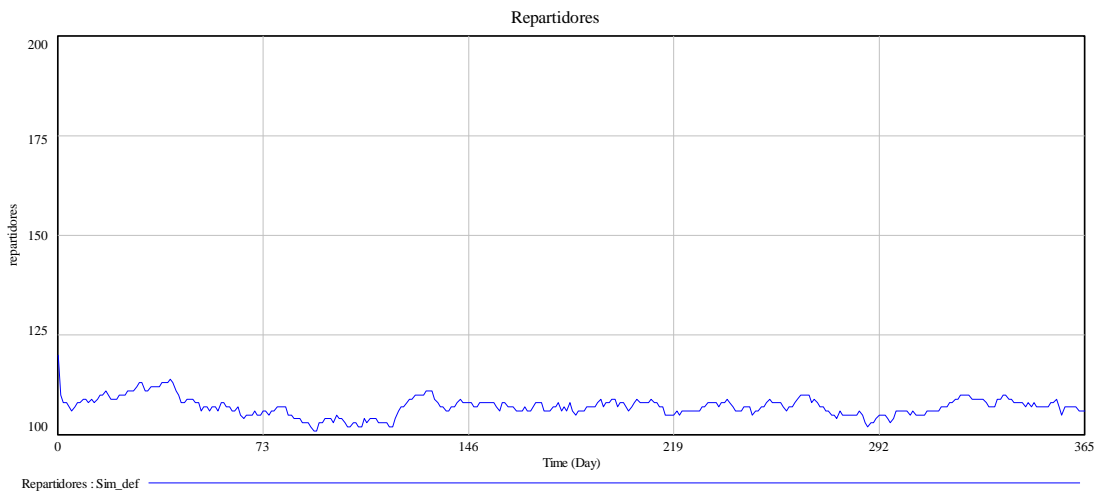


Figura 16: Repartidores escenario 12

5.1.3 Escenario 10

(Número de repartidores = 150; Productividad = 70 paquetes, Duración de la campaña = 60 días, Tiempo de formación = 14 días)

La Figura 17 muestra los costes operativos, la línea azul representa los costes de reparto con un promedio diario de 2,416 euros. La línea roja representa los costes de manipulación con un promedio diario de 559 euros. La línea verde representa los costes de gestión ATC con un promedio de 20 euros, con un máximo de 89 euros. La línea gris representa los costes de regreso a origen con un promedio de 10 euros, con un máximo de 44 euros.

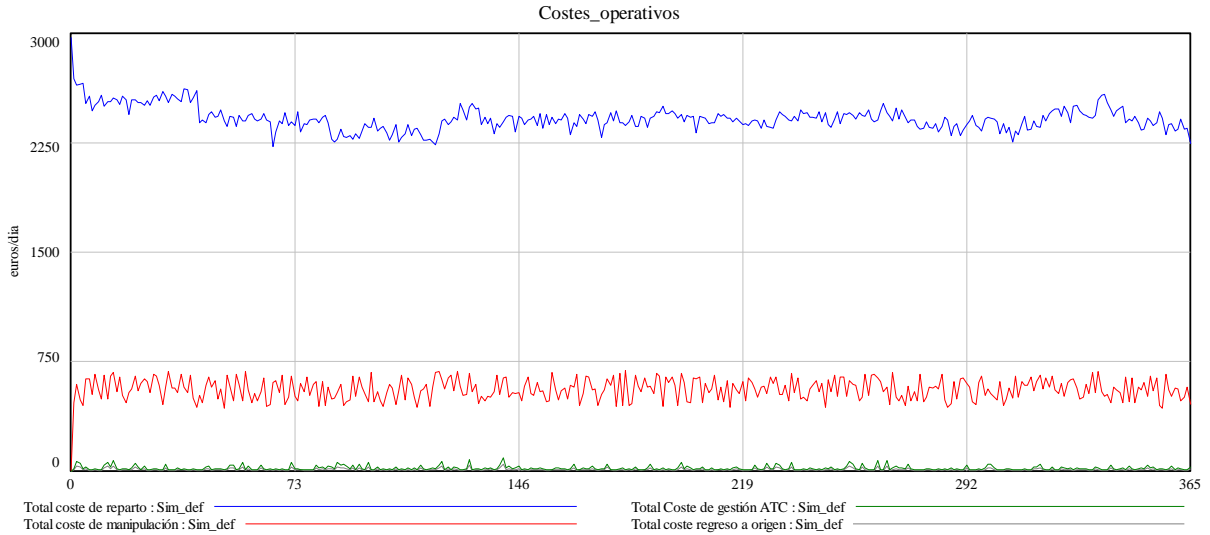


Figura 17: Costes operativos diarios escenario 10

Las incidencias son tomadas de datos históricos de la empresa, el promedio diario es de 536 incidencias, con un máximo de 819 incidencias (Figura 18).

