



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis de las operaciones en la carga aérea.
Estudio de tecnologías avanzadas y nuevos
procedimientos operativos, y su implantación.

Air cargo operations analysis. Study of advanced
technologies and new operational procedures, and their
implementation.

Autor

Álvaro Pérez Vázquez

Directores

D. Emilio Larrodé Pellicer

D. Ernesto Polanco González

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales
Universidad de Zaragoza (Escuela de Ingeniería y Arquitectura)
2019



RESUMEN

El objetivo del trabajo es el desarrollo de una metodología que permita crear herramientas de cálculo para el estudio de los tiempos en los procesos de handling aeroportuario y a partir de aquí investigar las nuevas tecnologías que incrementen la productividad de dichos procesos.

En primer lugar, se ha definido paso a paso el proceso de carga de una aeronave en función de los productos que se transportan, haciendo hincapié en dos canales logísticos concretos, como son, el de la exportación de producto textil y el de la importación de pescado. Se ha desarrollado una metodología que consiste en realizar una serie de suposiciones teóricas sobre estos procesos y a partir de datos obtenidos de forma experimental, proceder a la creación de herramientas que sean capaces de calcular los tiempos de carga de las aeronaves.

Estas herramientas de cálculo han permitido visualizar como afecta a los tiempos de carga en los canales logísticos citados con anterioridad, la distinta repartición de operarios en las tareas a realizar, también se han cuantificado las reducciones de tiempos que pueden conseguirse si se aplican una serie de mejoras, seleccionando aquellas más interesantes. Se ha estudiado el impacto de las distintas mejoras tanto a nivel puramente operativo, como a nivel económico.

Para finalizar, se ha realizado una reflexión sobre la conveniencia de implementar unas mejoras concretas en función de su rentabilidad tanto a corto como a largo plazo teniendo en cuenta las previsiones de desarrollo que existen para el Aeropuerto de Zaragoza.



SUMMARY

The objective of this project is the development of a methodology that allows the creation of calculation tools for the study of times in the air cargo handling processes, and from then on, investigate the new technologies that might rise the productivity of those mentioned processes.

First of all, the loading process of an aircraft has been defined step by step depending on which products are being carried, focusing on two logistic channels, textile export product and fish import. A methodology has been developed based on the making several assumptions about those processes, and then, based on the empiric times measured, proceed to the creation of tools capable of calculate the loading times of aircrafts.

Those calculation tools let to see how the workers distribution affects to the loading times on those two logistic channels mentioned previously, also the time reductions that can be achieved have been quantified depending on which improvements are applied, selecting the most interesting ones. It has been studied the impact of those improvements from an operational point of view, as well as from an economic point of view.

To come to an end, it is been discussed the convenience about the implementation of particular improvements depending of its profitability both short and long term, keeping in mind the development forecasts for cargo on the "Aeropuerto de Zaragoza".



Glosario

A continuación, se introducen términos que van a ser usados a lo largo del trabajo:

ADT: Almacén de Depósito Temporal, *Temporary Storage Warehouse*.

AWB: *Air WayBill*, Guía Aérea.

CMR: *Convention relative au contrat de transport international de Marchandise par Route*,
Convenio relative al contrato de transporte internacional de mercancía por carretera.

GHA: *Ground Handling Agent*, Agente de Operaciones de Tierra.

IATA: *International Air Transport Association*, Asociación Internacional de Transporte Aéreo.

ICAO: *International Civil Aviation Organization*, Organización de Aviación Civil Internacional.

ULD: *Unit Load Device*, Dispositivo de Carga Unitaria.



Agradecimientos

Quisiera agradecer la labor de tutorización y seguimiento de este trabajo principalmente a mis tutores tanto de la universidad como de la empresa D. Emilio Larrodé Pellicer y D. Ernesto Polanco González respectivamente. Por su ayuda, su interés, su profesionalidad y su entusiasmo contagioso.

También agradecer a Groundforce Cargo y Groundforce Handling por haberme enseñado la terminal y las instalaciones, así como a AENA por haber facilitado las visitas y haberme proporcionado información.

En el aspecto personal, este trabajo me ha servido para adentrarme en un sector, el aeroportuario, desconocido totalmente para mí. Asimismo, también me ha servido para conocer de primera mano muchos de los aspectos relacionados con la logística y el transporte de mercancías. Gracias a las personas que me han guiado por este proceso a las cuales quiero desde aquí agradecerles su tiempo y dedicación, he tenido la ocasión de descubrir el que me gustaría que fuese mi ámbito de desarrollo profesional en el futuro.

Índice de contenido

RESUMEN	1
SUMMARY	2
Glosario	3
Agradecimientos	4
Índice de contenido.....	5
1. Introducción	7
1.1 Objetivo	7
1.2 Alcance	7
1.3 Contextualización.....	8
2. Antecedentes del estudio	9
2.1 Flujo documental y administrativo.....	9
2.2 Proceso de handling aeroportuario de tierra y aire en el aeropuerto de Zaragoza. Canales logísticos.....	19
2.2.1 Exportación de producto de alta rotación (Textil)	22
2.2.2 Importación de perecederos (Pescado fresco)	27
3. Metodología.....	29
4. Estudio de aplicación de mejoras a un caso particular de exportación de producto textil en el Aeropuerto de Zaragoza.....	33
4.1 Descripción de las cinco mejoras	34
4.2 Proceso de desarrollo de la herramienta para el cálculo de los tiempos para distintos modelos de aeronave (Boeing 747F, Boeing 777F y Airbus A330F).....	37
5. Estudio de aplicación de mejoras a un caso particular de importación de pescado fresco en el Aeropuerto de Zaragoza.....	46
5.1 Descripción de las tres mejoras propuestas	48
5.2 Proceso de desarrollo de la herramienta para el cálculo de los tiempos para distintos modelos de aeronave (Boeing 747F, Boeing 777F y Airbus A330F).....	49
6. Análisis de Sensibilidad y Resultados	55
6.1 Caso particular de exportación de producto textil	56
6.1.1 Análisis de las mejoras a nivel operativo	56
6.1.2 Análisis de las mejoras a nivel económico	62
6.2 Caso particular de importación de pescado.....	68
6.2.1 Análisis de las mejoras a nivel operativo	68



6.2.2 Análisis de las mejoras a nivel económico	72
7. Conclusiones.....	75
8. Fuentes de información	76
Índice de ilustraciones.....	77
Índice de tablas	78
Anexo I: Captura de la herramienta de cálculo de los tiempos de exportación de producto textil	I
Anexo 2: Captura de la herramienta de cálculo de los tiempos de importación de pescado	III
Anexo 3: Tabla canal logístico completo de exportación de producto textil (handling tierra + aire)	IV

1. Introducción

1.1 Objetivo

El objetivo del trabajo es el desarrollo de una metodología que permita crear herramientas de cálculo para el estudio de los tiempos en los procesos de handling aeroportuario y a partir de aquí investigar las nuevas tecnologías que incrementen la productividad de dichos procesos. Para ello, se hará una revisión de los que se usan en la actualidad en el Aeropuerto de Zaragoza, así como de las tecnologías que se aplican.

Posteriormente, se analizará la operativa de carga en dos tipos de productos (textil de alta rotación y perecederos) para finalmente centrarnos en el desarrollo de una metodología que permita crear herramientas de cálculo, que después puedan ser aplicables en el estudio de dos casos particulares, uno de exportación de producto textil, y otro de importación de pescado fresco. En estos estudios se propondrán diversas mejoras y se analizará el impacto tanto operacional como económico de las mismas para estos casos concretos.

1.2 Alcance

En este trabajo se pretenden poner de manifiesto diferentes aspectos del sector de la carga aérea, como son el tipo de producto que se transporta actualmente, los flujos documentales de las operaciones que se realizan y los principales actores de estas, además de explicar los procesos que se llevan a cabo en la carga aérea y el impacto de las mejoras propuestas.

Para ello se definirá paso a paso el proceso de carga de una aeronave en función de los productos que se transportan, además se desarrollará una metodología que permita crear herramientas para el cálculo de los tiempos y se estudiarán dos casos concretos. Estos dos ejemplos tendrán asociado su **canal logístico**, que son todas aquellas operaciones implicadas en el almacenamiento, manejo y transporte de mercancías comprendidas entre la descarga de los camiones en los muelles de la terminal de carga, hasta tener la aeronave completamente cargada y preparada para su despegue.

Se considera que lo más importante que se desea obtener es una metodología para crear herramientas sólidas y fieles a la realidad que calculen los tiempos que se tardan en llevar a cabo las diferentes tareas del handling de tierra y que esté fundamentada en una experiencia real de observación y medición *in situ* de los procesos actuales. Dicha herramienta deberá permitir visualizar como afecta al tiempo de carga de una aeronave, la distinta asignación de operarios en las tareas a realizar y principalmente cuantificar las reducciones de tiempo que

podrían conseguirse si se aplicasen una serie de mejoras, seleccionando aquellas más interesantes en función de criterios operacionales y también económicos.

1.3 Contextualización

Este trabajo surge del interés por el transporte de mercancías, así como por la curiosidad entorno al sector aeroportuario. El punto de partida para la realización de este ha sido el análisis de la situación actual de la operativa de carga en el Aeropuerto de Zaragoza, a partir de las observaciones realizadas, se detectan una serie de necesidades. Estas son sobre todo de tipo logístico y van desde una baja optimización de tiempos debido a una falta de organización, hasta una pobre dotación tecnológica en algunas tareas puntuales. También se observan necesidades de simplificación de flujos de información, pero estas últimas no se tratarán ya que no forman parte del objetivo principal del presente trabajo.

Dicho sea de paso, hay que hacer constar que no es fácil obtener información sobre aspectos concretos dentro del sector aeroportuario, este punto complica extraordinariamente la obtención de datos y por lo tanto, la posibilidad de trabajar sobre dichos aspectos. Hay que entender que las compañías de handling preservan gran cantidad de información debido a la confidencialidad exigida por los clientes de carga, especialmente en el aeropuerto de Zaragoza, tanto de las compañías aéreas en competencia, como de los clientes expedidores.

2. Antecedentes del estudio

Antes de abordar el problema del presente trabajo es muy importante explicar varios aspectos sobre la carga aérea. En primer lugar, y antes de comenzar en el flujo físico, se debe explicar detalladamente como es el flujo a nivel documental y administrativo de los procesos de carga aérea.

2.1 Flujo documental y administrativo

Para analizar la cadena logística a nivel documental/administrativo de un producto, se va a trabajar sobre un ejemplo de exportación (el que se ha entendido más interesante). Se supone que un expedidor o shipper desea exportar un producto de tipo textil fabricado una fábrica de un polígono de Zaragoza (España) a un comprador o consignatario que esté situado en Shanghái (R. P. China). En el comercio de mercancía aérea se establecen unos acuerdos comerciales denominados incoterms, establecidos por la Cámara Internacional de Comercio, en función de los cuales, la compra se realiza de una forma u otra, es decir, esos incoterms explican de hasta dónde son responsabilidad de cada uno las mercancías. Según el documento Transporte Aéreo Internacional de Mercancías (ICEX España) los incoterms son “un conjunto normalizado de reglas que fijan los términos comerciales en la compraventa de mercancías, estableciendo las principales obligaciones de las partes intervinientes (vendedor/exportador y comprador/importador) respecto del contrato de compraventa, afianzando así la seguridad jurídica, estandarizando las prácticas comerciales y evitando malentendidos y litigios [1].”

Para analizar este ejemplo primero se debe definir a los principales actores de la cadena logística a nivel documental en el sector aéreo y los documentos más importantes en ésta.

Transitario: El transitario, según la ICAO es “Un agrupador y expedidor de carga y proveedor de servicios logísticos puede gestionar la preparación, el almacenamiento, el transporte y la entrega final de las mercancías de la cadena de suministro, comprendidos los trámites de documentación y facilitación aplicables [2].” En el sector aéreo, un transitario es un intermediario entre el expedidor, el consignatario y la compañía aérea, el transitario se encarga planificar, organizar y gestionar el transporte de la mercancía, el contrato de seguro y normalmente también realiza los trámites aduaneros (ya que la mayoría de los transitarios son al mismo tiempo agentes de Aduanas) entre Aduana del país expedidor y el país de destino. Asimismo, se encarga de asesorar al shipper sobre la mejor opción para realizar el transporte de la mercancía, también que esas mercancías pasen la Aduana correctamente y de pasarle información a la empresa de handling (que ha sido contratada por la compañía aérea). La Aduana siempre verifica con un código de colores el paso de las mercancías, verde (entrada o salida libre del Espacio Schengen) amarillo (petición de revisión de algún documento como son facturas, packing list u otros) o rojo (que requiere la inspección física por parte de la autoridad aduanera). Tanto naranja como rojo requieren el paso final al canal verde, que es el único que

permite la libre circulación de la mercancía (en el caso de importación), como la salida de la CE (en el caso de la exportación). Cuando ya está en canal verde, se pasa y le envía ésta el cobro al transitario. El transitario se encarga de hacer todos los pagos, pagos que, por supuesto, corren a cuenta del cliente, así como la formalización de toda la documentación (Air Waybill, sobre todo) que entrega a la compañía aérea. El transitario debe supervisar el desarrollo de la operación y solucionar los problemas que surjan. La figura del transitario podría decirse que es imprescindible en el comercio de mercancías internacional por vía aérea.

Agente de Aduanas: Un agente de Aduanas es aquel que realiza los trámites aduaneros, haciendo la declaración tributaria en la Aduana de los bienes que van a atravesarla, ya sea importación o exportación [3]. Debe encontrarse en posesión del título de Agente de Aduanas expedido por el Ministerio de Hacienda, además debe estar colegiado para poder ejercer, es ese colegio el que respalda su actividad profesional. Entre sus funciones principales destacan:

- Elaborar y presentar ante la Aduana la correspondiente Declaración Tributaria que determinará el destino aduanero que se le quiere dar a la mercancía. Esto debe incluir los diferentes documentos que justifican los elementos de la mercancía (Procedencia, a quien pertenece esa mercancía, cuál es su destino etc.). Esto puede incluir una inspección de la mercancía en el caso de que la Aduana lo considere oportuno, en las Aduanas se establece un código de colores con el fin de conocer el estado actual de la mercancía, verde si pasa correctamente, amarillo si hay alguna incidencia administrativa y debe presentarse de nuevo un documento y roja si se requiere una inspección física, hasta que el estado de la mercancía no sea el verde, la mercancía no atravesará la Aduana. Por otro lado, en cierto tipo de mercancías, es necesaria una inspección por parte de otros organismos distintos a la Aduana, como por ejemplo los Servicios Fitopatológicos, los Servicios Veterinarios o los Servicios de Farmacia o el CITES. Estos organismos emitirán una valoración que entregarán al agente de Aduanas, éste presentará ante la administración aduanera a los efectos oportunos. En todos estos trámites de inspecciones sanitarias, el Agente de Aduanas asume la representación del titular de la mercancía.
- El Agente de Aduanas también debe efectuar gestiones para liberar la carga de los transportistas lo antes posible, como por ejemplo la entrega de CMR o cartas de porte. Esto lo hace con ánimo de agilizar lo máximo posible los trámites aduaneros y rebajar los tiempos de espera, intenta liberar la mercancía de la Aduana lo antes posible, así como asignar a la misma un destino aduanero.

Cabe recordar que un agente de Aduanas puede trabajar de manera independiente o dentro de una empresa, por eso antes se ha mencionado que algunos transitarios son al mismo tiempo agentes de Aduanas.

Compañía aérea (en el presente TFG se escoge la compañía aérea, Emirates, para el supuesto. Esto es debido a que es una de las principales compañías aéreas de las que operan en Zaragoza, es una aerolínea con sede en Dubái (Emiratos Árabes Unidos). Es la aerolínea más grande en el Medio Oriente, que opera cerca de 3.400 vuelos por semana desde su centro de operaciones en el Aeropuerto Internacional de Dubái, a más de 133 ciudades en 74 países en cuatro continentes. Las actividades de carga se llevan a cabo por el Grupo Emirates SkyCargo.): Una compañía aérea o aerolínea es una empresa que se dedica al transporte aéreo de pasajeros o carga, en nuestro caso nos centraremos solamente en las aerolíneas que se dedican a transportar carga. Su misión en la cadena logística aérea será la de transportar la mercancía del aeropuerto de salida al aeropuerto de destino, mediante uno o más vuelos, lo que se denomina la función de “carrier”. Además, la compañía aérea también tiene al load master (figura que definiremos posteriormente) de la aeronave, que es quien le dice a la empresa que se encarga del handling de rampa en qué posición de la aeronave debe posicionar la mercancía para un correcto equilibrado de la misma.

En el sector aeroportuario, un **HUB** (o centro de conexiones en español) es el aeropuerto que utiliza una aerolínea como centro logístico de operaciones, es una centralización de las operaciones logísticas, con el consiguiente ahorro económico. Se debe tener en cuenta que una aerolínea puede tener uno o varios HUB’s, y también esa misma aerolínea puede tener un HUB para pasajeros y otro distinto para la sección carga. Para nuestro supuesto, Emirates SkyCargo tiene establecido su HUB en el Aeropuerto Internacional de Dubái – Al Maktoum (DWC en las siglas de IATA). En cargo, esto es muy útil ya que, si por ejemplo se quisiese llevar la mercancía de Zaragoza ZAZ a Shanghái PVG y la aerolínea no tuviese programado ningún vuelo directo, el transitario podría acordar que Emirates llevase la mercancía a su HUB (DWC) y una vez allí, se mandase la mercancía en ese u otro avión a Shanghái – Pudong (PVG).

El handling aeroportuario abarca todas las operaciones que se realizan a una aeronave desde que el avión llega a la terminal hasta el momento en el que parte con dirección a otro aeropuerto [4]. A continuación, en la **ilustración 1**, puede verse un Boeing 747F en proceso de carga:



GHA (Suele ser también ADT, es decir, un Almacén de Depósito Temporal): Que significa

Ilustración 1 Boeing 777F en proceso de carga. Fuente: Air Cargo News

Ground Handling Agent, Agente de Handling de Tierra, y es el responsable de la asistencia en tierra a las aeronaves o handling de tierra (definido anteriormente), estos son, según la ICAO (International Civil Aviation Organization) “subcontratados que actúan en nombre de los agrupadores y expedidores de carga y/o los explotadores de aeronaves cuando estos no disponen de las instalaciones necesarias, los servicios de asistencia en tierra pueden comprender la puesta a disposición de almacenes para la admisión, manipulación, preparación y etiquetado de la carga y el correo, así como su carga y descarga, tránsito y almacenamiento [2]”.

Para acabar de aclarar lo que este concepto, se puede definir lo que son el lado tierra y el lado aire de los aeropuertos. Según la ICAO la operación en ambos lados debe ser rápida, segura y eficiente, y también confortable en el lado tierra de cara a los clientes. Para entender esta separación lado aire y tierra se podría decir que el lado aire está orientado al mantenimiento y necesidades de las aeronaves mientras que el lado tierra vela fundamentalmente por la satisfacción de los clientes tanto en la sección pasajeros como en la sección cargo. La IATA establece en los documentos AHM (Airport Handling Manual) e IGOM (IATA Ground Operations Manual) las operaciones de handling normalizadas. En todos los aeropuertos del mundo reconocidos por la IATA el lado aire y el lado tierra están separados físicamente por un control de seguridad, que es quien define los lados donde se opera y que tienen diferentes exigencias de seguridad.

ADT: Un ADT o Almacén de Depósito Temporal es una Aduana pública gestionada por un operador logístico que esté autorizado para ello, de esta manera, se incrementa la eficacia de la logística. La mercancía puede estar como máximo 20 días en el ADT, no solo en aeropuertos, también en cualquier depósito aduaneros. Pasado este plazo, queda a disposición de la Aduana, que puede ordenar su destrucción o prolongar en caso justificado la estancia. En el caso del aeropuerto de Zaragoza la empresa Groundforce Cargo S.L. que es en la que se ha basado este trabajo, es al mismo tiempo ADT y GHA.

Load Master (en español sería el estibador aeroportuario): El load master hace los cálculos y planea que posiciones ocupará la carga en la aeronave dependiendo fundamentalmente de la masa de las mismas, con la intención de garantizar un buen equilibrio de la aeronave durante el vuelo, asegurando que no haya secciones sobrecargadas. También deberá tener en cuenta que en ciertos aviones cargados con materiales sensibles (como son animales vivos, mercancías peligrosas, etc.) no pueden encontrarse en las inmediaciones de otros por temas de seguridad. El load master debe también supervisar el procedimiento de carga del avión y asegurarse de que no se produzcan golpes a la estructura de la aeronave (bastante delicada) y

también deberá asegurarse de que las sujeciones sean las correctas para evitar que la carga se mueva o desplace durante algunas maniobras del vuelo. Esas sujeciones se realizan mediante correas y cinchos (straps). Procedimiento que se verá posteriormente en este trabajo con más detalle. También hace el cálculo del combustible necesario para llegar a destino, teniendo en cuenta la carga total que lleva ese vuelo en concreto.

