



**GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y  
DIRECCIÓN DE EMPRESAS  
CURSO ACADÉMICO 2021-2022**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Mención en Dirección General y Negocio Internacional

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y APRENDIZAJE  
AUTOMÁTICO EN LA GESTIÓN LOGÍSTICA  
EN LA INDUSTRIA**

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE  
LEARNING IN THE LOGISTICS  
MANAGEMENT**

AUTOR: EDUARDO CEBALLOS VELO

DIRECTOR: FRANCISCO JAVIER LENA ACEBO

FECHA DE PRESENTACIÓN: JULIO 2022

EDUARDO CEBALLOS VELO

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN</b> .....	6
1.1 HISTORIA DE LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES .....	6
1.2 MACHINE LEARNING .....	7
1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE EN EL MACHINE LEARNING .....	7
1.3.1 APRENDIZAJE SUPERVISADO .....	8
1.3.2 APRENDIZAJE NO SUPERVISADO .....	8
1.3.3 APRENDIZAJE SEMI-SUPERVISADO .....	8
1.3.4 APRENDIZAJE DE REFUERZO .....	9
<b>2. MACHINE LEARNING EN LA LOGÍSTICA</b> .....	10
2.1 APLICACIONES ACTUALES EN EL SECTOR LOGÍSTICO .....	10
2.1.1 PREVISIÓN DE LA DEMANDA .....	10
2.1.2 ROBOTS EN LA LOGÍSTICA .....	11
2.1.3 OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DE TRANSPORTE .....	17
2.1.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LA MAQUINARIA .....	19
2.1.5 GAFAS INTELIGENTES .....	20
2.1.6 ASISTENTES O CHATBOTS .....	20
2.2 DESARROLLO DE NUEVAS APLICACIONES .....	21
2.2.1 AUTOMATIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍA .....	21
2.2.2 DRONES .....	24
<b>3. CONCLUSIÓN</b> .....	27
3.1 LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....	28
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	29

## ÍNDICE DE IMÁGENES Y GRÁFICOS

<b>Imagen 1: 2.1 Robot AGV transportando pallets .....</b>	<b>12</b>
<b>Imagen 2: 2.2 Robot MiR500 .....</b>	<b>13</b>
<b>Imagen 3: 2.3 EffiBOT Seat .....</b>	<b>14</b>
<b>Imagen 4: 2.4 LocusBOT DHL.....</b>	<b>15</b>
<b>Imagen 5: 2.5 Pick-it-Easy Robot.....</b>	<b>16</b>
<b>Imagen 6: 2.6 Robot Paletizador Mosaik Dynamic .....</b>	<b>17</b>
<b>Imagen 7: 2.7 Funcionamiento Amazon Lookout for Equipment .....</b>	<b>19</b>
<b>Gráfico 8: 2.8 Freight Transport Statistics in EU (2010-2020).....</b>	<b>22</b>
<b>Imagen 9: 2.9 Camión autónomo TuSimple .....</b>	<b>23</b>
<b>Imagen 10: 2.10 Barco YARA Birkeland .....</b>	<b>24</b>
<b>Imagen 11: 2.11 Drone Amazon Prime Air .....</b>	<b>25</b>
<b>Imagen 12: 2.12 Drone Jhonson &amp; Jhonson .....</b>	<b>26</b>

## RESUMEN

La logística empresarial es el conjunto de operaciones y procesos encargados de gestionar y coordinar el transporte de productos procedentes de la fabricación desde los centros de distribución hasta los clientes finales. Este proceso posee un alto impacto dentro de la cadena de suministro. Es por ello, por lo que hoy en día las compañías están dispuestas a destinar una gran parte de sus recursos disponibles para su mejora. Para su desarrollo y perfeccionamiento, se está produciendo una transformación tecnológica que tiende hacia la automatización de los procesos. Esta nueva industria 4.0 combina el procesamiento de datos masivos con tecnología inteligente para el desarrollo de nuevas aplicaciones. Estas nuevas aplicaciones poseen cierta complejidad a la hora de ser interpretada tanto la forma teórica como en su aplicación real.

Para una mejor comprensión del trabajo, el contenido se encuentra estructurado en dos bloques diferenciados.

En el primer bloque, de manera resumida, se analizarán las diferentes revoluciones industriales. A continuación, se explican conceptos teóricos referentes a la inteligencia artificial y subcategorías como el *Deep Learning* y *Machine Learning*. Se explicarán, a partir de ejemplos, los principales tipos de algoritmos de aprendizaje existentes en la actualidad. Para finalizar este bloque, se mostrarán aplicaciones de esta tecnología en diferentes sectores industriales.

El segundo bloque se centrará en las aplicaciones reales en el sector logístico. Se expondrán ejemplos de los diferentes *softwares* y maquinaria existente utilizadas por empresas dedicadas a este sector, así como nuevos proyectos en desarrollo.

Para finalizar, se realizará una valoración con objeto de medir la importancia de estos nuevos cambios que afectan al sector.

## **ABSTRACT**

Business logistics is the set of operations and processes responsible for managing and coordinating the transport of manufactured products from distribution centers to final customers. This process has a high impact within the supply chain. For this reason, nowadays companies are willing to allocate a large part of their available resources to its improvement. For its development and improvement, a technological transformation is taking place that tends towards the automation of processes. This new industry 4.0 combines massive data processing with intelligent technology for the development of new applications. These new applications have a certain complexity when it comes to being interpreted both theoretically and in their real application.

For a better understanding of the work, the content is structured in two different blocks.