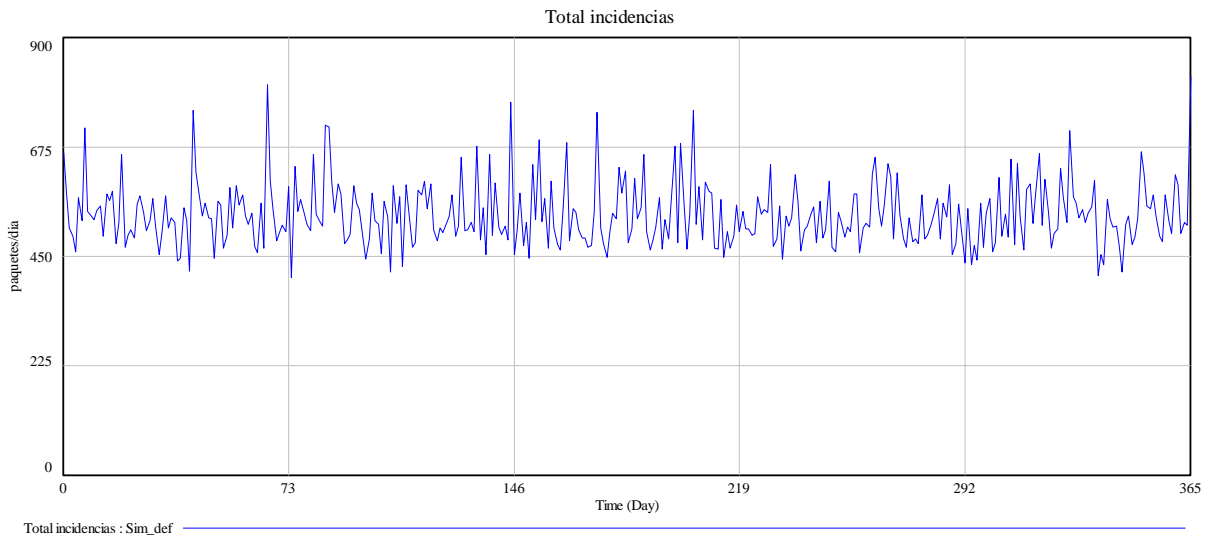


Figura 18: Incidencias escenario 10

En la Figura 19 se muestra el comportamiento de la variable “diferencia de productividad”, si el valor es mayor que 4 afecta al sistema disminuyendo en un 20% las incidencias diarias de nave y de reparto.

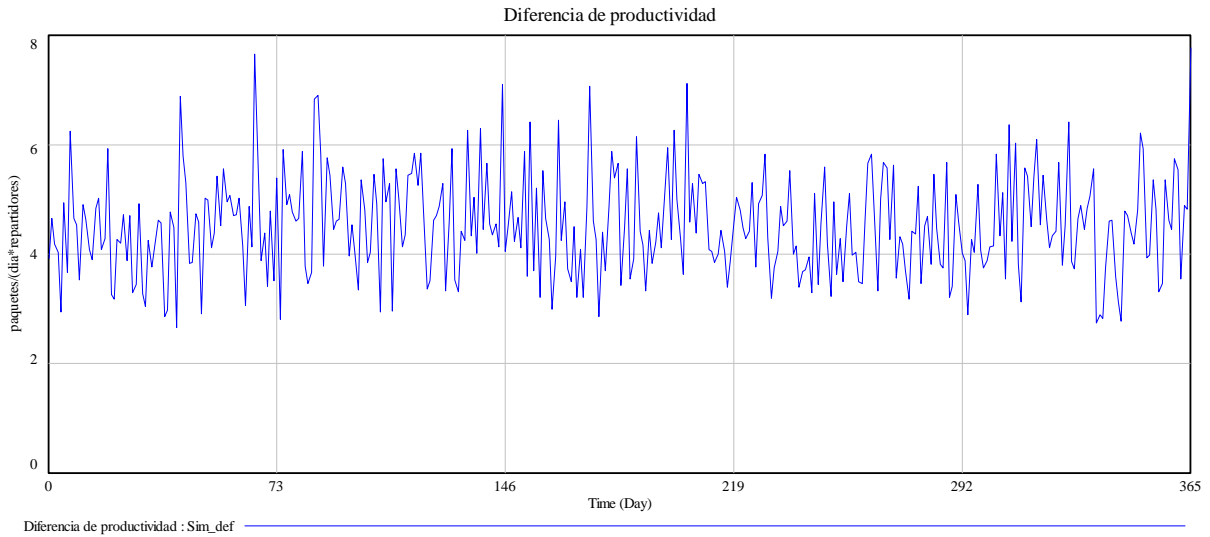


Figura 19: Diferencia de productividad escenario 10

En la Figura 20 se muestran las entregas realizadas en un año. Se puede observar una disminución en el número de entregas al comienzo, debido a la disminución del número de repartidores. Eventualmente se igualan las entradas y salidas de repartidores en la plantilla y se obtienen condiciones estables. La variación es debida a la aleatoriedad en el número de entregas diarias. Esta fue la alternativa con mayor número de entregas realizadas diarias con un promedio de 8054 entregas.

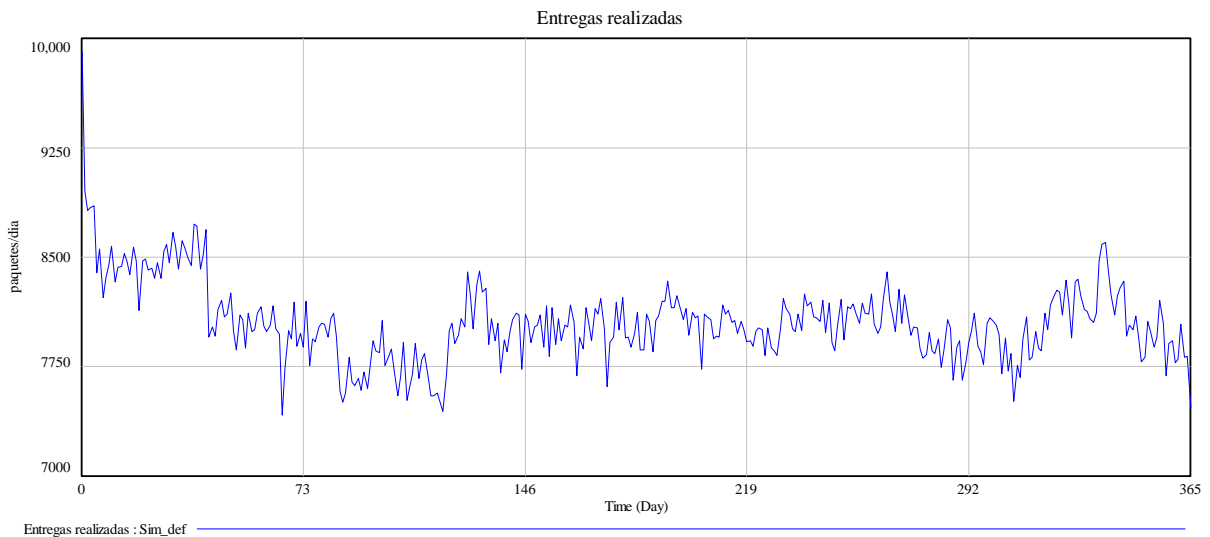


Figura 20: Entregas realizadas escenario 10

Este escenario inicia con 150 repartidores que va disminuyendo durante el horizonte de simulación hasta estabilizarse en una plantilla promedio de 123 repartidores (Figura 21).