Air WayBill: Es un documento que establece un contrato de carga entre el expedidor y la aerolínea. Cubre el transporte de mercancías de aeropuerto a aeropuerto, se considera el documento más importante dentro de los contratos en el sector aéreo. Cumple las siguientes nueve funciones:

- Da fe de la realización del contrato de transporte.
- Asegura el recibo de la mercancía por parte del transportista.
- Asegura el cumplimiento de las condiciones pactadas para el transporte.
- Da fe de las características de la mercancía, tipo de embalaje, peso, dimensiones etc.
- Según las especificaciones anteriores, el air waybill indica cómo debe tratarse esa mercancía.
- Es un justificante contable del transporte de mercancías, es decir, vienen desglosados los distintos costes y a que se debe cada uno de ellos.
- Da fe de la recepción de la mercancía por parte del consignatario.
- Es una declaración de bienes para Aduanas.
- Es un certificado de seguro, siempre que el expedidor (shipper) haya declarado el valor de las mercancías y haya solicitado cobertura a un seguro.

El formato ha sido diseñado por la IATA con el fin de usarlo tanto para transporte nacional como internacional. Hoy en día existe una variante del Air Waybill cada vez más usada llamada e-AWB (Electronic Air Waybill), que no requiere de impresión física. Cabe decir que el AWB tiene once dígitos y los tres primeros corresponden a la aerolínea que esté expidiendo dicho documento. En el caso de este trabajo sería el 176 de Emirates.

Manifiesto de carga: Documento emitido por el GHA que contiene los detalles de toda la mercancía a bordo y además de un listado de todos los números de las cartas de porte aéreo. En este documento también se definen los pesos y el número de artículos de cada envío. Esas cartas de porte aéreo son una carta de porte tradicional, pero aplicado al sector aéreo, es decir, documentos elaborados por el exportador (o compañía aérea) dando fe del contenido del envío y que también sirven como prueba de la recepción de la mercancía.

Es interesante también hablar de los pesos, ya que en el sector aéreo el mismo peso se contempla de tres formas diferentes. Cuando se habla de peso cargable es el que la aerolínea tiene en cuenta para el cobro del transporte, lo calcula de la siguiente manera, establece primero dos pesos: peso bruto y peso cargable.

Peso Bruto: Es el peso total del embarque incluyendo el peso del embalaje también se le conoce como peso de alta densidad. Se expresa en kg

Peso Volumen: Es la carga voluminosa en relación con su peso bruto o también llamada carga de baja densidad. Se calcula mediante la fórmula $(n^{\circ} \text{ Bultos} \times \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Alto}) / 6000$. Se expresa en dm^3 o litros y el largo, ancho y alto se expresa en cm

Se compara el peso bruto y el peso volumen, el que sea más alto será el **peso cobrable**. Ahora ya con todo definido, se puede proceder a explicar la cadena logística documental para el ejemplo propuesto de exportación Zaragoza \rightarrow Shanghái. El esquema mostrado a continuación ayuda a entender este proceso.

Como aclaración, antes de definir la cadena logística, cabe decir que se hará desde el punto de vista documental, sin entrar en que tecnologías se usan a nivel físico para la manipulación de la mercancía, ya que eso será el objeto de otra parte del proyecto.



Ilustración 2 Esquema flujo documental. Fuente: [2]

El comienzo de la cadena logística consistiría en el transporte vía terrestre de la mercancía desde un polígono de Zaragoza al aeropuerto de Zaragoza, el shipper y el transportista terrestre establecen su contrato mediante el denominado CMR o Carta de Porte, ya que se trata de un transporte cuyo origen y destino se encuentran en España, de no ser así, se usaría el CMR Internacional, que es lo mismo que la carta de porte, pero para envíos entre distintos países. Tanto los CMR como los CMR Internacional son los clásicos documentos de transporte por carretera que hemos explicado anteriormente.

A continuación, el GHA (en este caso Groundforce) recibiría en el aeropuerto dicho envío, firmando al transportista el CMR y dando fe así de la recepción de la mercancía. Groundforce procedería a mover esos palés del envío al almacén (ADT). Una vez allí, desempaquetaría el contenido de los palés, es interesante saber que hay un packing list donde viene el contenido de todas las cajas, lo que puede ayudar al GHA a localizar entre las cajas cuál lleva mercancía susceptible de daños o con necesidad de manejo diferente. Aun así, las cajas con contenido especial deben ir marcadas externamente para ser localizadas como tales en el almacén. En la

actualidad, en el aeropuerto, chequea que haya las mismas cajas que las que dice traer el transportista en el CMR, antes de firmarle al transportista, el GHA cuenta las cajas y se asegura que coincida con las cajas que pone en el albarán, tanto el número de cajas como su código, cabe decir que si faltase o sobrase alguna se avisaría al transportista y al shipper de la falta. En algún caso excepcional donde el GHA no tenga tiempo de contar se hace una reserva en el CMR diciendo “pendiente de contar” y cuando posteriormente se verifica, se envía la confirmación de recepción al transportista y el shipper. Posteriormente se procedería a la construcción de las planchas.

Las planchas o ULD's son los palés aeroportuarios, metálicas, y de mayores dimensiones. Hay tres tipos básicos de plancha aérea: PYB, PAG y PMC. Se ubican en distintos modelos de aeronaves dependiendo de los requerimientos de espacio de las mismas, también en distintas zonas (bodega, zona posterior del avión, zona media...). A continuación, se introducen dos ilustraciones donde pueden verse los tipos de plancha más comunes en el sector aeroportuario.

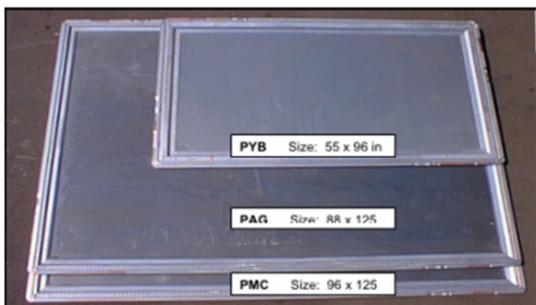


Ilustración 3 Tipos de planchas aeroportuarias. Fuente: Elaboración propia

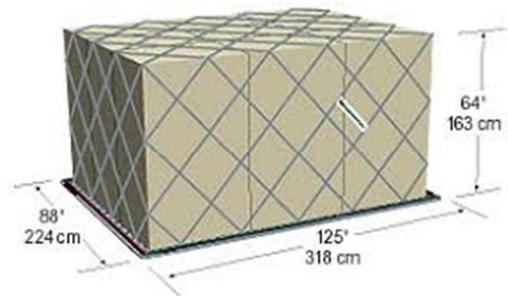


Ilustración 4 Dimensiones ULD tipo PAG. Fuente: IATA

Antes de poder cargar esas mercancías el transitario se encargaría de todos los trámites aduaneros, de presentar toda la documentación requerida, documentación tributaria, AWB, packing list y facturas y abonaría el importe requerido dependiendo de qué mercancías se estén exportando y en qué cantidad.

Esas planchas debería cargarlas en el avión el encargado del handling de rampa (en este caso del estudio, de una compañía del mismo grupo empresarial (Globalia), Groundforce Handling).

Al subir la carga en el avión el transitario se encargaría de enviar los documentos a la compañía aérea, en este caso el Air Waybill expedido por el shipper, sería la compañía aérea, que lo encarga al agente de handling, la que debería llevar ya elaborado el manifiesto de carga con sus cartas de porte aéreas. Por lo tanto, en el avión, cuando ya esté listo para despegar, se juntarán los siguientes documentos: **AWB, Manifiesto de Carga, las facturas y el packing list.**

Se realizaría el viaje hasta el Aeropuerto Internacional de Dubái – Al Maktoum (DWC), que es el HUB de la sección cargo de Emirates. Una vez allí, una empresa de handling contratada por el transitario, descargaría la mercancía, junto con toda la documentación mencionada anteriormente. En caso de que el avión que cubre el recorrido DWC-PVG despegase poco después de la llegada del que ha cubierto ZAZ-DWC, la mercancía (también incluye los documentos, que son tan importantes como la carga, ya que sin ellos, la carga sufriría problemas aduaneros y de otro tipo y podría incluso pasar a destrucción) se llevaría directamente de una aeronave a la otra, de no ser así, se llevaría al ADT de la empresa de handling correspondiente y allí se esperaría hasta poder fletarla en la nueva aeronave.

Una vez la segunda aeronave hubiese llegado al Aeropuerto Internacional de Shanghái SHA – Pudong PVG, otra empresa de handling también contratada por el transitario se encargaría de desembarcar esa mercancía de la aeronave, junto con el AWB, las facturas y el packing list.

Esta mercancía también debería pasar la Aduana china en Shanghái (el transitario enviaría a esa Aduana toda la documentación necesaria) antes de salir del aeropuerto y entrar en territorio nacional chino de forma libre para su consumo. Y debería pagar los impuestos y aranceles de la República Popular China para ese tipo de mercancía. Una vez ya pasada la Aduana la empresa de handling del aeropuerto de Shanghái – Pudong ya podría preparar la mercancía para introducirla en camiones que la lleven hasta el consignatario (se establecería el contrato mediante el documento necesario en la República Popular China para transporte de mercancías por carretera, contrato entre la empresa de handling y el transportista y a su vez también entre el transportista y el consignatario).

Esta sería la forma convencional de transporte de mercancías aeroportuario, estos últimos años han surgido también los denominados operadores integradores (por ejemplo, UPS, FEDEX o DHL), los cuales gestionan su carga de forma conjunta. Aplicado a este caso, el consignatario pagaría a cualquiera de estas empresas para traer el producto y ellas solas gestionarían toda su propia cadena logística para encargarse de que la mercancía llegase de Zaragoza a Shanghái. Esta aparición ha provocado más competencia en el sector, ya que esos operadores actúan de forma intermodal pudiendo llevar la mercancía a cualquier parte del planeta [5].

Ya que el objetivo de este trabajo también es encontrar alguna posible mejora en el sector, vamos a intentar ver, a nivel documental que se podría mejorar respecto a la actualidad en el transporte aéreo de mercancías. La IATA establece el llamado StB (Simplifying the Business) donde nombran diferentes propuestas para mejorar el sector, a continuación, se van a comentar dichas propuestas, el StB propone las seis medidas siguientes: Interactive Cargo, ONE Record, Smart Facility, ACID - Air Cargo Incident Data, Cargo Connect y e-AWB.

Interactive cargo: Es un proyecto que trata de desarrollar servicios basados en sistemas inteligentes, que puedan enviar alertas en tiempo real, responder a desviaciones de las expectativas de los clientes para emitir mejoras basadas en los datos recogidos. Esto es debido

a que los clientes desearían conocer con más exactitud y en tiempo real la posición de su mercancía. También sería una información muy interesante para los shippers, para saber cómo reaccionar ante las diferentes incidencias. Es interesante para todo tipo de mercancías, pero sobre todo para perecederos, animales vivos o productos farmacológicos. Un último nivel de esta mejora sería ya el “tracking” de las piezas de manera individual (lugar y tiempo).

ONE Record: El objetivo de esta mejora es eliminar el papel de los procesos y crear un entorno interactivo donde las compañías puedan mantener sus relaciones de manera digital con facilidad, es ir un paso más allá del denominado e-freight (éste solo consiste en no utilizar el papel y que todos los documentos fuesen electrónicos). Un último nivel de la mejora sería que en toda la cadena logística no apareciese un solo papel (fuese toda la documentación electrónica y sobre todo única). Propone una infraestructura de documentos compartidos en la nube, desde donde puedan verse todos los registros de los cargamentos.

Smart Facility: Esta mejora pretende por un lado crear transparencia en los servicios de handling, es decir, que puedan verse de un modo sencillo a través de la red, los diferentes servicios de handling de tierra para que el cliente que desee contratarlos pueda ver exactamente que servicios ofrece cada uno.

ACID - Air Cargo Incident Data: Esta mejora trata de almacenar y proveer a las aerolíneas con los informes de los incidentes que hayan ocurrido a lo largo del tiempo, de modo que, en un futuro, todas conozcan soluciones para los posibles problemas que se planteen en el ground handling.

Cargo Connect: Pretende mejorar la comunicación entre los denominados Cargo Community Systems (CCCs). Un CCCs es un sistema de comunicación ya existente para las distintas partes implicadas en el comercio de mercancías, aerolíneas, GHA's, load masters, autoridades aeroportuarias, shipper y consignatario. Esta medida lo que quiere es simplificar, modernizar y crear un modelo único de CCCs.

e-AWB: Es una subdivisión dentro del e-freight, consiste en hacer electrónico el Air – Waybill. Como ya se ha comentado, el AWB es el documento más importante en el sector. Cabe destacar que hoy en día, aunque ya se tenga AWB en su versión electrónica en muchas ocasiones, sigue siendo necesaria la impresión del mismo porque algunas Aduanas o clientes aún no lo han asumido como necesario [5].



2.2 Proceso de handling aeroportuario de tierra y aire en el aeropuerto de Zaragoza. Canales logísticos

En este apartado se va a explicar cuál es la diferencia entre handling de tierra y rampa, además, se verá con qué tipos de mercancías se trabaja principalmente en Zaragoza y por último, se definirá paso a paso los dos canales logísticos sobre los que posteriormente se estudiarán los casos particulares.

A continuación, se añade la ilustración 5 con una fotografía tomada en una de las visitas al Aeropuerto de Zaragoza:



Ilustración 5 Boeing 747F de Korean Air Cargo. Fuente: Elaboración propia

Anteriormente se ha explicado que es el handling, ahora se va a ver que dentro del handling se distinguen dos grandes ramas:

Handling de tierra: En la sección cargo, el handling de tierra consiste en la preparación y el desembalaje de la mercancía dispuesta en ULD's, (Unit Load Device), el control de seguridad pertinente de la mercancía y la preparación de la documentación para la importación / exportación y la entrega de documentos a la Aduana [4].

Handling de rampa (o aire): Son aquellas operaciones que consisten en la introducción o salida de la mercancía en la aeronave siguiendo las indicaciones del load master. También incluye los servicios de abastecimiento del combustible a la aeronave. En la sección pasajeros también incluye la disposición de fingers o escaleras de acceso a la aeronave, la tripulación y el servicio

de catering, por ejemplo, así como por supuesto la carga y descarga del equipaje de los pasajeros y también las maniobras de posición de la aeronave (ya que por ejemplo los aviones no cuentan con marcha atrás, se realiza mediante un push back) [4].

El handling aeroportuario es un negocio muy desconocido, en él se mueven muchos tipos de productos, no sólo textil o productos perecederos como pescado o fruta de temporada. También se llevan mercancías más inusuales como es el caso de las joyas o el lanzamiento de nuevos modelos de móviles antes de salir al mercado y que deben transportarse por vía aérea pero sin ser copiados o descubiertos, mercancía con mucho valor donde la security toma mucha importancia (no ser robada). Junto con estas anteriores se transportan mercancías consideradas como peligrosas, que no son consideradas peligrosas transportadas con otros medios. En Zaragoza, se cargan algunos aviones completos con perfumería, estos deben tomar unas medidas extras de safety (seguridad, entendida como tratar de evitar accidentes). Otro ejemplo notable es la carga y descarga de animales vivos, caballos por ejemplo, donde se les debe acondicionar un transporte para ellos y estar dentro de un rango de temperaturas que no sea dañino para los animales.

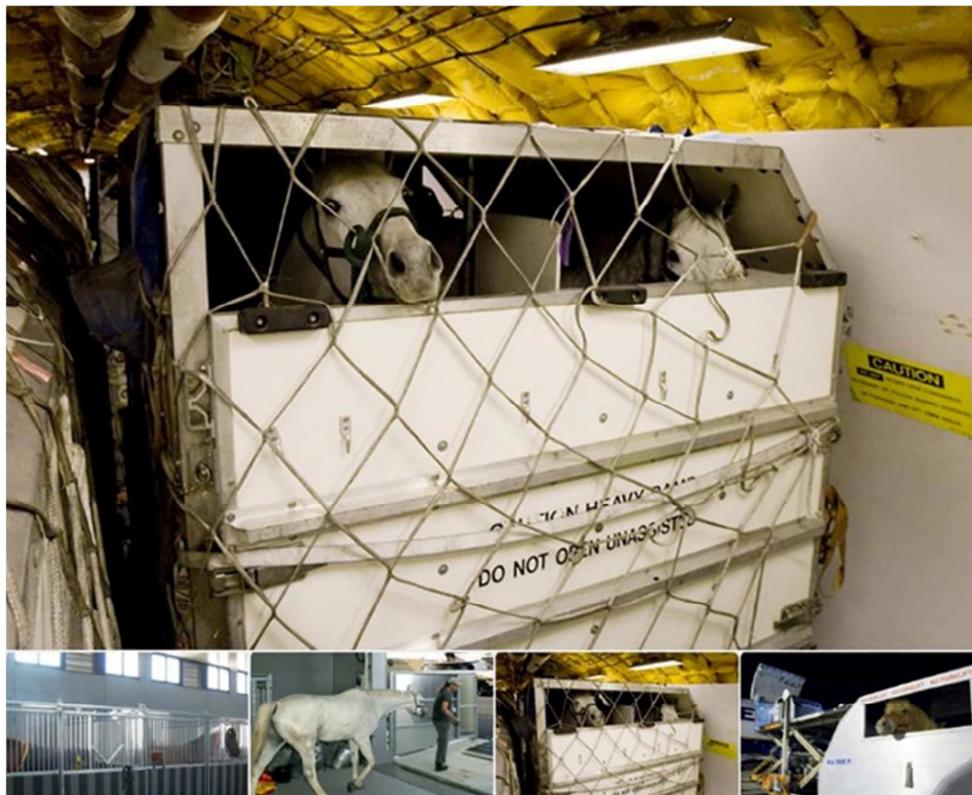


Ilustración 6 Transporte aérea de caballos. Fuente: Elaboración propia

Por aire se llegan a transportar otras mercancías poco comunes, como helicópteros o automóviles de lujo o de competición. En las siguientes ilustraciones puede verse como se carga un helicóptero dentro de un Boeing 747F.



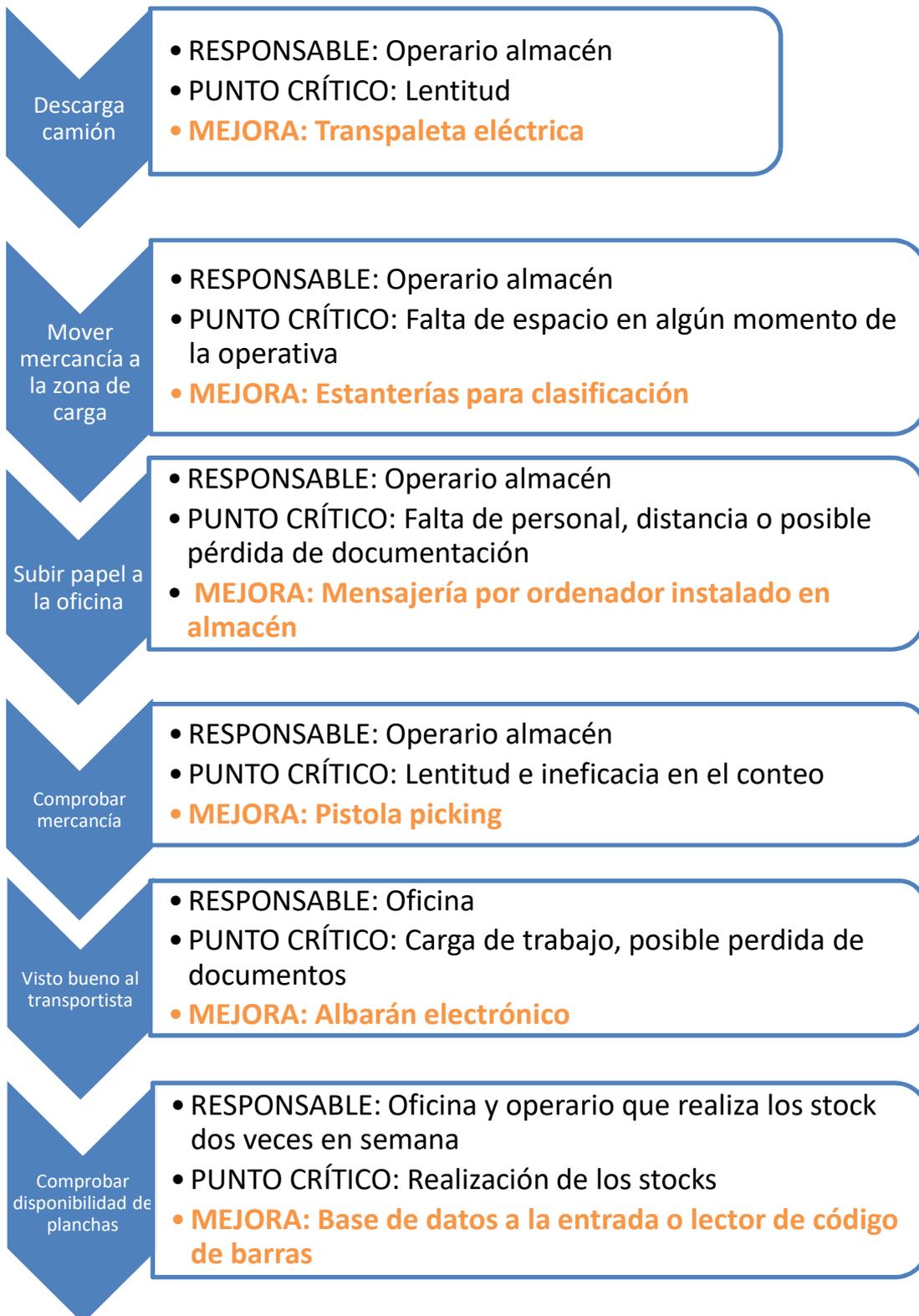
Ilustración 7 Transporte de helicóptero en Boeing 747F (1). Fuente: Saudia Airlines



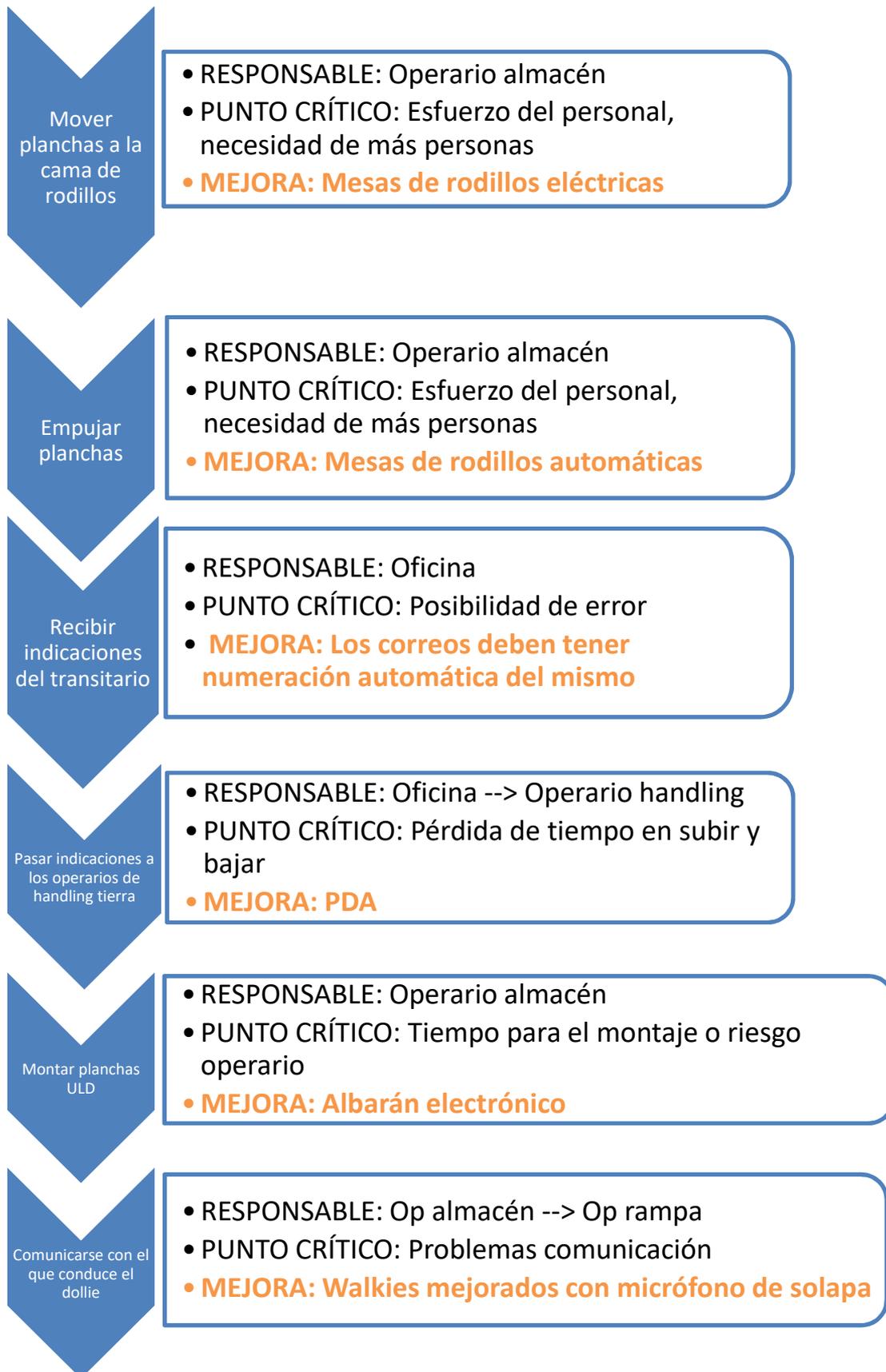
Ilustración 8 Transporte de helicóptero en Boeing 747F (2). Fuente: Saudia Airlines

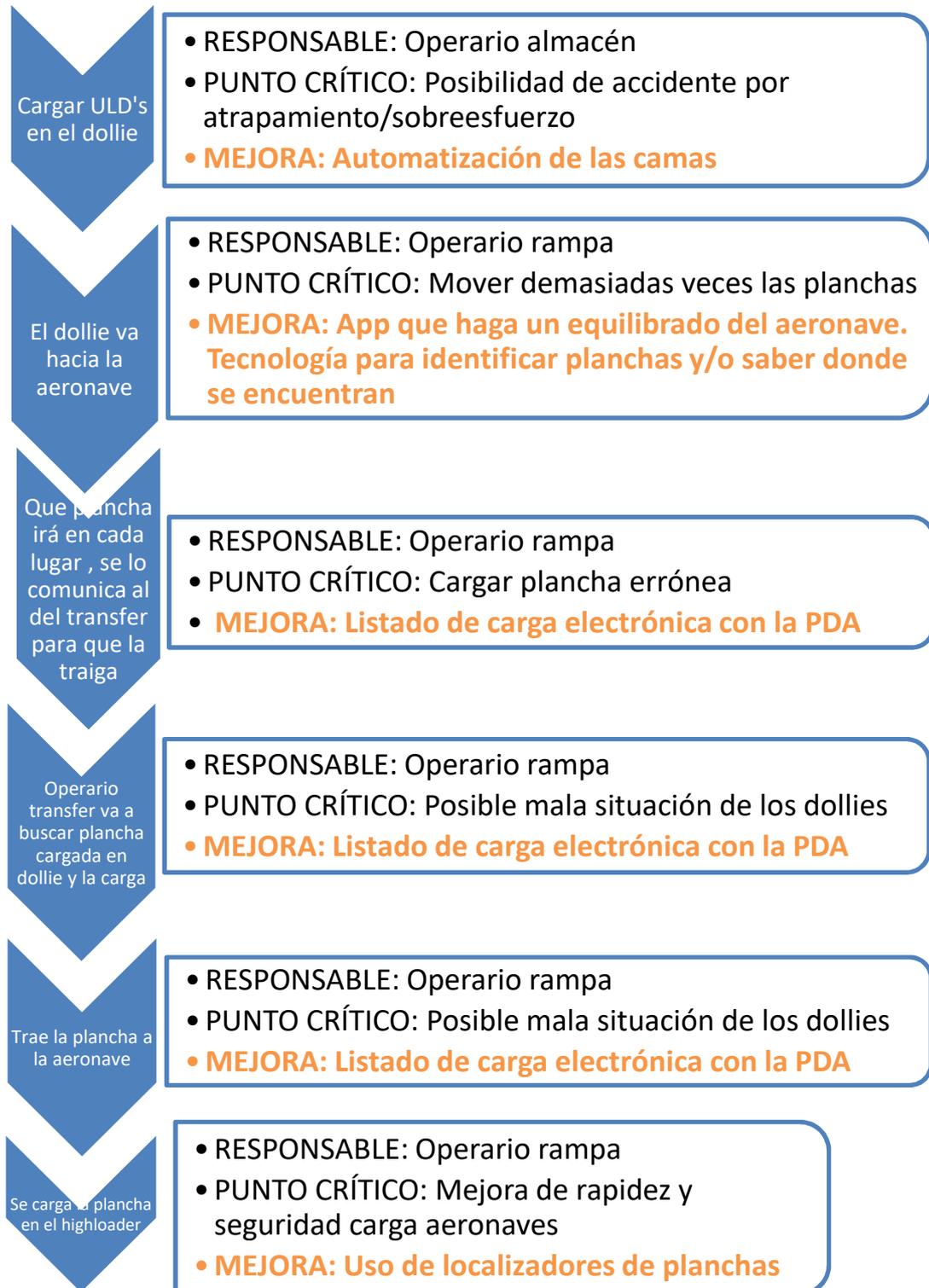
A continuación, se van a ver detalladamente los dos canales logísticos completos (tierra y aire) de los cuales luego se usarán en la parte de tierra como base de los estudios de los casos prácticos. En cada paso se verá quién realiza es acción, donde está el punto crítico y la mayoría cuál sería una posible mejora.

2.2.1 Exportación de producto de alta rotación (Textil)









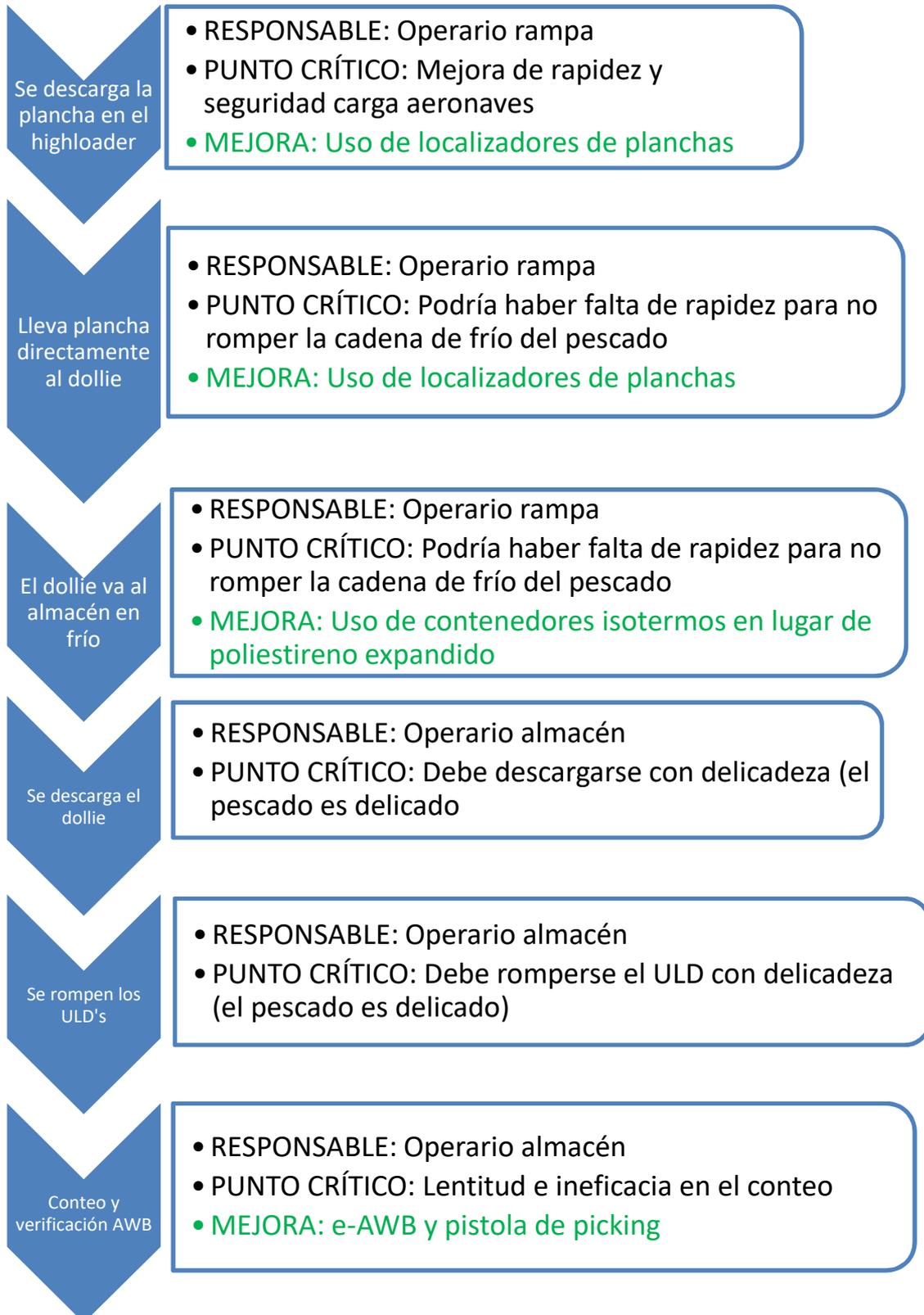
Se eleva la carga con el
highloader y se
introduce en la aeronave

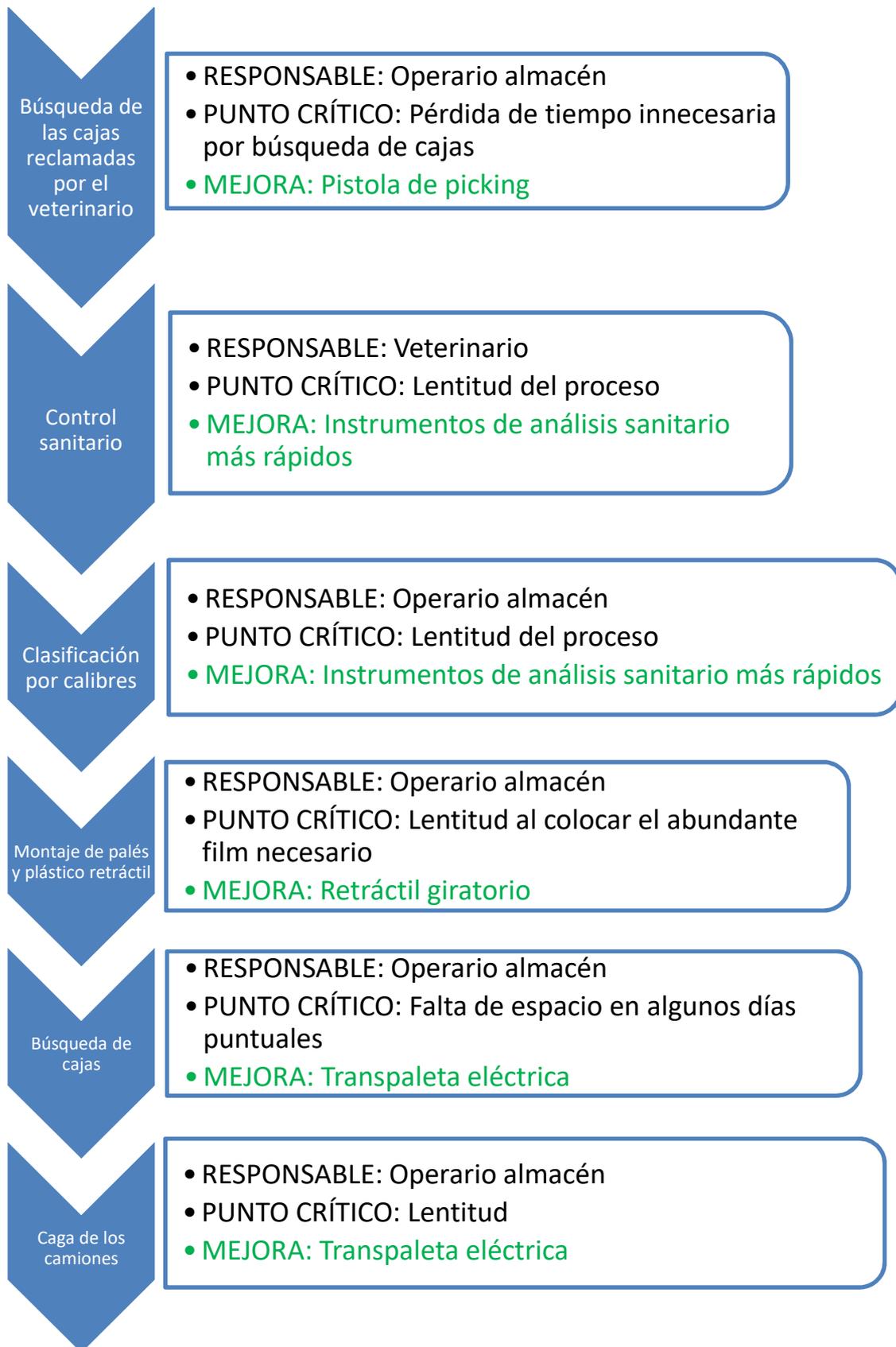
- RESPONSABLE: Operario rampa
- PUNTO CRÍTICO: Mejora de rapidez y seguridad carga aeronaves
- **MEJORA: Uso de localizadores de planchas mediante dispositivos electronicos removibles**

Se lleva la plancha
a la posición

- RESPONSABLE: Operario rampa
- PUNTO CRÍTICO: Mejora de rapidez y seguridad carga aeronaves
- **MEJORA: Uso de localizadores de planchas mediante dispositivos electronicos removibles**

2.2.2 Importación de perecederos (Pescado fresco)





3. Metodología

En este apartado se tratará de explicar de forma genérica e intuitiva como se ha desarrollado el mecanismo de cálculo de los tiempos de carga. Desde donde se ha partido, que pasos se han seguido y donde se ha llegado.

Para poder desarrollar una forma de trabajar lo primero es plantear los problemas mediante supuestos, es evidente que la realidad tiene una gran casuística, con lo que se deben hacer unas suposiciones lo más correctas posible que permitan simplificar el problema y poder trabajar sobre él desviándose lo menos posible de la realidad. En este caso se aplicará el principio científico de *ceteris paribus*. Como es sabido, es una locución latina que significa “permaneciendo el resto constante”. Es muy común que se analice un experimento manteniendo algunas variables constantes. No es lo mismo que «ignorar algunas variables», pero sí es ignorar las variables cuando éstas no afectan al experimento de manera relevante.

En primer lugar, se ha supuesto que los operarios se dedican exclusivamente a un vuelo a la vez, es decir, se ha aislado la operativa de cada vuelo de forma individual, para poder trabajar más cómodamente sobre ella. En la realidad, sucede que el mismo operario puede colaborar en fases de distintos vuelos. También se supone que no hay incidencias, aunque en los casos particulares a estudiar en este trabajo se deja un margen para pequeños imprevistos, en la operativa real, pueden ocurrir accidentes graves que alteren el curso normal de la carga, como podrían ser, un atrapamiento o atropello con la transpaleta o el envío de una caja equivocada en un vuelo. También se ha supuesto que por lo general los operarios trabajan en una sola gran fase al mismo tiempo, aunque por descontado en el trabajo en el aeropuerto se solapan diferentes operativas.

Después de conseguir unas correctas suposiciones, el problema queda más delimitado. Ahora, se necesitan unos datos fiables, para ello, se ha acudido en dos ocasiones a observar directamente la operativa de carga a Groundforce en el aeropuerto de Zaragoza, para obtener datos empíricos en los que se apoyen las herramientas de cálculo de los tiempos con ánimo de ser lo más fieles posibles con la realidad.

Allí, se ha tomado nota de varios aspectos, primero, se ha dividido el proceso en distintas fases, cuantificando el tiempo que ocupa cada una de ellas de media y los operarios que trabajan en dichas fases.

Al tener esos datos medios, se debe pensar cómo se quieren construir las fórmulas de cada fase. Para los casos concretos a estudiar, se han construido funciones hiperbólicas del tipo

$$\frac{K}{n}$$

Donde K es una constante y n el número de operarios de la fase en concreto. Siendo siempre los tiempos inversamente proporcionales al número de operarios de la fase, como es obvio, ya que cuantos más operarios trabajen en una fase, menos tiempo costará, y viceversa. Ciertamente, hay que decir también que un número muy alto de operarios, a partir de cierto punto, ralentiza el trabajo, y empeora la seguridad.

Al haber varios tiempos, al final la herramienta los calcula mediante sumas de funciones hiperbólicas inversamente proporcionales a los operarios en cada fase. Aunque puedan parecer sencillas, este tipo de fórmulas se adaptan muy bien a la realidad como se comprobará posteriormente.