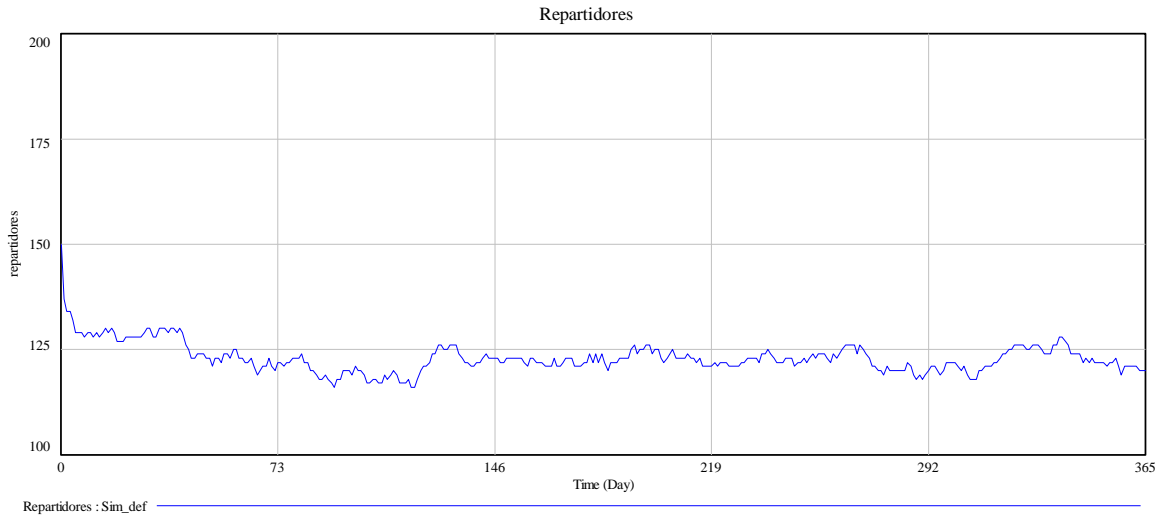


Figura 21: Repartidores escenario 10

5.1.4 Escenario 3

(Número de repartidores = 120; Productividad = 70 paquetes, Duración de la campaña = 60 días, Tiempo de formación = 14 días)

La Figura 22 muestra los costes operativos, la línea azul representa los costes de reparto con un promedio diario de 2,393 euros. La línea roja representa los costes de manipulación con un promedio diario de 559 euros. La línea verde representa los costes de gestión ATC con un promedio de 20 euros, con un máximo de 89 euros. La línea gris representa los costes de regreso a origen con un promedio de 10 euros, con un máximo de 44 euros.



Figura 22: Costes operativos diarios escenario 3

Las incidencias son tomadas de datos históricos de la empresa, el promedio diario es de 535 incidencias, pero con picos que llegan hasta las 819 incidencias (Figura 23).

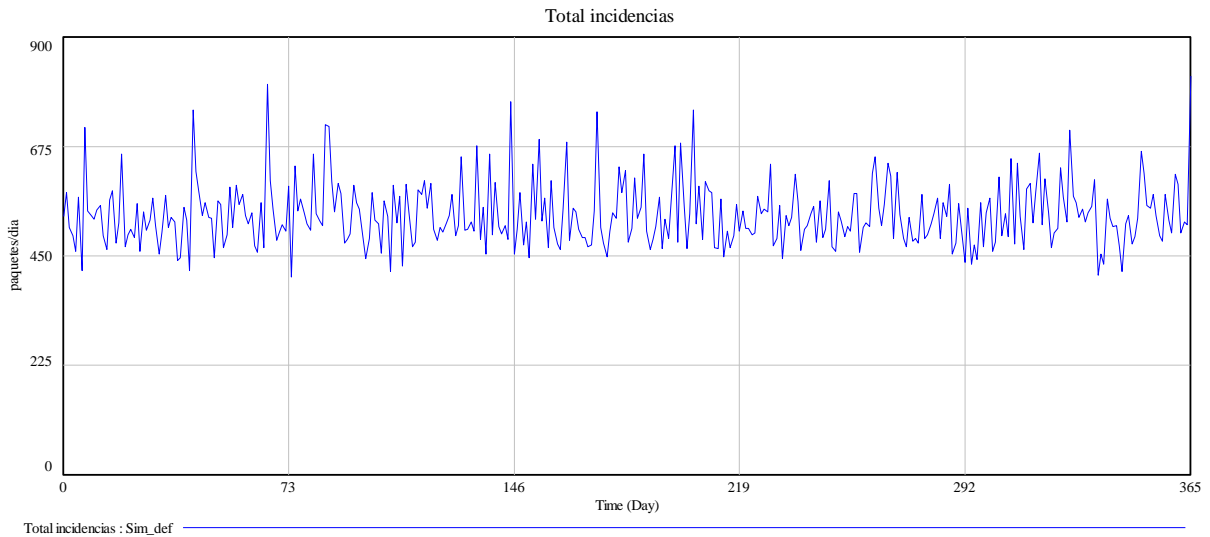


Figura 23: Incidencias escenario 3

En la Figura 24 se muestra el comportamiento de la variable “diferencia de productividad”, si el valor es mayor que 4 afecta al sistema disminuyendo en un 20% las incidencias diarias de nave y de reparto.