Una vez se tienen las fases de forma individual es muy importante (y muy difícil de medir, por eso se ha consultado a empleados de Groundforce) cuál es el solapamiento entre las distintas fases del proceso, ya que lo siguiente es pensar muy bien y hacer un ajuste fino sobre cómo se calcula el tiempo final de la operativa.

Lo siguiente es ver qué necesidades o problemas se encuentran esos empleados a la hora de trabajar, porqué de cada problema puede pensarse una posible solución, los expertos en el sector darán su opinión sobre qué mejoras pueden funcionar y cuáles no. Algo que a una persona externa al sector puede parecerle una muy buena idea, puede resultar absurda en la práctica y viceversa. Por eso es muy importante que haya un flujo de ideas entre el que pretende desarrollar la herramienta y los expertos en el ámbito. Una vez seleccionadas las posibles mejoras también se necesita saber a qué fases del proceso afectan concretamente y cuál es su influencia en la reducción porcentual de tiempo.

Cuando ya se tiene todo este proceso hecho, se debe ver cómo se quiere que sea la herramienta, cuales sean los datos de entrada y cuales los de salida. Está claro que para estos casos se necesita que la herramienta devuelva los distintos tiempos de las fases y sobre todo el tiempo final. Se podrá actuar sobre estas salidas de varias formas, la primera sería variando el número de operarios por fase, también introduciendo o quitando mejoras o cambiando los porcentajes de disminución de tiempos de éstas. Para clarificar todo lo explicado, se va a hacer un esquema sobre cómo funciona la herramienta.

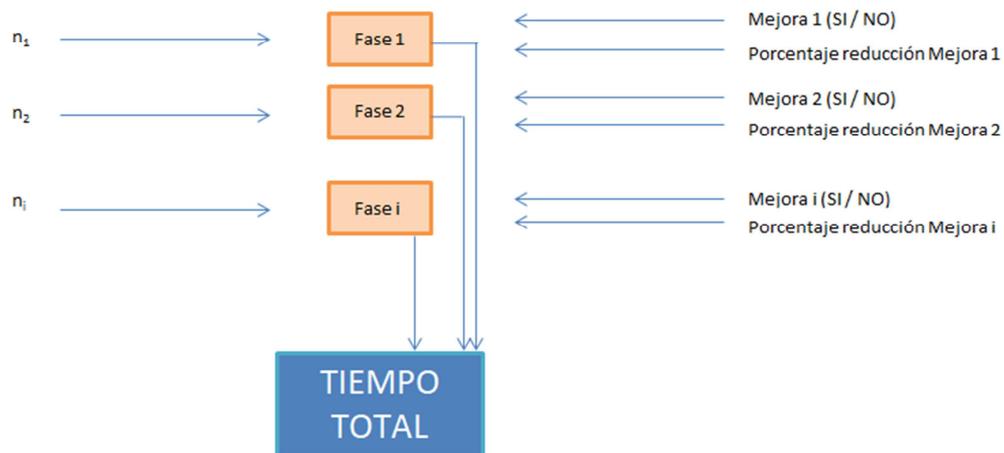


Ilustración 9 Funcionamiento general de las herramientas desarrolladas a partir de la metodología. Fuente: Elaboración propia

Siendo n_i es el número de operarios por fase.

Por último, se prueban todos los datos reales que se tengan para hacerle un ajuste fino a las fórmulas y que se parezcan lo máximo posible a la realidad. Mediante este método se podría crear herramientas todo lo amplias que se deseara, para cien fases con cien mejoras, por ejemplo, y de una forma sencilla. En caso de observar otro tipo de comportamiento también se podrían proponer otro tipo de fórmulas para los tiempos, con n^2 en el denominador, por ejemplo, u otro tipo de configuraciones.

Esta metodología se ha usado posteriormente para crear dos herramientas para dos casos particulares, en cada uno de ellos se explicará de forma precisa como se construido cada una de las fórmulas.

También es interesante explicar cómo se calcularán los beneficios mensuales posteriormente cuando se introduzcan las mejoras, se hará mediante esta fórmula genérica.

$$Aem = n * s \sum_{i=0}^n (Ai * Pi)$$

Siendo:

$Aem \rightarrow$ Ahorro económico mensual

$n \rightarrow$ Número de operarios ahorrados al introducir la mejora en este proceso

s → Euros que se le pagan por cada hora trabajada a cada operario, en $\frac{\text{€}}{\text{hora*op}}$

A_i → Número de vuelos mensuales del modelo i de aeronave

P_i → Horas que se tarda en el handling de tierra del modelo i de aeronave con esta mejora, en $\frac{h}{\text{vuelo } i}$

Con esta fórmula se obtendrá el ahorro mensual al haber introducido una mejora concreta en un proceso debido a la reducción de personal necesario.

Si se quisiese calcular para más tipos de aviones, solo tendría que añadirse dentro del paréntesis otro modelo de aeronave y el tiempo que cuesta su preparación.

4. Estudio de aplicación de mejoras a un caso particular de exportación de producto textil en el Aeropuerto de Zaragoza

En esta parte del trabajo se va a estudiar la influencia de las distintas mejoras en el canal logístico de producto de alta rotación, en este caso concreto, se trata de exportación de producto textil de Inditex en el aeropuerto de Zaragoza. Se va a tener en cuenta el proceso de handling de tierra, que comprende desde que llegan los camiones a los muelles de la terminal de carga, hasta que se deja preparada en la pista para que lo recoja el handling de aire. Para poder ver que influencia tienen esas mejoras, se ha creado un KPI (“Key Performance Indicator”) con la ayuda de Microsoft Excel.



Ilustración 10 Palé consolidado, embalado y cerrado de producto textil. Fuente: Elaboración propia.

4.1 Descripción de las cinco mejoras

Para la mejora de los tiempos en este canal logístico se han propuesto las cinco mejoras que se cree que pueden ser más influyentes en la operativa, a continuación, se explicarán una a una.

Transpaleta eléctrica: Es un mecanismo de transporte para almacenes, que se maneja de forma manual, se pueden emplear para realizar múltiples trabajos tales como la carga y descarga de camiones, el traslado de palés o contenedores, o servir como medios auxiliares de apoyo en las operaciones de picking. Disponen de motores que levantan ligeramente el palé del suelo, ahorrando así el tiempo del operario, y también esfuerzo, puesto que el operario va montado sobre la propia transpaleta. Fuentes de Groundforce han estimado que la adquisición de éstas transpaletas podría reducir un 10% el tiempo total de las operaciones de carreteo (Fases 2,3,5). Una transpaleta como esta se encuentra entorno a los 8000 € de precio.



Ilustración 11 Transpaleta tradicional. Fuente: Mecalux
Transpaletas



Ilustración 12 Transpaleta eléctrica. Fuente: Hyundai
Transpaletas

Pistola de picking:

La pistola de picking es un lector de código de barras industrial, donde el operario se acerca al código correspondiente y el lector coge el código y lo transmite directamente al ordenador. En el presente caso, ahorraría al operario tiempo de conteo de las cajas manual, además ser una herramienta más fiable. El precio de cada unidad de un modelo estándar se encuentra aproximadamente en unos 200 € la unidad.



Ilustración 13 Pistola de picking.
Fuente: Comercial GrupoAlba

Estanterías con etiqueta:

Son unas estanterías con una gran resistencia, en las cuales se colocan unas etiquetas para identificar al vuelo al que pertenecen, una vez colocadas, se hace mucho más sencilla su clasificación. Facilitando así el trabajo del operario en la subfase 1.3. Se ha estimado que el ahorro de tiempo en esta operación empleando esta mejora estaría entorno al 35% y cada unidad de aproximadamente un 1.3 metros de largo cuestan alrededor de los 1.330 €.



Ilustración 14 Estantería industrial de aluminio. Fuente: Mecalux

PDA con lector de código de barras:

Una PDA (Personal Digital Assistant) es un pequeño ordenador con finalidades específicas destinado al uso industrial. En este caso se necesita una PDA que cuente con un lector de código de barras y código QR. Cuando los lea, se verificaría directamente en el ordenador de la oficina, que esa caja se habría montado en la plancha correspondiente. Aparte de agilizar la subfase más importante de nuestra operativa (subfase 4.1, que es claramente el cuello de botella), también facilita el trabajo a la oficina, no teniendo que escribir manualmente que caja va en cada plancha. Lo más importante, es que por aquí los operarios recibirían las

indicaciones del transitario de manera directa, sabiendo a que plancha va cada caja. Según las informaciones recibidas por parte de Groundforce, podrían ahorrar hasta un 12% de tiempo en la subfase 4.1 y su precio podría rondar los 2500 € por unidad.



Ilustración 15 PDA con lector QR y código de barras. Fuente: Qunsud

Escalera reforzada a la altura de planchas:

Se trata de una escalera metálica reforzada, que se puede desplazar hasta la zona de montaje de los ULD's gracias a que tiene ruedas, facilitando la colocación de las cajas de la parte superior del ULD. Según la estimación realizada por Groundforce, podría reducir hasta un 8% la subfase 4.1 y también la subfase 4.2. Su precio unitario se encuentra a los 700€.



Ilustración 16 Escaleras reforzadas para uso industrial. Fuente: KaiserKraft

4.2 Proceso de desarrollo de la herramienta para el cálculo de los tiempos para distintos modelos de aeronave (Boeing 747F, Boeing 777F y Airbus A330F)

A continuación, se va a explicar detalladamente como se han construido las fórmulas para el cálculo de los tiempos a partir de una exportación en un Boeing 747F. Para ser lo más fieles posible con la realidad, se han medido personalmente los tiempos que invierten los operarios de Groundforce para preparar la mercancía dicho avión en la terminal de carga del aeropuerto de Zaragoza.

Para ello, se explicará en que fases se ha dividido el procedimiento operativo y cómo se han calculado las fórmulas para cada uno de ellos, a partir de datos reales tomados en la terminal de carga con la empresa de handling aeroportuario Groundforce.

Se divide el proceso en grandes fases, una primera que abarca desde que los camiones llegan a la terminal de carga hasta que se deja la carga en el almacén, unas fases intermedias de carreteo (segunda y tercera fase), también una cuarta fase (muy importante) de construcción de los ULD's y por último el carreteo final del foso a la pista.

En la **primera fase**, como ya se ha comentado, engloba desde la llegada de los camiones a los muelles hasta tener la mercancía clasificada. Está subdividida en tres subfases, la primera es la descarga del camión (subfase 1.1) donde los operarios descargan los trailers bajando la los palés al suelo, también está la subfase 1.2, donde se abren esos palés y se va haciendo un conteo de las cajas (dicho conteo, debe coincidir con el CMR entregado por el transportista), la otra subfase es la 1.3, donde se clasifican esas cajas dependiendo la plancha en la que deban montarse.

La **segunda fase** consiste en el carreteo de la mercancía proveniente de la subfase 1.3 ya clasificada por vuelos a la zona de almacenaje contigua.

La **tercera fase** es el carreteo de la zona de almacenaje a los fosos donde se construyen las planchas.

La **cuarta fase** es en la cual se elaboran las planchas, se reciben cajas (ya clasificadas) y se sacan planchas totalmente preparadas para embarcarlas en la aeronave correspondiente. Consta de tres subfases, una primera donde se construye la plancha siguiendo las indicaciones del transitario (subfase 4.1), una segunda donde se cierra y se verifica el contorno de dichas planchas (subfase 4.2) y una tercera en la cual se pesan para garantizar el cumplimiento de los pesos y no descompensar el equilibrado de la aeronave.

Por último, está la **quinta fase**, donde se realiza el carreteo de las planchas ya totalmente preparadas del foso a la pista, para que los dollies las recojan y las lleven a la aeronave.

Es muy importante mencionar que, dentro de la primera y cuarta fase, se ha supuesto que del número total de operarios trabajando en la fase en concreto, todos ellos se dedican a la primera subfase y luego, la mitad de los operarios realizan la segunda, y la otra mitad la tercera. Para aclararlo con un ejemplo, se puede decir que, si se supone que en la fase cuatro se tienen X operarios trabajando en un momento determinado, se considera que X operarios participarán en la construcción de los ULD's (subfase 4.1) y $X/2$ participarán en el cierre y embalaje de las planchas, así como otro $X/2$ de los operarios participarán en el pesaje de las planchas. Con la fase uno sucede exactamente lo mismo. Estas consideraciones se basan en lo observado en la terminal de carga del aeropuerto donde se ha visto que todos los operarios colaboran en las primeras subfases (tanto de la fase uno y como de la cuatro), sin embargo, se reparten las otras subfases a la mitad aproximadamente. Con los tiempos pasa parecido, las subfases dos y tres cuestan cuatro veces menos que las subfases uno aproximadamente, es decir, la mitad de operarios que participan en las subfase 1.1, realizarán la subfase 1.2 y tardan la mitad de tiempo que en la primera.

También hay que señalar que se ha dividido la fase uno en dos tramos, antes y después de alcanzar la masa crítica. La masa crítica es la masa a partir de la cual se considera que ya hay suficiente material para poder empezar con la fase cuatro, es decir, el momento en el cual hay suficientes cajas para proceder a la construcción de los ULD's. A partir de datos reales proporcionados por Groundforce, se ha establecido que la masa crítica se alcanza al haber descargado un 40% de la carga que va a ir en el vuelo. Primero se empieza sólo trabajando en la fase uno hasta alcanzar la masa crítica, una vez alcanzada, ya se puede empezar con la fase cuatro. Los carreteos son considerados simultáneos a las fases uno y cuatro. Antes de alcanzar la masa crítica y con ánimo de agilizar esas descargas de la fase uno, el 20% de los operarios de la fase cuatro se ponen a trabajar en la uno hasta alcanzar la masa crítica, una vez alcanzada vuelven a su puesto de trabajo original en la fase cuatro.

En la siguiente tabla se hace un recuento de los distintos tiempos explicados anteriormente y como los vamos a denominar en su forma abreviada. Cabe recordar que hay dos t_{11} , dos t_{12} y dos t_{13} , los correspondientes a antes y después de alcanzar la masa crítica, a los cuales se les acompañará del sufijo amc (antes de masa crítica) o dmc (después de masa crítica). Esto dejará un total de doce tiempos.

Las fórmulas se han basado en datos medidos en Groundforce para la carga de un avión Boeing 747F con quince operarios, los cuales han tardado seis horas en realizar todo el proceso.

Siendo t:		
$t_{11 \text{ AMC}}$	Descarga manual del camión	ANTES MASA CRÍTICA
$t_{12 \text{ AMC}}$	Conteo de las cajas (coincidencia con el albarán)	
$t_{13 \text{ AMC}}$	Clasificaciones (por vuelo)	
$t_{11 \text{ DMC}}$	Descarga manual del camión	DESPUÉS MASA CRÍTICA
$t_{12 \text{ DMC}}$	Conteo de las cajas (coincidencia con el albarán)	
$t_{13 \text{ DMC}}$	Clasificaciones (por vuelo)	
t_2	Carreteo de la plataforma al almacén	
t_3	Carreteo del almacén al foso	
t_{41}	Construcción de los ULD's	
t_{42}	Cierre + Verificación de contorno	
t_{43}	Pesaje	
t_5	Carreteo del foso a pista	

Tabla 1 Tiempos de manipulación en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia

Un Boeing 747F tiene una masa de carga de 110 T, que equivale a unas 5000 cajas de este tipo de mercancía, que vienen en 10 trailers de 500 cajas cada uno. La masa crítica será el 40% de 110, que son 44 T.

Los $t_{11 \text{ AMC}}$, $t_{12 \text{ AMC}}$ y $t_{13 \text{ AMC}}$ se han calculado sabiendo que la fase uno antes de alcanzar la masa crítica cuesta 1,75 horas de media. Repartidas en:

$$t_{11 \text{ AMC}} \rightarrow 0,88 \text{ h} \rightarrow 52,8 \text{ min}$$

$$t_{12 \text{ AMC}} \rightarrow 0,44 \text{ h} \rightarrow 26,4 \text{ min}$$

$$t_{13 \text{ AMC}} \rightarrow 0,44 \text{ h} \rightarrow 26,4 \text{ min}$$

A partir de aquí, es importante calcular cuantos minutos tardan en manipular una tonelada, por lo que se dividen estas cantidades por esas 44 T que se han visto anteriormente que se van a descargar en estos tiempos, nos queda:

$$t_{11 \text{ AMC}} \rightarrow 0,88 \text{ h} \rightarrow 52,8 \text{ min} \rightarrow 1,2 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

$$t_{12 \text{ AMC}} \rightarrow 0,44 \text{ h} \rightarrow 26,4 \text{ min} \rightarrow 0,6 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

$$t_{13\text{ AMC}} \rightarrow 0,44 \text{ h} \rightarrow 26,4 \text{ min} \rightarrow 0,6 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

Para el cálculo de estos tiempos se van a emplear unas sencillas fórmulas con una constante K en el numerador y el número de operarios n trabajando en la subfase en el denominador, tendrá la siguiente forma (así se establece una relación inversamente proporcional entre n y el tiempo, lo cual es totalmente lógico).

$$\frac{K}{n}$$

Donde K es una constante y n el número de operarios de la fase en concreto.

Primera fase:

Teniendo en cuenta lo observado, antes de la masa crítica trabajaban 6 operarios en la fase 1, ya se sabe que 6 participarán en la fase 1.1, 3 en la fase 1.2 y otros 3 en la fase 1.3, luego:

Si se sabe que $t_{11\text{ AMC}}$ va a ser $\frac{52,8 \text{ min}}{44 \text{ T}} = 1,2 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 6 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{11\text{ AMC}}}{6} = 1,2 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{11\text{ AMC}} = 7,2 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya tenemos la ecuación: $t_{11\text{ AMC}} = \frac{7,2}{(n_{11} + \frac{n_{41}}{5})} \frac{\text{min}}{\text{T}}$

Se aplica un procedimiento análogo para los cálculos de $t_{12\text{ AMC}}$ y de $t_{13\text{ AMC}}$:

Si se sabe que $t_{12\text{ AMC}}$ va a ser $\frac{26,4 \text{ min}}{44 \text{ T}} = 0,6 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 3 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{12\text{ AMC}}}{3} = 0,6 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{12\text{ AMC}} = 1,8 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{12\text{ AMC}} = \frac{1,8}{(n_{12} + \frac{n_{41}}{5})} \frac{\text{min}}{\text{T}}$

Si se sabe que $t_{13\text{ AMC}}$ va a ser $\frac{26,4 \text{ min}}{44 \text{ T}} = 0,6 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 3 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{13 \text{ AMC}}}{3} = 0,6 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{13 \text{ AMC}} = 1,8 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{13 \text{ AMC}} = \frac{1,8}{(n_{13} + \frac{n_{41}}{5})} \frac{\text{min}}{\text{T}}$

Ahora toca justificar la obtención de las fórmulas correspondientes a $t_{11 \text{ DMC}}$, $t_{12 \text{ DMC}}$, $t_{13 \text{ DMC}}$. Se han calculado sabiendo que la fase uno antes de alcanzar la masa crítica cuesta 3,5 horas de media. Repartidas en:

$$t_{11 \text{ DMC}} \rightarrow 1,76 \text{ h} \rightarrow 105,6 \text{ min}$$

$$t_{12 \text{ DMC}} \rightarrow 0,88 \text{ h} \rightarrow 52,8 \text{ min}$$

$$t_{13 \text{ DMC}} \rightarrow 0,88 \text{ h} \rightarrow 52,8 \text{ min}$$

Ahora queda por descargar el 60% restante de la carga, que son 66 T:

$$t_{11 \text{ DMC}} \rightarrow 1,76 \text{ h} \rightarrow 105,6 \text{ min} \rightarrow 1,6 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

$$t_{12 \text{ DMC}} \rightarrow 0,88 \text{ h} \rightarrow 52,8 \text{ min} \rightarrow 0,8 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

$$t_{13 \text{ DMC}} \rightarrow 0,88 \text{ h} \rightarrow 52,8 \text{ min} \rightarrow 0,8 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

Sabiendo el nuevo número de personas que trabajan en cada subfase y habiendo hecho la repartición de tiempos de cada una de ellas, se sigue el mismo proceso que antes para obtener las ecuaciones.

Si se sabe que $t_{11 \text{ DMC}}$ va a ser $\frac{105,6 \text{ min}}{66 \text{ T}} = 1,6 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 4 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{11 \text{ DMC}}}{4} = 1,6 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{11 \text{ DMC}} = 6,4 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{11 \text{ DMC}} = \frac{6,4}{n_{11}} \frac{\text{min}}{\text{T}}$

Si se sabe que $t_{12 \text{ DMC}}$ va a ser $\frac{52,8 \text{ min}}{66 \text{ T}} = 0,8 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 2 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{12 \text{ DMC}}}{2} = 0,8 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{12 \text{ DMC}} = 1,6 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{12 \text{ DMC}} = \frac{1,6 \text{ min}}{n_{12} T}$

Si se sabe que $t_{13 \text{ DMC}}$ va a ser $\frac{52,8 \text{ min}}{66 T} = 0,8 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 2 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{13 \text{ DMC}}}{2} = 0,8 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_{13 \text{ DMC}} = 1,6 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{13 \text{ DMC}} = \frac{1,6 \text{ min}}{n_{13} T}$

Ahora, para el resto de fases se usa un procedimiento análogo, pero todas con 110 T:

Segunda fase: Si se sabe que t_2 va a ser $\frac{60 \text{ min}}{110 T} = 0,545 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabaja 1 operario, se tendrá:

$$\frac{K_2}{1} = 0,545 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_2 = 0,545 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_2 = \frac{0,545 \text{ min}}{n_{235} T}$

Tercera fase: Si se sabe que t_3 va a ser $\frac{60 \text{ min}}{110 T} = 0,545 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 1 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_3}{1} = 0,545 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_3 = 0,545 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_3 = \frac{0,545 \text{ min}}{n_{235} T}$

Cuarta fase:

Los t_{41} , t_{42} y t_{43} se han calculado sabiendo que la fase cuatro cuesta 4 horas de media. Repartidas en:

$$t_{41} \rightarrow 4 \text{ h} \rightarrow 240 \text{ min}$$

$$t_{41} \rightarrow 0,5 \text{ h} \rightarrow 30 \text{ min}$$

$$t_{41} \rightarrow 0,25 \text{ h} \rightarrow 15 \text{ min}$$

Si se sabe que t_{41} va a ser $\frac{240 \text{ min}}{110 T} = 2,182 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 10 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{41}}{10} = 2,182 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_{41} = 21,82 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{41} = \frac{21,82 \text{ min}}{n_{41} T}$

Si se sabe que t_{42} va a ser $\frac{30 \text{ min}}{110 T} = 0,273 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 5 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{42}}{5} = 0,273 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_{42} = 1,365 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{42} = \frac{1,365 \text{ min}}{n_{42} T}$

Si se sabe que t_{43} va a ser $\frac{15 \text{ min}}{110 T} = 0,136 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabajan 5 operarios, se tendrá:

$$\frac{K_{43}}{5} = 0,136 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_{43} = 0,68 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{43} = \frac{0,68 \text{ min}}{n_{43} T}$

Quinta fase: Si se sabe que t_3 va a ser $\frac{30 \text{ min}}{110 T} = 0,273 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, aquí trabaja 1 operario, se tendrá:

$$\frac{K_5}{1} = 0,273 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_5 = 0,273 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_5 = \frac{0,273 \text{ min}}{n_{235} T}$

Para calcular el tiempo total se ha empleado la siguiente fórmula:

$$t_{\text{TOTAL}} = (t_{11 \text{ AMC}} + t_{12 \text{ AMC}} + t_{13 \text{ AMC}}) + t_{41} + \alpha * t_{42} + \beta * t_5$$

Siendo aquí $\alpha = 0,3$; $\beta = 0,3$

La suma de los tres tiempos de la fase 1 amc se cuentan enteros, pues hasta que no se realiza esto, no se puede proceder a la fase 4. La subfase 4.1 es el cuello de botella y debe contabilizarse entera, mientras que para la subfase 4.2, solo se tiene en cuenta que no se simultanea un 30% de la misma, igual que con la fase 5. La fase de carreteo se considera totalmente simultánea al resto de procesos excepto el 30% de la última (la fase cinco) ya que el carretillero debe llevar las últimas planchas de la cama de rodillos a la pista. Para entender mejor este cálculo, se va a representar un gráfico de la superposición de las fases a lo largo del tiempo para la carga de un 747F sin aplicar mejoras.

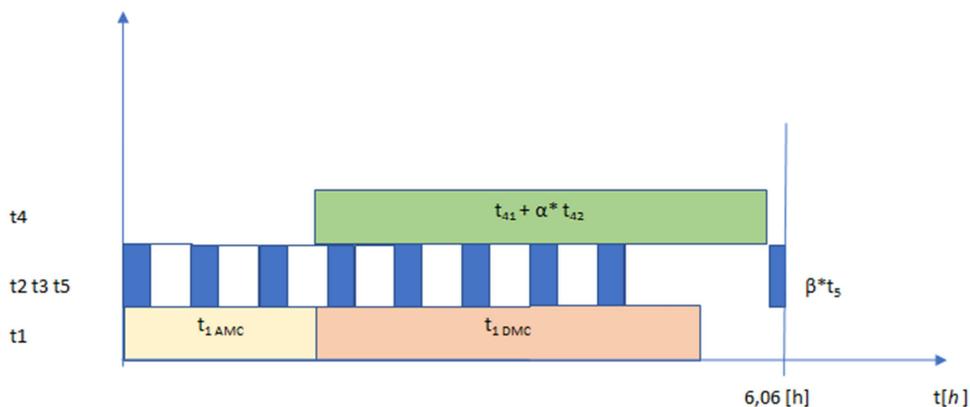


Ilustración 17 Superposición de fases en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia

La pequeña parte que sobresale a la derecha es el 30% de la fase cinco. Como puede verse, las fases de carreteo son simultáneas al resto de procesos.

También se ha incluido la opción de ver los tiempos de carga en los A330 y los Boeing 777F, ya que son los otros dos modelos de avión comunes en el aeropuerto de Zaragoza. En una estadística de los vuelos del mes de Agosto proporcionada por AENA en el aeropuerto de Zaragoza, es interesante saber que de 18 vuelos totales entre import y export, 10 corresponden a Boeing 777F (55,6%), 7 a Boeing 747F (38,8%) y 1 a Airbus A330F (5,6%).

Mediante Microsoft Excel se han juntado todas las fórmulas para calcular los distintos tiempos y el cálculo del tiempo final, de modo que, al introducir cada mejora, se modifiquen los tiempos de forma automática. Se va a proceder a utilizar esta hoja Excel y evaluar el impacto de cada mejora.

TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	52,80	0,88	1,76
$t_{12\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44	
$t_{13\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44	
$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	105,60	1,76	3,52
$t_{12\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88	
$t_{13\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88	
t_2	0,55	60,01	1,00	
t_3	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t_{41}	2,18	239,80	4,00	5,28
t_{42}	0,27	30,07	0,50	
t_{43}	0,14	15,03	0,25	
t_5	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			6,06	

Tabla 2 Tiempos de carga Boeing 747F para exportación de textil sin introducir mejoras. Fuente: Elaboración propia

Es importante clarificar que estas fórmulas que se han creado e introducido en la herramienta de cálculo se pueden usar para otros modelos de avión, la herramienta posee un desplegable que permite cambiar el modelo de aeronave, cambiando automáticamente las toneladas a cargar y adaptando así los tiempos de carga a otros modelos de aeronaves. Como se puede comprobar en la siguiente imagen, se verifica.

Desde Groundforce Cargo S.L. y por comprobación directa en la fase de creación de este trabajo, se ha indicado que aproximadamente el A330F se tarda en cargar algo menos de cuatro horas y el Boeing 777F unas cuatro horas y media. Esto prueba que la herramienta es fiel a la realidad ya que se ajusta muy bien a los tiempos que se tienen como dato. Por lo tanto, se podrá valorar mejoras y resultados para estos modelos de aeronave porque ya se ve que se ajusta bastante a la realidad.

TIEMPOS					TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo		[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	38,40	0,64	1,28	$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	31,20	0,52	1,04
$t_{12\text{ AMC}}$	0,60	19,20	0,32						
$t_{13\text{ AMC}}$	0,60	19,20	0,32						
$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	76,80	1,28	2,56	$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	62,40	1,04	2,08
$t_{12\text{ DMC}}$	0,80	38,40	0,64						
$t_{13\text{ DMC}}$	0,80	38,40	0,64						
t_2	0,55	43,64	0,73		t_2	0,55	35,46	0,59	
t_3	0,55	43,64	0,73	Tiempo total fase 1	t_3	0,55	35,46	0,59	Tiempo total fase 1
t_{41}	2,18	174,40	2,91	3,84	t_{41}	2,18	141,70	2,36	3,12
t_{42}	0,27	21,87	0,36		t_{42}	0,27	17,77	0,30	
t_{43}	0,14	10,93	0,18		t_{43}	0,14	8,88	0,15	
t_5	0,27	21,82	0,36		t_5	0,27	17,73	0,30	
Tiempo total			4,41		Tiempo total			3,58	

Tabla 3 Tiempos de carga para exportación de textil sin introducir mejoras Boeing 777F. Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Tiempos de carga Airbus A330 para exportación de textil sin introducir mejoras. Fuente: Elaboración propia

5. Estudio de aplicación de mejoras a un caso particular de importación de pescado fresco en el Aeropuerto de Zaragoza

En este apartado se va a hacer un estudio de otra herramienta construida a partir de la metodología desarrollada con ánimo de ver la influencia de otras mejoras propuestas en un ejemplo de importación de producto perecedero, en este caso, se va a ver la importación de pescado fresco.

Es un proceso distinto al del estudio anterior, tiene menos fases y se realizan más rápido, pero tiene algunas peculiaridades debidas a la naturaleza del producto con el que se está tratando. La más importante es evitar la rotura de la cadena de frío el pescado debe estar el menos tiempo posible expuesto al calor, dentro de una cámara isoterma o frigorífica en la mayoría del tiempo de su transporte. También hay que destacar el control sanitario obligatorio que se necesita hacer en cada procedimiento de descarga [6].



Ilustración 18 Palé consolidado, embalado y cerrado de pescado. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 19 Clasificación de pescado por calibres en almacén en frío. Fuente: Elaboración propia

5.1 Descripción de las tres mejoras propuestas

En este caso, se va a proponer tres mejoras, la primera es una transpaleta eléctrica exactamente igual que en el ejemplo anterior, también se volverá a contar con las pistolas de picking como mejora. No se van a explicar de nuevo en qué consisten estas dos mejoras ya que se encuentran explicadas en el punto 4.1 del trabajo.

Como última mejora se tiene la **enfundadora para retráctil**, esto es un sistema de enfundado para palés especial que de manera automática y muy rápida embala los palés en la misma cama de rodillos. Aquí interesa más este sistema que en el caso anterior, ya que al tratarse de pescado se le tiene que poner más film y es más costoso.



Ilustración 20 Enfundadora retráctil giratoria. Fuente: [7]

5.2 Proceso de desarrollo de la herramienta para el cálculo de los tiempos para distintos modelos de aeronave (Boeing 747F, Boeing 777F y Airbus A330F)

Para ello el desarrollo de la herramienta de cálculo primero se explicará en que fases se ha dividido el procedimiento operativo y cómo se han calculado las fórmulas para cada uno los tiempos para estas, a partir de datos reales tomados en la terminal de carga con la empresa de handling aeroportuario Groundforce Cargo S.L.

Los dollies traen la mercancía directamente al almacén en frío de la nave contigua, allí es donde va a realizarse la **primera fase**, en esta fase se engloba todo lo que es el trabajo de desconsolidación de las planchas y clasificación del pescado. La subfase 1.1 es la rotura de los ULD's, posteriormente se realiza la subfase 1.2 donde se hace un conteo de las cajas y se comprueba que concuerde con el AWB, por último, en la subfase 1.3 de clasifica el pescado por tipos y **calibres** (tamaños).

Lo siguiente sería la **segunda fase**, donde se montan los palés europeos sobre las camas de rodillos para luego cargarlos en los camiones, esta operación debe ser rápida ya que no conviene que las cajas pasen más de media hora fuera de una cámara isoterma o frigorífica para no romper la cadena de frío.

También señalar la otra particularidad de esta mercancía, al ser un alimento de origen animal, debe pasar un control sanitario al llegar al aeropuerto, un veterinario funcionario de Sanidad Exterior, dependiente del Ministerio de Sanidad, debe verificar la calidad del pescado mediante diversos controles, a esta última se le ha denominado **cuarta fase**. Este control no se hace a todas las cajas, sino que se eligen de forma aleatoria, el veterinario trae una lista de cajas a analizar y los operarios deben buscar dichas cajas y entregárselas para que pueda realizar los análisis, a esta búsqueda y posterior entrega se le ha llamado **tercera fase**. Debe apuntarse que no se pueden cargar las cajas en el camión hasta que no se haya realizado el control sanitario de esa partida y se cumplan los estándares requeridos. A continuación, hay una **quinta fase** de carreteo a la zona de carga de camiones. Por último, se procede a la carga de los camiones en la **sexta fase**.

$t_{11\text{ AMC}}$	Descarga manual del camión	ANTES
$t_{12\text{ AMC}}$	Conteo de las cajas (coincidencia con el albarán)	MASA
$t_{13\text{ AMC}}$	Clasificaciones (por vuelo)	CRÍTICA
$t_{11\text{ DMC}}$	Descarga manual del camión	DESPUÉS
$t_{12\text{ DMC}}$	Conteo de las cajas (coincidencia con el albarán)	MASA
$t_{13\text{ DMC}}$	Clasificaciones (por vuelo)	CRÍTICA
t_2	Carreteo de la plataforma al almacén	
t_3	Carreteo del almacén al foso	
t_{41}	Construcción de los ULD's	
t_{42}	Cierre + Verificación de contorno	
t_{43}	Pesaje	
t_5	Carreteo del foso a pista	

A continuación, se va a explicar detalladamente como se han construido las fórmulas para el cálculo de los tiempos basándonos en los tiempos de carga de una importación en un Boeing 747F. Para ser lo más fieles posible con la realidad, se han medido personalmente los tiempos que invierten los operarios de Groundforce para preparar la mercancía dicho avión en la terminal de carga del aeropuerto de Zaragoza.

Un Boeing 747F tiene una masa de carga de 110 T, que equivale a unas 5000 cajas, que vienen en 10 trailers de 500 cajas cada uno. Se sabe que para realizar la operativa de import de pescado para una aeronave de estas características se tarda unas 4 horas con 17 operarios.

Los t_{11} , t_{12} y t_{13} se han calculado sabiendo que la fase uno cuesta aproximadamente 2h 15 minutos. Repartidas en:

$$t_{11} \rightarrow 0,75 \text{ h} \rightarrow 45 \text{ min}$$

$$t_{12} \rightarrow 0,75 \text{ h} \rightarrow 45 \text{ min}$$

$$t_{13} \rightarrow 0,75 \text{ h} \rightarrow 45 \text{ min}$$

A partir de aquí, es importante sacar cuantos minutos tardan en manipular una tonelada, por lo que se dividen estas cantidades por las 110 T totales de carga del Boeing 747F.

$$t_{11} \rightarrow 0,75 \text{ h} \rightarrow 45 \text{ min} \rightarrow 0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

$$t_{12} \rightarrow 0,75 \text{ h} \rightarrow 45 \text{ min} \rightarrow 0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

$$t_{13} \rightarrow 0,75 \text{ h} \rightarrow 45 \text{ min} \rightarrow 0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}}$$

Para el cálculo de estos tiempos se van a emplear unas sencillas fórmulas con una constante K en el numerador y el número de operarios n trabajando en la subfase en el denominador, de la misma manera que en el anterior caso.

$$\frac{K}{n}$$

Primera fase: Teniendo en cuenta lo que se ha observado, en la fase 1 trabajaban 8 operarios en la fase 1, todos trabajarán en las tres subfases.

Si se sabe que t_{11} va a ser $0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, y se tendrá:

$$\frac{K_{11}}{8} = 0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{11} = 3,273 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{11} = \frac{3,273 \text{ min}}{n_{11} \text{ T}}$

Se aplica un procedimiento análogo para los cálculos de t_{12} y de t_{13} :

Si se sabe que t_{12} va a ser $0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, y se tendrá:

$$\frac{K_{12}}{8} = 0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{12} = 3,273 \frac{\text{min*persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{12} = \frac{3,273 \text{ min}}{n_{12} \text{ T}}$

Si se sabe que t_{13} va a ser $0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, y se tendrá:

$$\frac{K_{13}}{8} = 0,41 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_{13} = 3,273 \frac{\text{min*persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_{13} = \frac{3,273 \text{ min}}{n_{13} \text{ T}}$

Segunda fase: Si se sabe que t_2 va a ser $\frac{120 \text{ min}}{110 \text{ T}} = 1,09 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, se tendrá:

$$\frac{K_2}{4} = 1,09 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_2 = 4,36 \frac{\text{min*persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_2 = \frac{4,36 \text{ min}}{n_2 \text{ T}}$

Tercera fase: Si se sabe que t_3 va a ser $\frac{30 \text{ min}}{110 \text{ T}} = 0,273 \frac{\text{min}}{\text{T}}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, se tendrá:

$$\frac{K_3}{1} = 0,273 \frac{\text{min}}{\text{T}} \rightarrow K_3 = 0,273 \frac{\text{min*persona}}{\text{T}}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_3 = \frac{0,273 \text{ min}}{n_3 \text{ T}}$

Cuarta fase: En este caso, la fase 4 es aproximadamente de unos 90 min, que es el tiempo que tarda el veterinario en hacer los diversos controles.

Quinta fase: Si se tarda que t_5 va a ser $\frac{60 \text{ min}}{110 T} = 0,545 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, se tendrá:

$$\frac{K_5}{2} = 0,545 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_5 = 1,09 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_5 = \frac{1,09 \text{ min}}{n_5 T}$

Sexta fase: Si se sabe que t_6 va a ser $\frac{120 \text{ min}}{110 T} = 1,09 \frac{\text{min}}{T}$ se podrá igualar a la fórmula particularizada para este caso, se tendrá:

$$\frac{K_6}{2} = 1,09 \frac{\text{min}}{T} \rightarrow K_6 = 2,18 \frac{\text{min} \cdot \text{persona}}{T}$$

Ahora ya se tiene la ecuación: $t_6 = \frac{2,18 \text{ min}}{n_6 T}$

Para el cálculo del tiempo final se ha usado la siguiente expresión:

$$t_{\text{TOTAL}} = (t_3 + t_4 + t_6)$$

La fórmula es muy sencilla porque los procesos la fase seis no puede empezarse si no se ha acabado la cuatro, ni la cuatro pueda empezarse sin haber acabado la tres. Pero es en parte engañoso, el resto de los tiempos sí influyen en el cálculo final, lo que sucede es que no determinan el tiempo mínimo. Se va a explicar mediante un diagrama para visualizarlo de forma más sencilla.

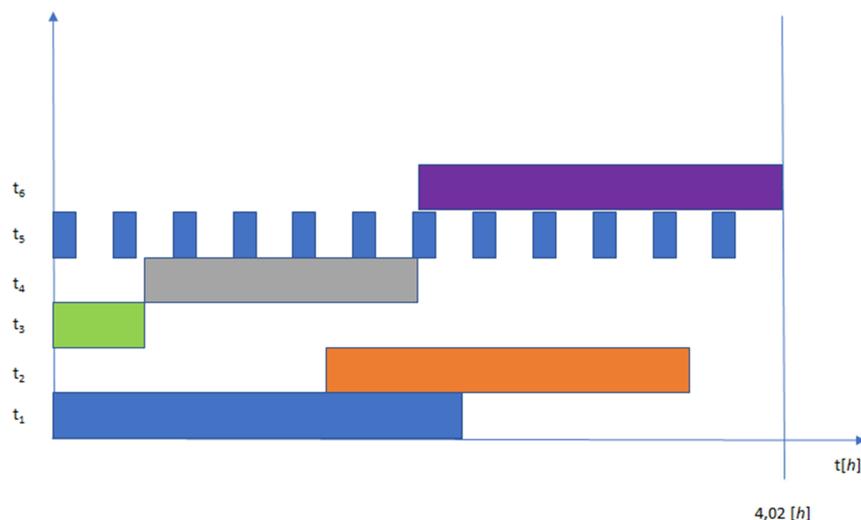


Ilustración 22 Superposición de fases en el proceso de importación de pescado. Fuente: Elaboración propia



La fase cinco es completamente simultánea al resto. La fase uno es muy importante para el proceso ya que se ha estimado que si tarda más de 2h 15, la operación se retrasa. La fase dos debe ser menos a 2h, porqué desde que se inicia la fase seis de carga de los camiones, se tiene media hora para terminar la fase dos, sino el pescado quedaría fuera de una cámara frigorífica más de media hora, rompiendo por tanto la cadena de frío. De este modo, se ve que estas fases sí son importantes, y tienen unos límites que no conviene rebasar.