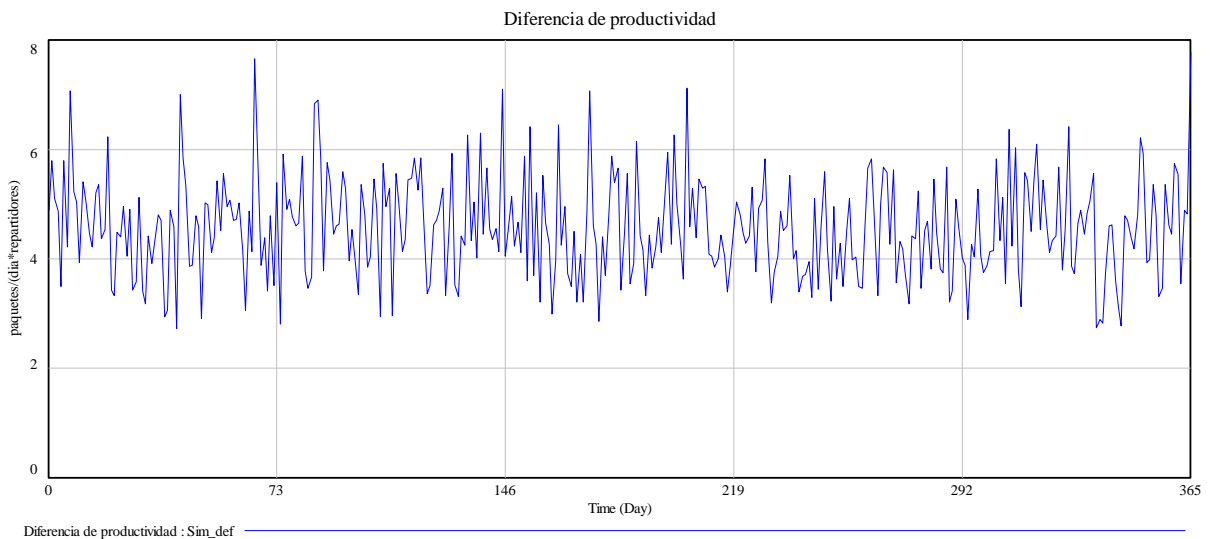


Figura 24: Diferencia de productividad escenario 3

La Figura 24 muestra las entregas realizadas en un año. Se puede observar un incremento en el número de entregas al comienzo, debido a la incorporación repartidores a la plantilla. Eventualmente se igualan las entradas y salidas de repartidores en la plantilla y se obtiene condiciones estables. La variación es debida a

la aleatoriedad en el número de entregas diarias. Esta fue la tercera alternativa con mayor número de entregas realizadas diarias con un promedio de 7,975 entregas (Figura 25).

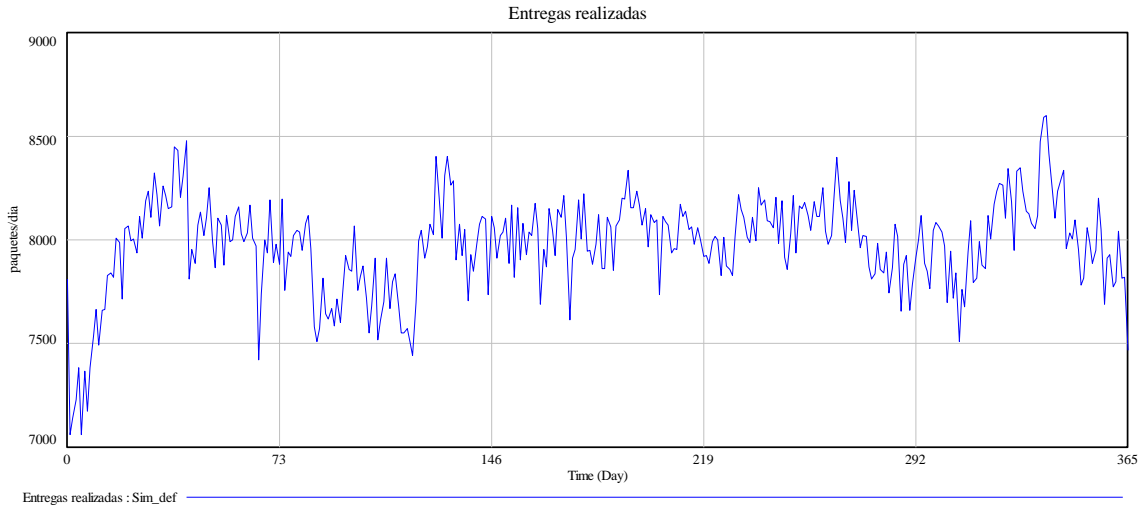


Figura 25: Entregas realizadas escenario 3

Este escenario inicia con 120 repartidores, disminuye en los primeros 5 días de simulación y luego se estabiliza durante el horizonte de simulación con una plantilla promedio de 122 repartidores (Figura 26).