Se comprueba que se verifican los tiempos:

TIEMPOS					
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h
t ₁₁	0,41	45,00	0,75	2,25	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15
t ₁₂	0,41	45,00	0,75		
t ₁₃	0,41	45,00	0,75		
t ₂	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO
t ₃	0,28	31,13	0,52	VERDADERO	
t ₄	0,82	89,98	1,50		
t ₅	0,55	59,95	1,00	Debe ser menor/ig a 2 max	
t ₆	1,09	120,01	2,00	VERDADERO	
Tiempo total			4,02		

Tabla 5 Tiempos de carga Boeing 747F para importación de pescado sin introducir mejoras. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia

Se podría extrapolar cuanto se tarda en cargar los otros dos tipos de *freighters* gracias a la herramienta construida para este caso, pero como en Zaragoza siempre trae el pescado un 747F, no se tienen datos de los otros dos modelos de aviones.

6. Análisis de Sensibilidad y Resultados

A continuación, se verán los resultados obtenidos para cada caso, comparando las distintas mejoras a partir de las dos herramientas desarrolladas para el cálculo de cada caso. Se variarán distintos parámetros para ver cómo afectan a los tiempos de carga. Primero se verá qué reducción de tiempo implicaría el uso de cada una de las mejoras que se tienen individualmente y luego se estudiará que combinaciones son las más convenientes. Para las reducciones de tiempos no importa que avión se cargue, ya que porcentualmente son iguales, así que se tomará como referencia el 747F.

A la hora de valorar las mejoras también se le va a dar otro enfoque, no sólo el ahorro de tiempo: Manteniendo constante el tiempo de carga, ver cuantos operarios harían falta para cargar el avión en ese tiempo sin mejoras (en el caso de exportación de textil con un 747F serían unas 6 horas), es decir, estas mejoras conllevarán un ahorro de mano de obra, una mano de obra que puede emplearse en otras tareas. Se hablará de operarios en decimales, esto no es literal, deben interpretarse como empleados equivalentes, 0,5 operarios en una operación sería un operario trabajando la mitad del tiempo.

6.1 Caso particular de exportación de producto textil

En el análisis de sensibilidad de este caso se va a ver básicamente dos aspectos, en primer lugar, que mejoras son más interesantes desde un punto de vista operativo y en segundo lugar se introducirá el factor económico para ver cuáles son más rentables.

6.1.1 Análisis de las mejoras a nivel operativo

El tiempo de preparación de la carga desde que llegan los camiones a los muelles hasta que se deja la carga preparada en la pista sin aplicar mejoras es de 6,06 horas mientras que con la introducción de la **transpaleta eléctrica** serían 5,98 horas. Se ganarían 0,08 horas, aproximadamente 5 minutos. Para realizar la carga en el tiempo inicial se necesitarían 14,5 operarios, lo que implicaría una reducción de 0,5 operarios en la fase de carreteo.

TIEMPOS					TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo		[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	52,80	0,88	1,76	$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	52,80	0,88	1,76
$t_{12\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44		$t_{12\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44	
$t_{13\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44		$t_{13\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44	
$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	105,60	1,76	3,52	$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	105,60	1,76	3,52
$t_{12\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88		$t_{12\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88	
$t_{13\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88		$t_{13\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88	
t_2	0,27	30,00	0,50		t_2	0,55	60,01	1,00	
t_3	0,27	30,00	0,50	Tiempo total fase 1	t_3	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t_{41}	2,18	239,80	4,00	5,28	t_{41}	2,18	239,80	4,00	5,28
t_{42}	0,27	30,07	0,50		t_{42}	0,27	30,07	0,50	
t_{43}	0,14	15,03	0,25		t_{43}	0,14	15,03	0,25	
t_5	0,14	15,00	0,25		t_5	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			5,98		Tiempo total			6,06	

Tabla 6 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de transpaleta eléctrica con 15 operarios y con 14,5 operarios.
Fuente: Elaboración propia

Aplicar solamente la **pistola de picking** supondría un ahorro de 0,22 horas unos 13 minutos.
Para cargar en el tiempo inicial harían falta 3,3 operarios en la fase uno, un total de 14,3 operarios.

TIEMPOS					TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo		[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
t ₁₁ AMC	1,20	52,80	0,88	1,54	t ₁₁ AMC	1,36	59,77	1,00	1,74
t ₁₂ AMC	0,30	13,20	0,22		t ₁₂ AMC	0,34	14,94	0,25	
t ₁₃ AMC	0,60	26,40	0,44		t ₁₃ AMC	0,68	29,89	0,50	
t ₁₁ DMC	1,60	105,60	1,76	3,08	t ₁₁ DMC	1,94	128,00	2,13	3,73
t ₁₂ DMC	0,40	26,40	0,44		t ₁₂ DMC	0,48	32,00	0,53	
t ₁₃ DMC	0,80	52,80	0,88		t ₁₃ DMC	0,97	64,00	1,07	
t ₂	0,55	60,01	1,00		t ₂	0,55	60,01	1,00	
t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1	t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t ₄₁	2,18	239,80	4,00	4,62	t ₄₁	2,18	239,80	4,00	5,48
t ₄₂	0,27	30,07	0,50		t ₄₂	0,27	30,07	0,50	
t ₄₃	0,14	15,03	0,25		t ₄₃	0,14	15,03	0,25	
t ₅	0,27	30,00	0,50		t ₅	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			5,84		Tiempo total			6,04	

Tabla 7 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de pistola de picking con 15 operarios y con 14,3 operarios.
Fuente: Elaboración propia

Incluir solamente las **esteras con etiquetas** supondría 0,16 horas, unos 10 minutos. Para cargar en el tiempo inicial, con 3,4 operarios en la fase uno bastaría, un total de 14,4 operarios, lo que supondría un ahorro de 0,4 empleados.

TIEMPOS					TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo		[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
t ₁₁ AMC	1,20	52,80	0,88	1,61	t ₁₁ AMC	1,33	58,67	0,98	1,78
t ₁₂ AMC	0,60	26,40	0,44		t ₁₂ AMC	0,67	29,33	0,49	
t ₁₃ AMC	0,39	17,16	0,29		t ₁₃ AMC	0,43	19,07	0,32	
t ₁₁ DMC	1,60	105,60	1,76	3,21	t ₁₁ DMC	1,88	124,24	2,07	3,78
t ₁₂ DMC	0,80	52,80	0,88		t ₁₂ DMC	0,94	62,12	1,04	
t ₁₃ DMC	0,52	34,32	0,57		t ₁₃ DMC	0,61	40,38	0,67	
t ₂	0,55	60,01	1,00		t ₂	0,55	60,01	1,00	
t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1	t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t ₄₁	2,18	239,80	4,00	4,82	t ₄₁	2,18	239,80	4,00	5,56
t ₄₂	0,27	30,07	0,50		t ₄₂	0,27	30,07	0,50	
t ₄₃	0,14	15,03	0,25		t ₄₃	0,14	15,03	0,25	
t ₅	0,27	30,00	0,50		t ₅	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			5,90		Tiempo total			6,08	

Tabla 8 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de estanterías con etiquetas con 15 operarios y con 14,4 operarios. Fuente: Elaboración propia

En el caso de la **PDA con lector de código de barras** se ahorrarían 0,48 horas, unos 29 minutos. Manteniendo el tiempo inicial, se necesitarían 9 operarios en la fase 4, un total de 14 empleados, lo que implicaría un ahorro de 1 operario.

TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
t ₁₁ AMC	1,20	52,80	0,88	1,76
t ₁₂ AMC	0,60	26,40	0,44	
t ₁₃ AMC	0,60	26,40	0,44	
t ₁₁ DMC	1,60	105,60	1,76	3,52
t ₁₂ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₁₃ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₂	0,55	60,01	1,00	
t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t ₄₁	1,92	211,02	3,52	5,28
t ₄₂	0,27	30,07	0,50	
t ₄₃	0,14	15,03	0,25	
t ₅	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			5,58	

TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
t ₁₁ AMC	1,24	54,62	0,91	1,82
t ₁₂ AMC	0,62	27,31	0,46	
t ₁₃ AMC	0,62	27,31	0,46	
t ₁₁ DMC	1,60	105,60	1,76	3,52
t ₁₂ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₁₃ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₂	0,55	60,01	1,00	
t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t ₄₁	2,13	234,47	3,91	5,34
t ₄₂	0,30	33,42	0,56	
t ₄₃	0,15	16,70	0,28	
t ₅	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			6,05	

Tabla 9 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de PDA con lector de código de barras con 15 operarios y con 14 operarios. Fuente: Elaboración propia

Como última mejora a nivel individual se tendría la **escalera reforzada a la altura de planchas**, lo que conllevaría un ahorro de 0,33 horas aproximadamente 20 minutos. Se necesitarían 14,25 operarios para cargar en el tiempo inicial, es decir, una reducción de 0,75 operarios.

TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
t ₁₁ AMC	1,20	52,80	0,88	1,76
t ₁₂ AMC	0,60	26,40	0,44	
t ₁₃ AMC	0,60	26,40	0,44	
t ₁₁ DMC	1,60	105,60	1,76	3,52
t ₁₂ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₁₃ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₂	0,55	60,01	1,00	
t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t ₄₁	2,01	220,62	3,68	5,28
t ₄₂	0,25	27,67	0,46	
t ₄₃	0,14	15,03	0,25	
t ₅	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			5,73	

TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
t ₁₁ AMC	1,23	54,15	0,90	1,81
t ₁₂ AMC	0,62	27,08	0,45	
t ₁₃ AMC	0,62	27,08	0,45	
t ₁₁ DMC	1,60	105,60	1,76	3,52
t ₁₂ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₁₃ DMC	0,80	52,80	0,88	
t ₂	0,55	60,01	1,00	
t ₃	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1
t ₄₁	2,17	238,50	3,98	5,33
t ₄₂	0,27	29,91	0,50	
t ₄₃	0,15	16,24	0,27	
t ₅	0,27	30,00	0,50	
Tiempo total			6,08	

Tabla 10 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de escalera a la altura de planchas reforzada con 15 operarios y con 14,25 operarios. Fuente: Elaboración propia

Se va a ver cuáles son los ahorros conseguidos por mejora de forma individual, tanto de tiempos, como su equivalente en operarios.

	Tiempo [horas]	Tiempo [minutos]	Ahorro operarios
Transpaleta eléctrica	0,08	5	0,5
Pistola de picking	0,22	13	0,7
Estanterías apiladoras	0,16	10	0,6
PDA con lector de código de barras	0,48	29	1
Escalera reforzada a la altura de planchas	0,33	20	0,75

Tabla 11 Ahorros conseguidos en la exportación de producto textil por cada mejora propuesta. Fuente: Elaboración propia

Todas las mejoras rebajan el tiempo, pero se ven grandes diferencias entre ellas, la mejora más interesante a nivel operativo son las PDA's ya que consiguen una reducción casi de media hora en el proceso de handling de tierra. Las escaleras reforzadas también reducen considerablemente el tiempo, veinte minutos. Luego se tendrían las pistolas de picking y las estanterías apiladoras con trece y diez minutos respectivamente. Por último, la que tiene menos impacto es la Transpaleta Eléctrica, que solo afectaría en cinco minutos al tiempo global de la operativa.

En el presente estudio solo se ha tenido en cuenta el KPI más importante, que es el tiempo, pero en la realidad hay multitud de factores que se verían afectados por estas mejoras, y de forma positiva. Un buen ejemplo sería el de la transpaleta eléctrica, que reduce en cinco minutos el tiempo de carga, aunque parezca una reducción pequeña, también se están mejorando otros factores, como el confort del operario, que pasaría de realizar un esfuerzo cada vez que levantase una carga con la transpaleta manual, a no solo dejar ese esfuerzo de lado, sino ir montado en la propia transpaleta, disminuyendo así su fatiga física a lo largo del día, así como las posibilidades de lesión con su correspondiente baja laboral. Con las escaleras sucedería lo mismo, no es lo mismo por ergonomía elevar pesos de forma continuada por encima de la cabeza que subir a una escalera y cargar dicho peso a la altura del pecho.



Ilustración 23 Tiempos ahorrados con cada mejora en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 24 Reducción operativa de las mejoras de cada una de las mejoras en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia

En definitiva, todas las mejoras son **positivas** a nivel operacional, por lo que la mejor solución sería aplicar todas las mejoras al mismo tiempo, lo que resulta:

TIEMPOS				
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo
$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	52,80	0,88	1,39
$t_{12\text{ AMC}}$	0,30	13,20	0,22	
$t_{13\text{ AMC}}$	0,39	17,16	0,29	
$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	105,60	1,76	2,77
$t_{12\text{ DMC}}$	0,40	26,40	0,44	
$t_{13\text{ DMC}}$	0,52	34,32	0,57	
t_2	0,27	30,00	0,50	
t_3	0,27	30,00	0,50	Tiempo total fase 1
t_{41}	1,74	191,84	3,20	4,16
t_{42}	0,25	27,67	0,46	
t_{43}	0,14	15,03	0,25	
t_5	0,14	15,00	0,25	
Tiempo total			4,80	

Tabla 12 Tiempos de exportación de producto textil aplicando la solución adaptada. Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, aplicando todas las mejoras se consigue rebajar el tiempo de carga de las 6,06 horas iniciales a 4,80 horas. Esto es muy positivo, ya que se estaría ahorrando 1,26 horas, una hora y dieciséis minutos. Los empleados se distribuirían de la siguiente forma en las fases:

Fase 1 → 3 operarios

Fase 2,3,5 → 0,5 operarios

Fase 4 → 8,1 operarios

Lo que da un total de 11,6 operarios, eso implica una reducción de 3,4 operarios si se quisiera hacer la operativa en esas 6,06 horas iniciales.

6.1.2 Análisis de las mejoras a nivel económico

Ahora se va a analizar que mejoras son más rentables, ya no solo se tendrá en cuenta cual es la mejora más influyente en los tiempos y reducción de operarios, ahora también entrará en juego el precio que costaría implantarlas. Primero las se analizarán una a una, y luego se buscará que combinación de mejoras es la más rentable. Para ello se sacarán varias cifras para poder comparar, son las siguientes:

- Inversión inicial
- Amortización de la inversión
- Beneficio a los 10 años
-

Transpaleta eléctrica: En este ejemplo, se dispone solo un carretillero, así que vamos a suponer que se compra una única transpaleta. Eso supondría unos 8000 €, se necesitarían 0,5 carretilleros, es decir, un carretillero trabajando la mitad de las horas.

Inversión: 8000 €

Suponiendo un mes como el de Agosto, y habiendo calculado que en los dos tipos principales de aeronaves (Boeing 747F y Boeing 777F), se ahorran 0,5 carretilleros por vuelo tenemos:

$$0,5 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (10 \text{ vuelos } 777F * 4,41 \frac{h}{\text{vuelo } 777F} + 7 \text{ vuelos } 747F * 6,06 \frac{h}{\text{vuelo } 747F}) = 433 \text{ €}$$

Se ahorrarían 433 € cada mes, por lo tanto, en un año y medio se recuperaría la inversión inicial. Una transpaleta de estas características, con el mantenimiento adecuado, tiene una vida útil de unos 12 años.

Como apunte, se puede decir que no vamos a considerar la electricidad para cargar la transpaleta ya que es casi despreciable frente a los gastos eléctricos de las instalaciones.

Pistola de picking: Como en el caso de 15 operarios, antes de la masa crítica se pueden tener hasta seis operarios al mismo tiempo trabajando en la fase uno, se supone que como máximo se tendrán tres operarios en la subfase 1.2, luego, se va a suponer que se necesitan 3 pistolas de picking.

$$\text{Inversión: } 3 \text{ pistolas} * 200 \frac{\text{€}}{\text{pistola}} = 600 \text{ €}$$

Ahorro:

$$0,7 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (10 \text{ vuelos } 777F * 4,41 \frac{h}{\text{vuelo } 777F} + 7 \text{ vuelos } 747F * 6,06 \frac{h}{\text{vuelo } 747F}) = 606 \text{ €}$$

Se ahorrarían 606 € al mes. Se estima que la vida media útil de la pistola de picking está entorno a los seis años, se tardaría aproximadamente 1 mes en amortizarlas.

Estanterías con etiquetas: Teniendo en cuenta el espacio disponible, el modelo de estanterías que se contempla tiene aproximadamente 1,3 metros de ancho, y tres alturas, para poder guardar 6 palés, y teniendo en cuenta que cada palé contiene 32 cajas, podríamos almacenar 192 cajas por estantería completa. Si se compran 30 estanterías, se podrían almacenar unas 5.760 cajas, teniendo en cuenta que un 747F lleva unas 5000 cajas, en estos almacenes se podría acumular la carga equivalente a una aeronave completa, también cabe decir que este es un proceso dinámico en el que hay un flujo constante de cajas de los camiones a las estanterías y de las estanterías al foso donde se construyen los ULD's. La inversión sería de 1330 € la unidad como se ha dicho anteriormente, incluyendo el transporte y el montaje.

$$\text{Inversión: } 1330 \frac{\text{€}}{\text{estantería}} * 30 \text{ estanterías} = 40.000 \text{ €}$$

Ahorro:

$$0,6 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (10 \text{ vuelos } 777F * 4,41 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 777F} + 7 \text{ vuelos } 747F * 6,06 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 747F}) = 520 \text{ €}$$

Se ahorrarían 520 € al mes, eso implica que se tardaría seis años y medio en recuperar la inversión. Se estima que la vida media útil de las estanterías es de unos 20 años.

PDA con lector de código de barras: Se necesitaría una PDA por cada trabajador de la fase 4, donde pueden trabajar hasta 10 operarios al mismo tiempo, harían falta 10 PDA's. Se ha visto que se puede ahorrar hasta 1 empleado con esta mejora. Su vida media útil estará en torno a 6 años y cada unidad cuesta unos 2.500 €.

$$\text{Inversión: } 2500 \frac{\text{€}}{\text{PDA}} * 10 \text{ PDA} = 25.000 \text{ €}$$

Ahorro:

$$1 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (21 \text{ vuelos } 777F * 4,41 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 777F} + 15 \text{ vuelos } 747F * 6,06 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 747F}) = 865 \text{ €}$$

Cada mes se ahorrarían 865 €. Se tardaría en torno a 2,5 años en recuperar dicha inversión.

Escalera reforzada: Se necesitaría una escalera reforzada por foso, es decir, un mínimo de cinco escaleras por operativa. Se ahorraría en torno a 0,75 operarios con esta mejora. Su precio está entorno a los 700 € y su vida útil serían unos 10 años.

$$\text{Inversión: } 700 \frac{\text{€}}{\text{Escalera}} * 5 \text{ escaleras} = 3.500 \text{ €}$$

Ahorro:

$$0,75 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (10 \text{ vuelos } 777F * 4,41 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 777F} + 7 \text{ vuelos } 747F * 6,06 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 747F}) = 649 \text{ €}$$

Cada mes se ahorrarían 1376 € , se tardarían unos cinco meses en recuperar la inversión.

Con ánimo de comparar las mejoras propuestas para ver cuál es la más rentable, debemos compararlas en un mismo periodo de tiempo de implantación, se escoge un periodo de 10 años.

Beneficio = Ahorro – Inversión

Beneficio transpaleta eléctrica:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 433 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - \left(\frac{10 \text{ años}}{12 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 8000 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}} \right) = 45.300 \text{ €}$$

Beneficio pistola de picking:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 606 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - \left(\frac{10 \text{ años}}{6 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 600 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}} \right) = 71.700 \text{ €}$$

Beneficio Estanterías:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 520 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - \left(\frac{10 \text{ años}}{20 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 40.000 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}} \right) = 42.400 \text{ €}$$

Beneficio PDA:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 865 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - \left(\frac{10 \text{ años}}{6 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 25.000 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}} \right) = 62.100 \text{ €}$$

Beneficio escalera reforzada:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 649 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - \left(\frac{10 \text{ años}}{10 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 3500 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}} \right) = 74.400 \text{ €}$$

A continuación, se van a mostrar los beneficios que aporta cada mejora por separado mediante un gráfico.