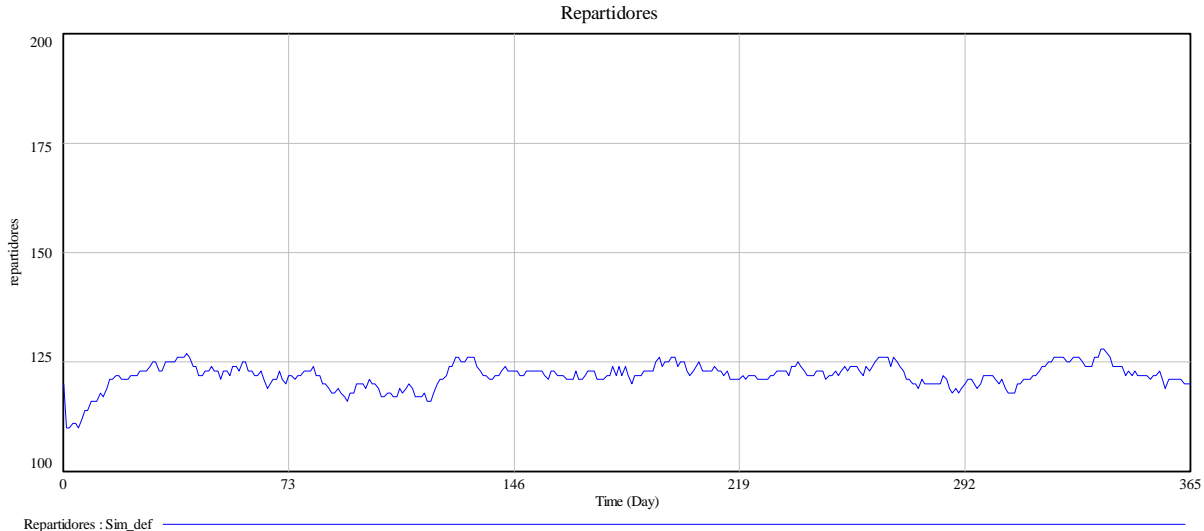


Figura 26: Repartidores escenario 3

5.2 Evaluación de resultados

En la Tabla 11 se muestra un resumen de las variables de respuesta para su evaluación.

Tabla 11: Resumen de variables de respuesta de escenarios seleccionados

	(a) Desempeño				(b) Costes operativos diarios				
	Repartidores	Entregas realizadas	Incidencias	Diferencia de productividad	Reparto	Manipulación	Gestión ATC	Regreso a origen	Total
Escenario 3	122	7975	535	4.58	2,392.64 €	559.38 €	19.53 €	9.76 €	2,981 €
Escenario 10	123	8054	536	4.53	2,416.22 €	559.45 €	19.55 €	9.78 €	3,005 €
Escenario 12	107	8008	520	5.21	2,402.27 €	558.45 €	18.97 €	9.49 €	2,989 €
Escenario 13	142	7934	571	3.95	2,380.31 €	561.63 €	20.89 €	10.45 €	2,973 €

Como se observa en la Tabla 11, la evaluación está dividida en: **(a)** desempeño de los escenarios y **(b)** costes operativos diarios.

- **Escenario 13: (a)** La diferencia de productividad en este escenario es la más baja, tiene una productividad esperada de 60 paquetes, lo cual indica que los repartidores se acercan más a la productividad esperada debido a que llevan menos paquetes a reparto, sin embargo, las entregas realizadas son las más bajas, teniendo la empresa que incorporar nuevos repartidores (inicial 120) a lo largo del horizonte de simulación para poder cumplir con los objetivos de la empresa. **(b)** El coste total es el más bajo, pero los costes de manipulación, gestión ATC y regreso a origen son los más altos de los escenarios evaluados, siendo estos costes los relacionados a la gestión de incidencias.
- **Escenario 12: (a)** La diferencia de productividad en el escenario 12 es la más alta, tiene una productividad esperada de 80 paquetes, lo cual indica que existe una tendencia a alejarse de la productividad esperada. El número de repartidores es menor debido a que llevan más paquetes a reparto. **(b)** Los costes de manipulación, gestión y regreso origen son los más bajos, por ser el escenario con menos incidencias debido a las mejoras de disminución de incidencias aplicadas a los escenarios con diferencia de productividad alta.
- **Escenario 10: (a)** Este escenario presenta la mayor cantidad de entregas realizadas; el número de incidencias es baja, tiene una productividad esperada de 70 paquetes y un número inicial de 150 repartidores, que se va estabilizando con la entrada y salida de repartidores durante las campañas, lo que indica una mayor capacidad de reparto. **(b)** Este escenario presente unos costes más altos de reparto, debido al número mayor de entregas realizadas.
- **Escenario 3: (a)** Este escenario tiene parámetros iniciales similares al actual, exceptuando la duración de la campaña, sin embargo, las entregas son más bajas durante el inicio de la simulación por no presentar una capacidad mayor de reparto **(b)** Los costes de reparto de este escenario son bajos debido al número menor de entregas realizadas.

Finalmente, se elige el escenario 10 porque presenta un mejor desempeño, flexibilidad y capacidad de reparto, principalmente, debido a una mejor elección de la duración de la campaña y planificación del número inicial de repartidores, que se estabilizó durante el horizonte de simulación y que permitió más entregas realizadas. Los costes más bajos presentados en otros escenarios estuvieron influenciados por la variable de disminución de incidencias, cuyo objetivo era demostrar cómo influyen la disminución de éstas en la reducción de costes de manipulación, atención al cliente y regreso a origen y su impacto en el coste total de las operaciones.

6 CONCLUSIONES

En el trabajo realizado se ha planteado un modelo de simulación basado en la dinámica de sistemas para reproducir el comportamiento de la cadena de suministro de una empresa de paquetería. Se plantearon diferentes escenarios, consistentes en valores numéricos factibles para las variables de control: número de repartidores, productividad de los repartidores, duración de la campaña anual y tiempo de formación de los repartidores. Las variables de respuesta fueron: costes de reparto, costes de manipulación, costes de gestión de atención al cliente, costes de retorno a origen y el coste total diario de las operaciones.

De los resultados obtenidos se puede concluir:

1. Coste total diario.

La alternativa elegida es: 150 repartidores, productividad: 70 paquetes diarios por repartidor, duración de la campaña: 60 días, tiempo de formación de los repartidores: 14 días. Esta opción resulta en un promedio de 8.054 paquetes entregados diariamente a un coste total (promedio diario) de 3.005 euros, con desviación estándar de 104 euros, un máximo de 3,347 euros y mínimo de 2,742 euros.

Se elige esta alternativa porque tiene un mayor número de entregas realizadas, ya que se considera que en las empresas de paquetería es importante realizar la entrega al primer intento y en el momento acordado con el cliente.

2. Reducción de incidencias.

La alternativa elegida presenta una reducción de 15,3% de las incidencias con respecto al escenario actual, que reducen el coste total operativo en 150 euros diarios (55 mil euros anualmente). Las incidencias se consideran costes ocultos en la operación de reparto, que influyen el desempeño económico y afectan de manera negativa la percepción del cliente hacia la empresa.

3. Incidencias que más afectan el reparto

La incidencia que más afecta la productividad del reparto es la "ausencia del cliente" al momento de la entrega con un promedio de 535 incidencias, con desviación estándar de 120, un máximo de 1003 y un mínimo de 328, representan un coste promedio diario de manipulación en almacén de incidencias de 27 euros (9,800 mil euros anualmente).

4. Incidencias que más afectan la salida de paquetes de nave

Las incidencias: "cambio de domicilio" con promedio de 16 incidencias, desviación estándar 4, un máximo de 23 y mínimo de 10 y "errores de documentación" con promedio de 77 incidencias, desviación estándar 13, un máximo de 99 y mínimo de 51, influyen en la salida de paquetes a reparto. Se debe hacer un esfuerzo por reducir el número de estas dos incidencias mediante un control mayor (estandarizado) de los procedimientos de recolección de datos de los clientes.

5. Duración de la campaña

La reducción de la campaña a 60 días estabiliza las entradas y salidas de repartidores, la alternativa elegida muestra un promedio de 123 repartidores, con un promedio de 8,054 paquetes entregados. Se observa que el comportamiento de las gráficas de “entregas realizadas” se ajustan a las gráficas de “repartidores” en todos los escenarios evaluados, siendo el tiempo de duración de campaña de 60 días la mejor opción ya que reduce el período de repartidores temporales para soportar los picos de demanda y mantener bajo los costes de reparto.

6. Productividad

Disminuir la productividad a 60 paquetes implica tener más repartidores temporales en las campañas con un promedio de 142 repartidores y un aumento a 80 paquetes implica tener un porcentaje bajo de repartidores con un promedio de 107 repartidores que puede traer como consecuencia el incumplimiento de las entregas, ya que se observa más diferencia entre la productividad esperada y la productividad real.

Como líneas futuras de trabajo se han identificado las siguientes:

Líneas de estudio futuro.

Este trabajo representa un intento por analizar sistemáticamente el proceso de reparto en una empresa de paquetería con el fin de identificar oportunidades de reducción del coste total. Los resultados obtenidos, en términos de reducción de costes e identificación de variables que afectan el coste total, indican que, en estudios futuros, se pueden lograr mejoras adicionales si se incluyen los siguientes elementos:

- a) franjas horarias de reparto, sin limitación del número de paquetes asignados a cada repartidor.
- b) evaluación del tiempo invertido promedio por cada repartidor para completar su asignación diaria.
- c) estudio de la repercusión de lockers automáticos y puntos de venta en los costes de operación de la empresa con el propósito de conocer la rentabilidad de esa inversión. Estos dos elementos son tendencias observables en el reparto.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bai, C., & Sarkis, J. (2013). Flexibility in reverse logistics: A framework and evaluation approach. *Journal of Cleaner Production*, 47, 306–318. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.005>
- De Brito, M.P. and Dekker, R., 2003a. A framework for Reverse logistics (January). Econometric Institute Report Series ERS-2003-045-LIS, Erasmus University Rotterdam.
- Delaitre, L. (n.d.). A new approach to diagnose urban delivery areas plans, 991–998.
- El Korchi, A., & Millet, D. (2011). Designing a sustainable reverse logistics channel: The 18 generic structures framework. *Journal of Cleaner Production*, 19(6–7), 588–597. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.013>
- Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J. M., & Van Wassenhove, L. N. (2001). The impact of product recovery on logistics network design. *Production and Operations Management*, 10(2), 156–173. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2001.tb00076.x>
- Forrester, Jay W. (1961). *Industrial Dynamics*. The MIT PRESS - Massachusetts Institute of Technology.
- Georgiadis, P., & Vlachos, D. (2004). DECISION MAKING IN REVERSE LOGISTICS USING SYSTEM DYNAMICS, 14(2), 259–272.
- Giuntini, R., 2004. Lean Aftermarket Reverse Logistics: How to Reduce Balance Sheet Investments.
- Janse, B., Schuur, P., & De Brito, M. P. (2010). A reverse logistics diagnostic tool: The case of the consumer electronics industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(5–8), 495–513. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2333-z>
- Kelli, L., Oliveira, D., Morganti, E., Dabanc, L., & Lúcia, R. (2017). Research in Transportation Economics Analysis of the potential demand of automated delivery stations for e-commerce deliveries in Belo Horizonte , Brazil, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.09.003>
- Kokkinaki, A., Zuidwijk, R., Van Nunen, J., & Dekker, R. (2003). Information and Communication Technology enabling Reverse Logistics. *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*, (i), 381–406.
- Krumwiede, D. W., & Sheu, C. (2002). A model for reverse logistics entry by third-party providers. *Omega*, 30(5), 325–333. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(02\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(02)00049-X)
- Lambert, S., Riopel, D., & Abdul-Kader, W. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. *Computers and Industrial Engineering*, 61(3), 561–581. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.04.012>
- Lindholm, M., & Behrends, S. (2012). Challenges in urban freight transport planning –

- a review in the Baltic Sea Region. *Journal of Transport Geography*, 22, 129–136.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.001>
- Niemann, F., Thaller, C., & Clausen, U. (2017). ScienceDirect ScienceDirect Describing and explaining urban freight transport by System Dynamics. *Transportation Research Procedia*, 25, 1075–1094.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.480>
- Raci, V., & Shankar, R. (2005). Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(8), 1011–1029.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.07.002>
- Rogers DS, Tibben-Lembke R. (1999). Going backwards: reverse logistics trends and practices. Reno, NV: Reverse Logistics Executive Council.
- Schenkel, M., Caniëls, M. C. J., Krikke, H., & Laan, E. Van Der. (2015). Understanding value creation in closed loop supply chains – Past findings and future directions. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 729–745.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.04.009>
- Tonanont, A., Yimsiri, S., Jitpitaklert, W., & Rogers, K.J. (2008). Performance evaluation in reverse logistics with data envelopment analysis. In: Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference (pp. 764–769).