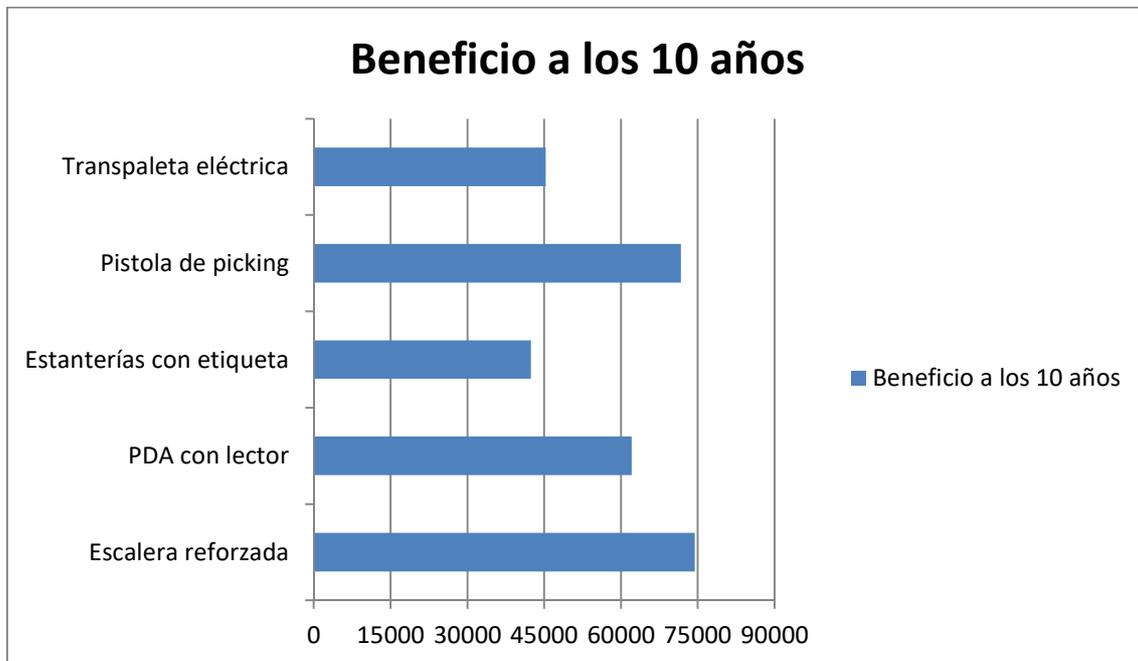


Ilustración 25 Previsión de beneficios tras 10 años de implantación de las distintas mejoras para la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, todas y cada una de las mejoras propuestas nos dan un resultado positivo, vale la pena implantarlas. La mejor combinación de mejoras parece clara, conviene implantar las cinco, y esta es la opción que se va a elegir, ya que se piensa más a largo plazo, pero otra opción sería no considerar invertir en las estanterías ya que se tarda más de seis años en recuperar esa inversión, e invertir únicamente en las otras cuatro mejoras, cuya mejora con mayor tiempo de amortización son poco más de dos años. Ahora se va a estudiar que ocurre cuando se implantan todas las mejoras:

Se ahorrarían 295.900 €, lo cual está bien, pero tampoco es una cantidad desorbitada. Se debe tener en cuenta un factor extremadamente importante, el crecimiento de carga en el aeropuerto de Zaragoza en los últimos años está siendo exponencial. Para ilustrarlo, se cuenta con el siguiente dato, en el año 2006 se movieron unas 5.900 T de carga anuales, en 2012 fueron unas 42.500 T y en 2019 se prevén unas 190.000 T, es decir en 13 años se ha multiplicado por 32 el volumen de carga anual. Por lo tanto, este dato de ahorro a los diez años sería si se mantuviese igual el volumen de carga, cosa que previsiblemente no será así. Los beneficios no pueden estimarse con precisión, pero está claro que, a más carga movida, mayor ahorro, por lo tanto, es muy probable que el ahorro final en diez años sea mucho mayor

del que se ha estimado, lo cual hace aún más recomendable implementar las mejoras propuestas.

Aquí puede observarse el crecimiento del Aeropuerto de Zaragoza en lo que a carga se refiere con respecto a otros aeropuertos de España.

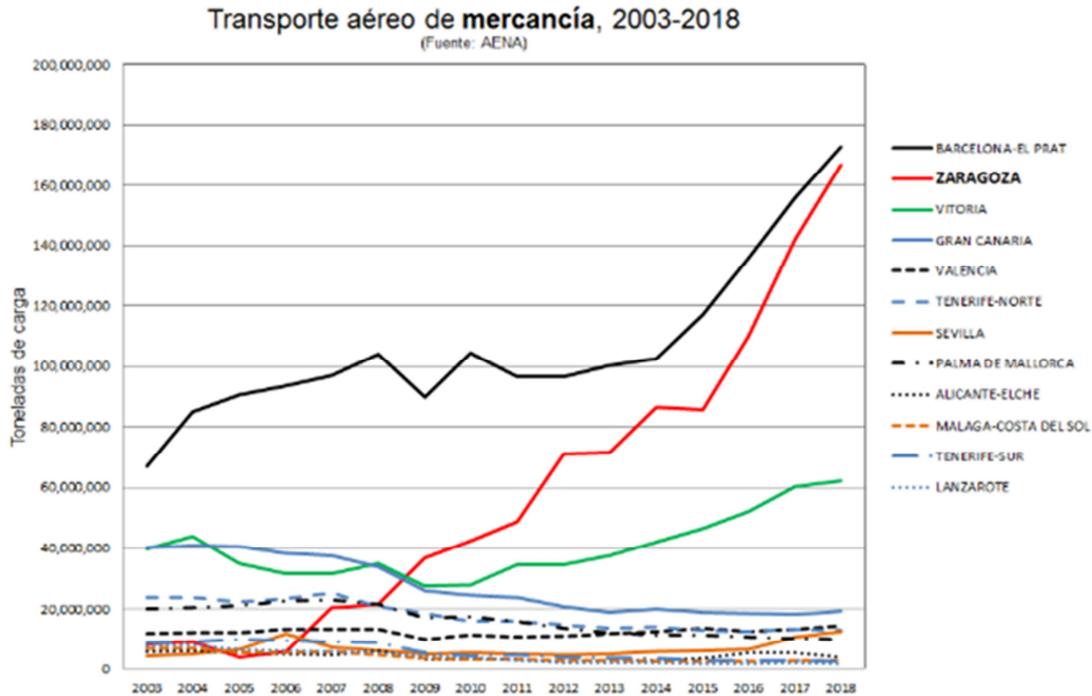


Ilustración 26: Crecimiento del Aeropuerto de Zaragoza en carga aérea en comparación con otros de España expresado en toneladas de carga anuales. Fuente: AENA

Otra vía para contemplar sería ver cuantos vuelos más se podrían aceptar gracias a la reducción de tiempos lograda, es decir, que impacto tendría si todos los vuelos se cargasen con los quince operarios en el mínimo tiempo posible (4,80 horas en caso del Boeing 747F, 3,49 horas en caso del Boeing 777F y 2,83 h en caso del Airbus A330).

A simple vista ya se ve que se podría aumentar mucho la cantidad de vuelos, pero se va a ver un sencillo ejemplo que lo ilustre. Sin mejoras, se carga un 747F y un 777F en un total de 10,47 horas, con las mejoras introducidas se tardarían 11,12 horas en cargar un 747F, un 777F y un A330F. En solo un poco más de tiempo, se conseguiría cargar tres aviones en lugar de dos, esto da idea de lo importante que sería esta reducción de tiempo. En este estudio no se ha decidido hacer cálculos viendo el ahorro desde este ángulo ya que aquí entran en juego muchas variables, para empezar, existe una limitación debida a la carga disponible, es decir, en Zaragoza se mueven unas 520 T/día, cantidad que no depende de la empresa de handling. Se conseguiría trabajar más vuelos, pero no se puede calcular cuántos, ni hacer una estimación de ello, ya porqué intervienen una gran cantidad de factores externos, como los contratos de cada aerolínea con cada empresa de handling, o las fluctuaciones de vuelos de textil depende



la estación del año, o de perecederos en el caso de la fruta de temporada. Pero está claro que en un futuro, cuando el aeropuerto de Zaragoza siga creciendo, y con ello aumente la demanda de carga para transportar por vía aérea, esta opción será muy recomendable para incrementar al máximo el número de vuelos.

6.2 Caso particular de importación de pescado

En este segundo caso se le va a dar el mismo enfoque que al primero, para empezar se analizarán las mejoras desde un punto de vista únicamente operativo y posteriormente desde un punto de vista económico.

6.2.1 Análisis de las mejoras a nivel operativo

Transpaleta eléctrica: Su influencia se centra en la fase cinco y esta no influye directamente en el tiempo final, siempre que no sea superior a 2 horas, ya que fuentes del aeropuerto comentan que el tiempo de carreteo en esta operativa no conviene que sea mayor de 2 horas, ya que estaría moviendo el material entre las otras fases demasiado lento y podría retrasar la operativa entera. A diferencia del tiempo, a nivel de operarios se podría ver cuantos operarios se pueden ahorrar en esta fase sin superar las 2 horas.

Se podría reducir 1 operario sin sobrepasar las dos horas con la inclusión de esta mejora, manteniendo de esta forma intacto el tiempo final de la operativa. Se ahorrarían 1,5 operarios, siendo un total de 15,5 los que trabajasen en la operativa completa.

TIEMPOS					
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h
t ₁₁	0,41	45,00	0,75	2,25	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15
t ₁₂	0,41	45,00	0,75		
t ₁₃	0,41	45,00	0,75		
t ₂	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO
t ₃	0,28	31,13	0,52	VERDADERO	
t ₄	0,82	89,98	1,50		
t ₅	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	
t ₆	1,09	120,01	2,00	VERDADERO	
Tiempo total			4,02		

Tabla 13 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de transpaleta eléctrica con 15,5 operarios.
Fuente: Elaboración propia

Pistola de picking: Aplicando esta mejora se consigue reducir de 4,02 horas a 3,76 horas el tiempo final de la operativa, repercute en la subfase 1.2 y en la fase 3. En cuanto a reducción de operarios necesarios, con colocar 6,64 operarios (para no pasarnos de las 2h15) en la subfase 1.2 y 0,5 en la fase 3, se mantiene intacto el en el tiempo final de carga. Ahorrando por tanto 1,86 operarios, teniendo el total de 15,14 trabajando.

TIEMPOS					
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h
t ₁₁	0,49	54,22	0,90	2,26	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15
t ₁₂	0,25	27,11	0,45		
t ₁₃	0,49	54,22	0,90		
t ₂	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO
t ₃	0,28	31,13	0,52	VERDADERO	
t ₄	0,82	89,98	1,50		
t ₅	0,55	59,95	1,00	Debe ser menor/ig a 2 max	
t ₆	1,09	120,01	2,00	VERDADERO	
Tiempo total			4,02		

Tabla 14 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de pistola de picking con 15,14 operarios.
Fuente: Elaboración propia

TIEMPOS					
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h
t ₁₁	0,41	45,00	0,75	1,88	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15
t ₁₂	0,20	22,50	0,38		
t ₁₃	0,41	45,00	0,75		
t ₂	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO
t ₃	0,14	15,57	0,26	VERDADERO	
t ₄	0,82	89,98	1,50		
t ₅	0,55	59,95	1,00	Debe ser menor/ig a 2 max	
t ₆	1,09	120,01	2,00	VERDADERO	
Tiempo total			3,76		

Tabla 15 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de pistola de picking con 17 operarios.
Fuente: Elaboración propia

Retráctil giratorio: Ocurre lo mismo que con la transpaleta, que afecta a la fase 2, y esta es una de las que no cuentan para el cómputo total de la operativa (siempre que no excedan un límite). Así que tiempo como tal no se ahorrará, pero sí se podría hacer la operativa en tiempo con solo 1 operario (ahorrando 3 operarios) estos son los mínimos operarios necesarios en esta fase para no exceder las 2 horas máximas estipuladas a partir de las cuales se ralentizaría toda la operativa teniendo esto un impacto sobre el tiempo final. El total de operarios sería de 14.

TIEMPOS					
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h
t ₁₁	0,41	45,00	0,75	2,25	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15
t ₁₂	0,41	45,00	0,75		
t ₁₃	0,41	45,00	0,75		
t ₂	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO
t ₃	0,28	31,13	0,52	VERDADERO	
t ₄	0,82	89,98	1,50		
t ₅	0,55	59,95	1,00	Debe ser menor/ig a 2 max	
t ₆	1,09	120,01	2,00	VERDADERO	
Tiempo total			4,02		

Tabla 16 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de efundadora retráctil giratoria con 14 operarios. Fuente: Elaboración propia

Reducciones que aporta cada mejora de forma individual:

	Tiempo (horas)	Tiempo (minutos)	Ahorro operarios
Transpaleta eléctrica	-	-	1,5
Pistola de picking	0,26	16	1,86
Retráctil giratorio	-	-	3

Tabla 17 Ahorros conseguidos en la importación de pescado por cada mejora propuesta. Fuente: Elaboración propia

La mejora más interesante es sin duda el retráctil giratorio porqué pese a no reducir el tiempo, puede reducir los operarios de forma drástica, la pistola también funciona muy bien ya que modifica el tiempo y puede reducir un número considerable de operarios, la transpaleta, aunque su efecto es menos significativo, también reduce un número de operarios a tener en cuenta.

Reducción operativa

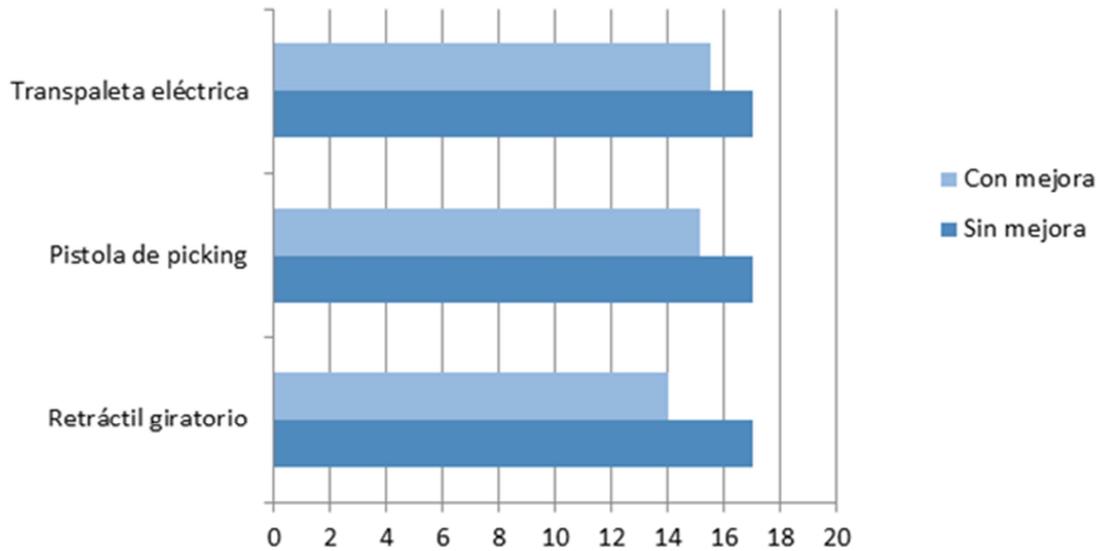


Ilustración 27 Reducción operativa de cada una de las mejoras en la importación de pescado. Fuente: Elaboración propia

Puede verse que todas las mejoras son eficaces a nivel operativo, sobre todo teniendo en cuenta la reducción de operarios que se puede llegar a obtener, por lo tanto, la solución idónea sería combinar las tres mejoras. Aplicando las tres mejoras al mismo tiempo se podría conseguir una reducción de 4,02 horas a 3,76 horas (la mejora de las pistolas de picking). A nivel de operarios, se podría mantener el tiempo de la operativa con la siguiente distribución:

Fase 1 → 6,64 operarios

Fase 2 → 1 operarios

Fase 3 → 0,5 operarios

Fase 5 → 0,5 operarios

Fase 6 → 2 operarios

Lo que resulta en un total de 10,64 operarios, conduciendo al proceso a la gran reducción de 6,36 operarios. Con la introducción de las tres mejoras al mismo tiempo sería posible realizar la misma operativa que se hace actualmente en el mismo tiempo total, pero con 10,64 operarios en lugar de 17.

TIEMPOS					
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h
t ₁₁	0,49	54,22	0,90	2,26	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15
t ₁₂	0,25	27,11	0,45		
t ₁₃	0,49	54,22	0,90		
t ₂	1,09	119,90	2,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO
t ₃	0,28	31,13	0,52	VERDADERO	
t ₄	0,82	89,98	1,50		
t ₅	0,55	59,95	1,00	Debe ser menor/ig a 2 max	
t ₆	1,09	120,01	2,00	VERDADERO	
Tiempo total			4,02		

Tabla 18 Tiempos de importación de pescado aplicando la solución adaptada. Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Análisis de las mejoras a nivel económico

Ahora se va a proceder de la misma manera que en el caso anterior, viendo el impacto de las mejoras a nivel económico, analizando básicamente estos tres puntos:

- Inversión inicial
- Amortización de la inversión
- Beneficio a los 10 años

Podrá notarse que los ahorros mucho más pequeños que en el caso anterior, esto es debido a que hay únicamente un vuelo de Boeing 747F semanal de import de pescado.

Transpaleta eléctrica: En el ejemplo, se tendría un carretillero una vez aplicada la mejora, así que se va a suponer que se compra una transpaleta, lo que supondría unos 8000 €.

Inversión: 8000 €

Suponiendo un mes como el de Agosto, y habiendo calculado que en los dos tipos principales de aeronaves (Boeing 747F y Boeing 777F), se ahorran 0,5 carretilleros por vuelo, se tiene:

$$1,5 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (4 \text{ vuelos } 747F * 4,02 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 747F}) = 240 \text{ €}$$

Se ahorrarían 240 € cada mes, por lo tanto, se necesitarían unos 3 años para recuperar la inversión. Una transpaleta de estas características, con el mantenimiento adecuado, podría durar unos 12 años.

Pistola de picking: Se necesitarían aplicada la mejora como mínimo 7 pistolas de picking.

$$\text{Inversión: } 7 \text{ pistolas} * 200 \frac{\text{€}}{\text{pistola}} = 1400 \text{ €}$$

Ahorro:

$$1,73 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (4 \text{ vuelos } 747F * 4,02 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 747F}) = 280 \text{ €}$$

Se ahorrarían 280 € mensuales, se tardaría unos cinco meses en amortizar dicha inversión. La vida útil de la pistola de picking estaría en torno a unos seis años.

Retráctil giratorio: Sólo se necesitaría uno, para colocarlo en la parte superior de una de las camas de rodillos, la inversión sería de unos 23.000 €. Se tardaría unos 4 años en recuperar la inversión.

Inversión: 23.000 €

Ahorro:

$$3 \text{ op} * 10 \frac{\text{€}}{\text{hora*op}} * (4 \text{ vuelos } 747F * 4,02 \frac{\text{h}}{\text{vuelo } 747F}) = 480 \text{ €}$$

Se ahorrarían 482 € mensuales, lo que haría que se necesitasen 12 años para recuperar la inversión inicial.

Para de comparar las mejoras propuestas con ánimo de ver cuál de ellas es la más rentable, debemos compararlas en un mismo periodo de tiempo de implantación, vamos a escoger 10 años.

Beneficio = Ahorro - Inversión

Transpaleta eléctrica:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 240 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - (\frac{10 \text{ años}}{12 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 8000 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}}) = 22.100 \text{ €}$$

Beneficio pistola de picking:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 280 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - (\frac{10 \text{ años}}{6 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 600 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}}) = 32.600 \text{ €}$$

Beneficio retráctil giratorio:

$$(10 \text{ años} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{años}} * 480 \frac{\text{€}}{\text{mes}}) - \left(\frac{10 \text{ años}}{15 \frac{\text{años}}{\text{renovacion}}} * 23000 \frac{\text{€}}{\text{renovacion}} \right) = 42.300 \text{ €}$$

La transpaleta eléctrica tan sólo daría un beneficio de 22.100 € en 10 años, aunque sea una inversión moderada, se invertiría en ello. Las pistolas de picking darían unos 32.600 € de beneficio, también se invertiría en ello. El retráctil giratorio daría unos 42.300 €, más que con las otras mejoras, luego, se invertiría en ello. A continuación se introduce un gráfico que da idea de los beneficios generados por las mejoras de forma individual.

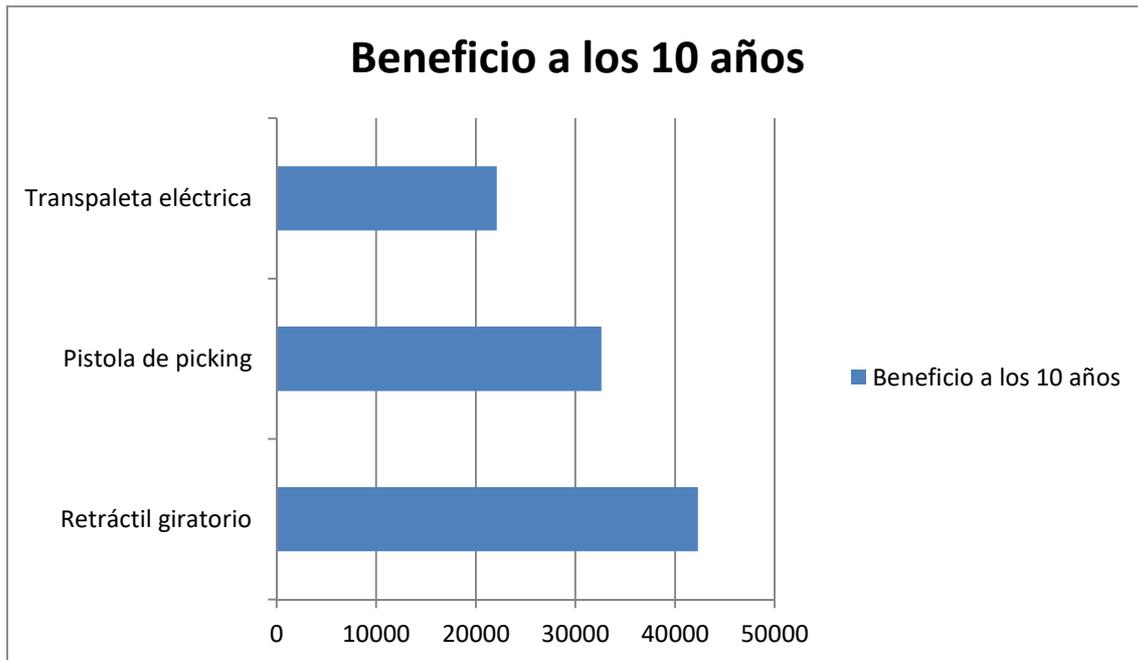


Ilustración 28 Previsión de beneficios tras 10 años de implantación de las distintas mejoras. Fuente: Elaboración propia

Se ve que la mejor solución a nivel económico sería solamente implementar las tres mejoras, generando un beneficio de unos 97.000 € a los 10 años de la inversión.