8 ANEXOS

8.1 Ecuaciones del modelo de simulación

- (01) Almacén de incidencias= INTEG (Paquetes con incidencia-Salida de incidencias, 0)
Units: paquetes
- (02) Ausencia del cliente= RANDOM NORMAL(328, 1003 , 535 , 120 , 99)
Units: paquetes/día
- (03) Cambio de domicilio= RANDOM NORMAL(10, 23 , 15.7 , 4.15 , 3)
Units: paquetes/día
- (04) Contratación= (Plantilla deseada-Repartidores)/Tiempo de formación
Units: repartidores/día
- (05) Coste de arrastre por paquete= 1.5
Units: euros/paquetes
- (06) Coste de manipulación por paquete= 0.05
Units: euros/paquetes
- (07) Coste gestión ATC por paquete= 0.15
Units: euros/paquetes
- (08) Coste reparto por paquete= 0.3
Units: euros/paquetes
- (09) Despidos= Repartidores/Tiempo de duración de campaña
Units: repartidores/día
- (10) Diferencia de productividad= Productividad-Productividad real
Units: paquetes/(día*repartidores)
- (11) Entrada= Contratación
Units: repartidores/día
- (12) Entregas realizadas= Reparto a domicilio+Reparto en punto de recogida
Units: paquetes/día
- (13) Errores de documentación= RANDOM NORMAL(51, 99 , 77.1 , 12.9 , 9)
Units: paquetes/día

- (14) FINAL TIME = 365
Units: Day
The final time for the simulation.
- (15) Incidencias de Nave= Salidas-(Salidas-Errores de documentación)
Units: paquetes/dia
- (16) Incidencias de reparto= Ausencia del cliente+Cambio de domicilio
Units: paquetes/dia
- (17) Incidencias gestionadas= Salida de incidencias/Tiempo de gestión
Units: **undefined**
- (18) INITIAL TIME = 0
Units: Day
The initial time for the simulation.
- (19) Llegadas= RANDOM UNIFORM(8000, 12900 , 99)
Units: paquetes/dia
- (20) Lockers automaticos= 5
Units: Puntos de recogida
- (21) Manipulación punto de venta= Paquetes por punto de recogida diario*Puntos de venta empresa
Units: paquetes/dia
- (22) Mejoras disminución de incidencias= (Incidencias de Nave+Incidencias de reparto)*0.2
Units: paquetes/dia
- (23) Nave de operaciones= INTEG (Llegadas+Regreso a nave para reparto-Salidas, 0)
Units: paquetes
- (24) Paquetes con incidencia= Total incidencias
Units: paquetes/dia
- (25) Paquetes disponibles para reparto= Salidas-Incidencias de Nave
Units: paquetes/dia

- (26) Paquetes en reparto= Productividad*Repartidores
Units: paquetes/dia
- (27) Paquetes por punto de recogida diario= RANDOM NORMAL(1, 50 , 20 , 5 , 9)
Units: paquetes/Puntos de recogida/dia
- (28) Plantilla deseada= Paquetes disponibles para reparto/Productividad
Units: repartidores
- (29) Productividad = 70
Units: paquetes/repartidores/dia
- (30) Productividad real= Entregas realizadas/Repartidores
Units: paquetes/(dia*repartidores)
- (31) Puntos de venta empresa= 3
Units: Puntos de recogida
- (32) "Puntos Pick-ups"= 53
Units: Puntos de recogida
- (33) Regreso a nave para reparto= Incidencias gestionadas*0.95
Units: paquetes
- (34) Regreso a origen= Incidencias gestionadas*0.05
Units: paquetes
- (35) Repartidores= INTEG (INTEG(Entrada-Despidos), 120)
Units: repartidores
- (36) Reparto a domicilio= Paquetes en reparto-Reparto en punto de recogida-
Incidencias de reparto
Units: paquetes/dia
- (37) Reparto en punto de recogida= Paquetes en reparto-(Paquetes en reparto-(
Paquetes por punto de recogida diario*Total puntos de recogida))
Units: paquetes/dia
- (38) Salida de incidencias= Almacén de incidencias
Units: paquetes/dia
- (39) Salidas= Nave de operaciones

- Units: paquetes/dia
- (40) $SAVEPER = TIME\ STEP$
 Units: Day [0,?]
 The frequency with which output is stored.
- (41) Tiempo de duración de campaña= 90
 Units: dia
- (42) Tiempo de formación= 14
 Units: dia
- (43) Tiempo de gestión= $RANDOM\ UNIFORM(1, 10, 3)$
 Units: dia
- (44) $TIME\ STEP = 1$
 Units: Day [0,?]
 The time step for the simulation.
- (45) Total Coste de gestión ATC= Coste gestión ATC por paquete*Incidencias gestionadas
 Units: euros/dia
- (46) Total coste de manipulación= Coste de manipulación por paquete*(Almacén de incidencias+Nave de operaciones+Manipulación punto de venta)
 Units: euros/dia
- (47) Total coste de reparto= Coste reparto por paquete*Entregas realizadas
 Units: euros/dia
- (48) Total coste operación= Total Coste de gestión ATC+Total coste de manipulación+Total coste de reparto+Total coste regreso a origen
 Units: euros/dia
- (49) Total coste regreso a origen= Coste de arrastre por paquete*Regreso a origen
 Units: euros/dia
- (50) Total incidencias=IF THEN ELSE(Diferencia de productividad>4, Incidencias de Nave+Incidencias de reparto-Mejoras disminución de incidencias , Incidencias de Nave+Incidencias de reparto)
 Units: paquetes/dia

(51) Total puntos de recogida= Lockers automaticos+Puntos de venta empresa+"Puntos Pick-ups"

Units: Puntos de recogida

8.2 Descripción de los Tipos de Incidencias

Se tomarán como referencia las incidencias vigentes utilizadas actualmente en una empresa real de paquetería, cada código utiliza de dos letras y dos digitos para cada tipo de incidencia.