Las mejoras salen menos rentables que en el otro caso porque hay tan sólo una importación semanal de pescado. Aun así, convendría invertir, no solo por este beneficio sino por el previsto, como en el otro caso, la previsión para el aeropuerto de Zaragoza es mucho crecimiento en el tráfico de vuelos, tal vez no pueda crecer tanto como el negocio de export textil. Pero hay que pensar que la tendencia es ascendente y solo con que pusiese otro vuelo semanal se estaría doblando los beneficios sólo con la introducción de unas sencillas mejoras, por lo tanto, se considera que debería hacerse dicha inversión.

7. Conclusiones

En función de los objetivos que se plantearon al iniciar este trabajo, el grado de consecución de los mismos se cree que ha sido muy alto, ya que tal como estaba previsto se ha desarrollado una metodología para la creación de distintas herramientas asociadas a cada caso particular. De igual modo se han valorado las diferentes mejoras, obteniendo significativas reducciones en los costes operativos.

La metodología aplicada se ha revelado muy eficaz, sencilla y versátil en su aplicación, además se considera que puede ser extrapolable a otros procesos operativos en el cálculo de sus tiempos de carga. Si en algún caso el número de variables fuese mayor, y por lo tanto el proceso más complejo, se podrían hacer adecuaciones de estas herramientas utilizando un aparato matemático más elevado.

A nivel práctico, las dos herramientas de cálculo han sido probadas en diferentes escenarios, en particular la que hace referencia a la exportación de textil, debido a su mayor número de operaciones, se ha mostrado adecuada y muy útil en diferentes simulaciones realizadas. Este hecho ha sido especialmente relevante para el Project Manager del GHA Groundforce, que ve en ello una aplicación a la hora de redistribuir el personal en las distintas fases del proceso.

En cuanto a los resultados obtenidos en la aplicación de las mejoras propuestas, se puede concluir que a nivel operativo conviene implantar todas las mejoras tanto en el estudio de exportación de textil como en el de importación de pescado. Cuando entra en juego el factor económico, se comprueba que no todas son igual de rentables. En el estudio del textil, cuatro de las cinco mejoras deberían ser implementadas, la quinta (estanterías con etiqueta) posee una relación coste beneficio que no es excesivamente positiva, ya que se tarda demasiado en amortizar la inversión, esta última podría dejarse por tanto a elección del usuario. En el estudio de la importación de pescado, las tres mejoras se manifiestan económicamente viables pese al poco tráfico de este tipo de mercancía. De todos modos, no se puede olvidar que debido al gran crecimiento previsto para el volumen de carga en el Aeropuerto de Zaragoza (basándonos en el histórico de datos) todas estas mejoras bien podrían ser en un futuro próximo mucho más rentables de lo previsto y no se debería descartar la implantación de ninguna de ellas.

Este trabajo en un futuro podría ser ampliado, orientándolo hacia objetivos más ambiciosos como son por ejemplo la creación de una base de datos que permitiese tener un control de las planchas aéreas en tiempo real, o el desarrollo del e-AWB evaluando sus beneficios, o también el anteriormente comentado uso de una herramienta matemática más potente para la modelización de casos más complejos.

8. Fuentes de información

- [1] ICEX, Transporte Aéreo Internacional de Mercancías, Noviembre 2016
- [2] ICAO (International Civil Aviation Organization), El transporte Internacional de la Carga, Septiembre 2016.
- [3] Consejo General de los Colegios de Agentes y Comisionistas de Aduanas, El Agente de Aduanas, URL: www.representantesaduaneros.com. Consultado: 10/06/2019
- [4] Ponce Perez D. , Efectividad de la logística del transporte aérea de mercancías. Una aproximación multicriterio basada en el proceso analítico sistémico (ANP) , Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, Junio 2012.
- [5] IATA (International Air Transport Association) URL: www.iata.org Consultado: Desde 02/02/2019
- [6] World Health Organization , Temperature-controlled transport operations by road and by air, Agosto 2014.
- [7] Direct Industry, Retráctil Giratorio y automáticos, URL: <https://www.directindustry.es/prod/innova-maquinaria-industrial/product-65162-2000023.html> Direct Industry. Consultado: 19/08/2019

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Boeing 777F en proceso de carga. Fuente: Air Cargo News.....	12
Ilustración 2 Esquema flujo documental. Fuente: [2]	14
Ilustración 3 Tipos de planchas aeroportuarias. Fuente: Elaboración propia	15
Ilustración 4 Dimensiones ULD tipo PAG. Fuente: IATA.....	15
Ilustración 5 Boeing 747F de Korean Air Cargo. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 6 Transporte aérea de caballos. Fuente: Elaboración propia	20
Ilustración 7 Transporte de helicóptero en Boeing 747F (1). Fuente: Saudia Airlines.....	21
Ilustración 8 Transporte de helicóptero en Boeing 747F (2). Fuente: Saudia Airlines.....	21
Ilustración 9 Funcionamiento general de las herramientas desarrolladas a partir de la metodología. Fuente: Elaboración propia.....	31
Ilustración 10 Palé consolidado, embalado y cerrado de producto textil. Fuente: Elaboración propia.	33
Ilustración 11 Transpaleta tradicional. Fuente: Mecalux Transpaletas	34
Ilustración 12 Transpaleta eléctrica. Fuente: Hyundai Transpaletas.....	34
Ilustración 13 Pistola de picking. Fuente: Comercial GrupoAlba	34
Ilustración 14 Estantería industrial de aluminio. Fuente: Mecalux	35
Ilustración 15 PDA con lector QR y código de barras. Fuente: Qunsud.....	36
Ilustración 16 Escaleras reforzadas para uso industrial. Fuente: KaiserKraft.....	36
Ilustración 17 Superposición de fases en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 18 Palé consolidado, embalado y cerrado de pescado. Fuente: Elaboración propia.....	46
Ilustración 19 Clasificación de pescado por calibres en almacén en frío. Fuente: Elaboración propia	47
Ilustración 20 Enfundadora retráctil giratoria. Fuente: [7].....	48
Ilustración 21 Tiempos de manipulación en la importación de pescado. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración 22 Superposición de fases en el proceso de importación de pescado. Fuente: Elaboración propia	52
Ilustración 23 Tiempos ahorrados con cada mejora en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia	60
Ilustración 24 Reducción operativa de las mejoras de cada una de las mejoras en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia.....	60
Ilustración 25 Previsión de beneficios tras 10 años de implantación de las distintas mejoras para la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia.....	65
Ilustración 26: Crecimiento del Aeropuerto de Zaragoza en carga aérea en comparación con otros de España expresado en toneladas de carga anuales. Fuente: AENA.....	66
Ilustración 27 Reducción operativa de cada una de las mejoras en la importación de pescado. Fuente: Elaboración propia.....	71
Ilustración 28 Previsión de beneficios tras 10 años de implantación de las distintas mejoras. Fuente: Elaboración propia.....	74

Índice de tablas

Tabla 1 Tiempos de manipulación en la exportación de producto textil. Fuente: Elaboración propia	39
Tabla 2 Tiempos de carga Boeing 747F para exportación de textil sin introducir mejoras. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 3 Tiempos de carga para exportación de textil sin introducir mejoras Boeing 777F. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 4 Tiempos de carga Airbus A330 para exportación de textil sin introducir mejoras. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 5 Tiempos de carga Boeing 747F para importación de pescado sin introducir mejoras. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia	54
Tabla 6 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de transpaleta eléctrica con 15 operarios y con 14,5 operarios. Fuente: Elaboración propia	56
Tabla 7 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de pistola de picking con 15 operarios y con 14,3 operarios. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 8 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de estanterías con etiquetas con 15 operarios y con 14,4 operarios. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 9 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de PDA con lector de código de barras con 15 operarios y con 14 operarios. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 10 Tiempos de exportación de producto textil introduciendo mejora de escalera a la altura de planchas reforzada con 15 operarios y con 14,25 operarios. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 11 Ahorros conseguidos en la exportación de producto textil por cada mejora propuesta. Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 12 Tiempos de exportación de producto textil aplicando la solución adaptada. Fuente: Elaboración propia	61
Tabla 13 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de transpaleta eléctrica con 15,5 operarios. Fuente: Elaboración propia	68
Tabla 14 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de pistola de picking con 15,14 operarios. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 15 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de pistola de picking con 17 operarios. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 16 Tiempos de importación de pescado introduciendo mejora de efundadora retráctil giratoria con 14 operarios. Fuente: Elaboración propia	70
Tabla 17 Ahorros conseguidos en la importación de pescado por cada mejora propuesta. Fuente: Elaboración propia	70
Tabla 18 Tiempos de importación de pescado aplicando la solución adaptada. Fuente: Elaboración propia	72

Anexo I: Captura de la herramienta de cálculo de los tiempos de exportación de producto textil

TIEMPOS									
	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo					
$t_{11\text{ AMC}}$	1,20	52,80	0,88	1,76	Siendo t:				
$t_{12\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44		$t_{11\text{ AMC}}$	Descarga manual del camión	ANTES MASA CRÍTICA		
$t_{13\text{ AMC}}$	0,60	26,40	0,44		$t_{12\text{ AMC}}$	Carreteo de las cajas (coincidencia con el albarán)			
$t_{11\text{ DMC}}$	1,60	105,60	1,76	$t_{13\text{ AMC}}$	Clasificaciones (por vuelo)				
$t_{12\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88	3,52	$t_{11\text{ DMC}}$	Descarga manual del camión	DESPUÉS MASA CRÍTICA		
$t_{13\text{ DMC}}$	0,80	52,80	0,88		$t_{12\text{ DMC}}$	Carreteo de las cajas (coincidencia con el albarán)			
t_2	0,55	60,01	1,00		$t_{13\text{ DMC}}$	Clasificaciones (por vuelo)			
t_3	0,55	60,01	1,00	Tiempo total fase 1	t_2	Carreteo de la plataforma al almacén			
t_{41}	2,18	239,80	4,00	5,28	t_3	Carreteo del almacén al foso			
t_{42}	0,27	30,07	0,50		t_{41}	Construcción de los ULD's			
t_{43}	0,14	15,03	0,25		t_{42}	Cierre + Verificación de contorno			
t_5	0,27	30,00	0,50		t_{43}	Pesaje			
Tiempo total			6,06		t_5	Carreteo del foso a pista			

La operación 41 es claramente el cuello de botella. Depende del grado de solapamiento que tomemos sobre las diferentes fases obtendremos un resultado u otro. Como aprox inicial supondremos que el 40% del tiempo total de la fase de actividades 1 no es solapable con la fase 4. Es decir, hasta que no transcurra el 30% del tiempo de la fase 1 no podremos empezar con la fase 4. También tomaremos al final el 30% del tiempo de carreteo final t_5 . El resto de operaciones aunque parece que no influyan, se hacen paralelas a la Op 41.

Tipo de aeronave	Boeing 747F	110			Reducción de	Estas son las mejoras que influyen en nuestro tiempos:			Influye en:	
Boeing 747F	110	(Toneladas)			50,00%	a	NO	Transpaleta eléctrica	t2,t3,t5	
Boeing 777F	80	(Toneladas)			50,00%	b	NO	Pistola picking	t12	
Airbus A330F	65	(Toneladas)			35,00%	c	NO	Estanterías apiladoras con etiquetas	t13	
					12,00%	d	NO	PDA con lector	t41	
					8,00%	e	NO	Escal reforzada altura de planchas	t41, t42	
n11	4	Num de op's t11	Op's reales fijos trabajando en fase 1	4						
n12	2	Num de op's t12								
n13	2	Num de op's t13								
n235	1	Núm op's carreteo	Op's reales fijos trab en fase 2,3,5	1						
n41	10	Num de op's t41	Op's reales trabajando en fase 4	10						
n42	5	Num de op's t42								
n43	5	Num de op's t43								
M	5	Num muelles disponibles								
Om	2	Op's por muelle en fase 4		15						

De los 10 operarios pertenecientes a la fase 4, durante el primer tramo de la carga (antes de alcanzar la masa crítica para poder empezar a montar) están trabajando en la fase 1. Esto implica que antes de alcanzar la masa crítica, en la fase 1 trabajan los 2 operarios fijos en esta y los 5 operarios que provienen de la fase 4, una vez alcanzada esta masa, se quedan en la fase 1 los 2 operarios iniciales y los otros 5 se mueven a la fase 4.

Anexo 2: Captura de la herramienta de cálculo de los tiempos de importación de pescado

TIEMPOS

	[minutos/ton]	[minutos]	[horas]	Tiempo	Debe ser <= 2,25h			
t ₁₁	0,49	53,98	0,90	2,25	Esta casilla tiene que ser menos de 2h15	Siendo t:		
t ₁₂	0,25	26,99	0,45				t ₁₁	Romper ULD's
t ₁₃	0,49	53,98	0,90				t ₁₂	Conteo
t ₂	2,18	239,80	4,00	Debe ser menor/ig a 2 max	VERDADERO	t ₁₃	Clasificación	
t ₃	0,28	31,13	0,52	FALSO		t ₂	Montar palés y poner plástico retráctil	
t ₄	0,82	89,98	1,50			t ₃	Búsqueda de cajas	
t ₅	2,18	239,80	4,00	Debe ser menor/ig a 2 max		t ₄	Control sanitario	
t ₆	1,09	120,01	2,00	FALSO		t ₅	Carreteo	
Tiempo total			4,02			t ₆	Carga de los camiones	

Tipo de aeronave	Boeing 747F	110	Reducción del:	Estas son las mejoras que influyen en nuestro tiempos:			Influye en:
Boeing 747F	110	(Toneladas)	50,00%	a	NO	Transpaleta eléctrica	t ₅
Boeing 777F	80	(Toneladas)	50,00%	b	SI	Pistola picking	t ₁₂ , t ₃
Airbus A330F	65	(Toneladas)	50,00%	c	NO	Retráctil giratorio	t ₂

n11	6,67	Num de op's t11
n12	6,67	Num de op's t12
n13	6,67	Num de op's t13
n2	1	Num de op's t2
n3	0,5	Num de op's t3
n4	Veter ext	Num de op's t4
n5	0,5	Num de op's t5
n6	2	Num de op's t6
Op's totales	10,67	

Anexo 3: Tabla canal logístico completo de exportación de producto textil (handling tierra + aire)

ACCIÓN	CÓMO	QUIÉN	NECESIDAD	PROBLEMA	TECNOLOGÍA DE	SAFETY	SECURITY			
1	Descargar camión	A mano / carretilla	Operario almacén Groundforce	Mayor velocidad descarga	Lentitud	Traspaleta eléctrica con báscula incorporada	Riesgo caída sobre personas	No		
2	Mover mercancía a la zona de carga	A mano / carretilla	Operario almacén Groundforce	Más espacio	Falta de espacio en los días con mucha afluencia de camiones	Estanterías apiladoras con lector de código de barras		No	Su punto crítico es:	Rapidez
3	Subir papel a la oficina	A mano	Operario almacén Groundforce	Tenerlo de forma inmediata y sin tener que subir físicamente a la oficina	Falta de personal, distancia, posible pérdida de documentación	Mensajería por ordenador instalado en almacén	no	no		Espacio
4	Comprobar mercancía	Papel y bolígrafo	Operario almacén Groundforce	Una mejor forma de contarlo	Lentitud e ineficacia en el conteo	Pistola picking / PDA	posible caída de cajas sobre el operario al moverlas	Que coincida con la del albarán del transportista		Coste
5	Visto bueno al transportista	Se le firma el albarán	Oficina	Que la entrega sea segura	Carga de trabajo, posible pérdida de documentos	Albarán electrónico	no	Se asegura que es la persona designada, se envía esa información a su empresa y queda registrada la entrega		Safety
6	Comprobar disponibilidad de planchas	Mediante realización de stocks se apunta el número de las mismas a mano	Oficina y operario que realiza el stock dos veces en semana	Forma más rápida y eficaz de saber qué planchas se tienen	Realizar los stocks	Base de Datos a la Entrada; lector de código de barras	Operario que realiza los stocks, caída o accidente	no		Security
7	Mover planchas a la cama de rodillos	Empuje manual	Operario almacén Groundforce	Más espacio o mejor movilidad	Esfuerzo del personal, necesidad de más personas	Mesas de rodillos eléctricas	Riesgo de accidente/so breesfuerzo	no		
8	Empujar planchas	Camas de rodillos	Operario almacén Groundforce	Más espacio o mejor movilidad	Esfuerzo del personal, necesidad de más personas	Mesas de rodillos automáticas	Caída de la cama de rodillos	no		

9	Recibir indicaciones del transitario,	Vía mail	Oficina	Recibir mejores indicaciones y más claras	Posibilidad de error	Los correos deben tener numeración automática del mismo	no	no
10	Pasar indicaciones a los operarios de handling tierra (Contornos etc)	En papel	Oficina --> Operario almacén Groundforce	Mayor rapidez en la transmisión de la información	Pérdida de tiempo en subir y bajar	PDA	no	no
11	Montar planchas ULD	A mano / carretilla	Operario almacén Groundforce	Más rapidez en la carga	Tiempo en el montaje / Riesgo operario	Escalera reforzada a la altura de las planchas. Líneas de vida homologadas	Riesgo de caída sobre el operario	no
12	Comunicarse con el que conduce el dollie	Walkie talkie	Operario almacén Groundforce -> Operario handling rampa Groundforce	Mejorar la comunicación	Problemas de comunicación	walkies mejorados con microfono en la solapa.	no	no
13	Cargar ULD's en el dollie	Transfer	Operario handling rampa Groundforce	Se hace a mano empujando	Posibilidad de accidente por atrapamiento/sobreesfuerzo	Que las camas sean automáticas	Riesgo de caída sobre el operario	no
14	El dollie va hacia la zona de la aeronave	Dollie	Operario handling rampa Groundforce	Mejor organización posiciones de los dollies	Mover demasiadas veces las planchas	Mejora1: App que haga un equilibrado automático de la aeronave y te diga cuando puedes empezar a a cargar por detrás Mejora2: Tecnología para identificar planchas, lo saber donde se encuentran	Riesgo de vehiculos circulando por lños cambios. Pasar entre los dollies a pie y riesgo de atropello	no
15	Operario a pie de avión lee el documento dónde dice que plancha irá en cada lugar y se lo comunica al del transfer para	Walkie talkie	Operario handling rampa Groundforce	mejorar la comunicación	Puede haber errores al cargar la plancha que no es	Listado de carga electronica traves de la pda	no	no

16	El del transfer va a buscar la plancha pedida al dollie y la carga	Transfer	Operario handling rampa Groundforce	Sería interesante conocer cuál es cada plancha, no sólo por su posición en el dollie alrededor del aeropuerto	Puede que no estén bien situados los dollies	Listado de carga electronica traves de la pda	no	no
17	Trae la plancha a la aeronave	Transfer	Operario handling rampa Groundforce	Sería interesante conocer cuál es cada plancha, no sólo por su posición en el dollie alrededor del aeropuerto	Puede que no estén bien situados los dollies	Listado de carga electronica traves de la pda	no	no
18	Se carga la plancha en el highloader	Transfer	Operario handling rampa Groundforce	estas tres son todas igual en su necesidad, que es agilizar la carga del avión	mejora de la rapidez y seguridad en la carga de los aviones	Uso de localizadores de planchas mediante dispositivos electronicos removibles	Riesgo de atrapamiento del operario	no
19	Se eleva la carga con el highloader y se introduce en la aeronave	Highloader	Operario handling rampa Groundforce					no
20	Se lleva la placha a la posición	Raíles dispuestos en el interior de la	Operario handling rampa Groundforce					no