IN-10 Faltan bultos: El destinatario recibe la expedición con menos bultos de los indicados en la documentación.

IN-11 Falta expedición completa: Falta el total de los bultos de la expedición; y no se tiene conocimiento del estado de la misma.

IN-13 Falta documentación: La mercancía no se puede entregar por falta la documentación de la misma.

IN-15 Pendiente de reparto en plaza: La expedición que en la nave sin salir a reparto por diferentes causas relacionadas a la empresa; o por no ser posible la entrega al cliente (horarios, etc).

IN-16 Expedición parcial en reparto: Cuando salen a reparto una parte de los bultos de una expedición parcial que llega incompleta a la nave.

IN-17 Incidencia en despacho: La expedición no se puede sacar a reparto por estar retenida por las autoridades de aduana.

IN-18 Expedición sin controlar por fiesta: Si hay fiesta local en el destino, que no haya sido controlada en la delegación.

IN-19 Expedición parcial entregada: Relacionada con la IN-19; es cuando se liquida los bultos llegados a nave que faltaban de la expedición parcial incompleta.

IN-20 Destinatario desconocido: En la dirección de la documentación no se reconoce al destinatario de la expedición.

IN-21 Domicilio desconocido: No existe el domicilio del destinatario que figura en la documentación de la expedición.

IN-22 Ausencia prolongada: Luego de un segundo o más intentos de entrega el destinatario continua ausente o el domicilio cerrado.

IN-23 Cerrado o 1ª ausencia: El destinatario esta ausente o el domicilio cerrado en el primer intento de entrega; esta incidencia genera que la expedición salga a reparto al día siguiente.

IN-24 Cambio de domicilio: El destinatario ya no reside en el domicilio que figura en la documentación de la expedición; pero en este caso logra contactar con el cliente y conoce la dirección; por lo que el repartidor anota los datos de la nueva expedición para intentar de nuevo el reparto.

IN-25 Fiesta local: La población local está en una fecha de fiesta; afecta mayormente a los destinatarios comerciales.

IN-26 Acceso imposible al cliente: La expedición sale a reparto pero no puede acceder al domicilio del cliente por distintas razones (vías cortadas, obras, etc).

IN-27 No contesta teléfono: El destinatario no responde al teléfono cuando el repartidor intenta comunicarse para realizar la entrega.

IN-28 Vacaciones del cliente: Cuando hay empresas que están de vacaciones y se conoce la fecha de reapertura de actividades.

IN-29 Cerrado definitivo: Local comercial cerrado definitivamente.

IN-31 Retener en delegación: La delegación/franquicia origen da indicaciones para que la expedición no sea entregada hasta nuevo aviso.

IN-32 No hay persona de contacto: La persona que debe recibir y firmar como recibida la expedición no se encuentra.

IN-33 Saturación o falta de tiempo: El repartido no puede realizar la entrega por falta de tiempo en su ruta de reparto.

IN-34 Comprobar si es reembolso: No se tiene seguridad de que una expedición es con reembolso porque falta documentación.

IN-35 Expedición extraviada: La expedición llegó a la delegación/franquicia destino, pero se extravió en la nave o en el transcurso del reparto.

IN-36 Accidente/avería vehículo: El repartidor no puede realizar el reparto porque tiene una avería en el vehículo.

IN-37 Expedición deteriorada: Se coloca cuando la expedición está deteriorada, rota, mojada, entre otros. En responsable de nave decide si la expedición sale o no a reparto.

IN-39 Paquete abierto: se ha recibido un bulto abierto o que ha sido manipulado.

IN-40 Avisarán: En el destino no se hacen cargo de la mercancía e indican que avisarán cuando lo van a recibir.

IN-41 Sin efectivo a la entrega: El cliente no puede pagar el coste del envío y por lo tanto el repartidor no le puede entregar la expedición.

IN-42 Indican devolución: El repartidor no acepta la expedición e indica que no la recibirá posteriormente.

IN-45 No conocen al remitente: El destinatario no acepta la mercancía por no conocer al remitente que la envía.

IN-46 Quieren abrir el paquete: El destinatario quieren comprobar el contenido del paquete antes de aceptar la entrega.

IN-47 Concertado próximo reparto: El repartidor ha concertado con el cliente una nueva fecha de entrega de la expedición.

IN-50 No aceptan por rotura: El cliente no acepta la expedición por estar rota o deteriorada.

IN-51 No aceptan portes: El destinatario no acepta pagar los portes de la expedición.

IN-52 No aceptan reembolsos: El destinatario no acepta pagar el valor del reembolso de la expedición.

IN-53 No aceptan despacho o impuestos: El destinatario no acepta pagar los gastos de despacho de aduanas o impuestos.

IN-54 No quieren firmar comprobante de entrega: El destinatario se niega a firmar el comprobante de entrega.

IN-55 No aceptan gastos de reembolso: El destinatario se niega a pagar los gastos de manejo del reembolso.

IN-56 Quieren pagar con talón sin conformar:

IN-60 No tiene preparado el cambio: El destinatario no tiene preparado el cambio de la expedición.

IN-63 No salió a reparto cerrado: No se saca la expedición a reparto porque se sabe con anticipación que el cliente no estará en el domicilio.

IN-75 No es posible entregar la mercancía sin identificación del destinatario.