The first block, in a summarized way, the different industrial revolutions will be analyzed. Next, theoretical concepts related to artificial intelligence and subcategories such as Deep Learning and Machine Learning are explained. The main types of learning algorithms currently in existence will be explained using examples. To end this block, applications of this technology in different industrial sectors will be shown.

On the second block will focus on real applications in the logistics sector. Examples of the different software and existing machinery used by companies dedicated to this sector will be exhibited, as well as new projects under development.

Finally, an assessment will be made in order to measure the importance of these new changes that affect the sector.

## 1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

En este capítulo se hará un breve resumen de las distintas revoluciones industriales que se han desarrollado durante la historia para conseguir tener una perspectiva de la evolución hasta llegar a la actual revolución en la que estamos inmersos. También se abordarán conceptos base de esta última revolución que son necesarios entender, así como las aplicaciones actuales de esta tecnología.

### 1.1 HISTORIA DE LAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES

Una revolución industrial se puede definir como un cambio abrupto debido a un aumento significativo y continuado en el tiempo de la producción, derivado de una mejora de la productividad que está asociado tanto a aumentos del capital como a una mejora de la tecnología existente (Deane, 1979). Estos cambios se han producido a lo largo de la historia, causando cambios tanto en el marco social como en los sistemas económicos.

La primera revolución industrial tuvo lugar en Inglaterra, aproximadamente desde el año 1760 hasta el 1840 (Haradhan, 2019). Hubo grandes avances tecnológicos, como la máquina de vapor de James Watt, que fue utilizada como motor de diferentes industrias que antes eran accionadas por mano de obra y fuerza animal. Se produjeron mejoras en diversos campos, en especial en el de la industria textil y en el del acero, que necesitaron de una gran cantidad de mano de obra que fue obtenida de las zonas rurales, contribuyendo al éxodo rural.

La segunda de las revoluciones industriales se origina durante los años 1860 a 1914 (Mohajan, 2020). A pesar de producirse poco después de la anterior revolución, esta trae consigo grandes avances como la electricidad, el motor de combustión, y el desarrollo de industrias como la química y la del transporte. Podemos ver que todos estos avances, junto con el desarrollo de la producción en cadena, buscan, de cierta manera, una automatización de los procesos de fabricación que mejoraron sustancialmente la productividad.

La tercera de las revoluciones industriales se produce al finalizar la Segunda Guerra Mundial (Philbeck & Davis, 2018). Destaca en ella el empleo y desarrollo de energías renovables y atómicas, así como mejoras en software, hardware, robótica y telecomunicaciones (Smith, 2001). Estas nuevas tecnologías suponen un antes y un después en la actividad de las empresas, siendo Internet uno de los mayores logros de la época. A su vez, la robótica transforma el modelo de producción conocido hasta la fecha, estando los procesos productivos cada vez más automatizados.

La cuarta revolución industrial, o Industria 4.0, se considera una nueva revolución construida como una continuación de la tercera revolución industrial. En ésta se potencia la integración en los procesos productivos y la propia sociedad de tecnologías avanzadas en campos como la robótica, automatización o Inteligencia Artificial (en adelante IA), así como la conectividad y globalización (Sharma & Jit Singh, 2020). Aparece en esta época una fuerte apuesta por la acumulación y análisis de información, hasta ahora nunca vista, mediante tecnologías como *Internet of Things* (IoT) y el *Big Data*. Por ello, es cada vez más habitual la aparición de fábricas inteligentes equipadas con multitud de sensores avanzados, con un predominio de la robótica en las líneas de producción y todo tipo softwares que permiten un mejor control en tiempo real, así como una mejor gestión y toma de decisiones. La IA está jugando un papel crucial en este proceso, permitiendo avanzar significativamente en todas sus disciplinas, y, en especial, en la relativa al campo de aprendizaje automático.

## 1.2 MACHINE LEARNING

El interés por replicar la velocidad y los comportamientos a la hora de gestionar datos dentro del cerebro humano ha sido uno de los mayores focos dentro del campo de la informática referente a la IA. Fue en 1956, de la mano de John McCarthy y otros científicos de la Universidad de Dartmouth, en Estados Unidos, (Moor, 2006) donde fue acuñado este concepto clave y conocido en nuestros tiempos, pero que hasta ese momento era visto como ciencia ficción.

Actualmente, dentro del campo de la IA, se pueden encontrar diferentes subcategorías con campos de estudio específicos que surgen como respuesta a la necesidad de replicar un comportamiento inteligente en una máquina, como puede ser la robótica (replica el movimiento autónomo), o el reconocimiento de imágenes (replica la visión humana). Existe un comportamiento que destaca respecto al resto, y que lo hace único del ser humano: la capacidad de aprender conceptos de manera autónoma y llevarlos a la práctica. Este estudio, dentro de la IA, fue denominado por Arthur Samuel en 1959 como *Machine Learning* (en adelante ML). Se definió como el campo de estudio que proporciona a los ordenadores la habilidad de aprender una tarea sin estar explícitamente programados (Muñoz, 2014). Esta herramienta consigue obtener complejos modelos y conocimientos imposibles de obtener de manera tradicional, a partir de sofisticados algoritmos que son alimentados mediante una gran cantidad de información. Por ello, su aplicación en sectores donde se generan una gran cantidad de datos masivos (*Big Data*), y donde los comportamientos de los patrones tienden a repetirse, los convierte en fundamentales para alcanzar una ventaja competitiva frente al resto de empresas.

Estos algoritmos, encargados de aprender a partir de los datos, varían según el tipo de problemática a resolver, por lo que no existe un único algoritmo superior que resuelva todos los problemas. El tipo de algoritmo a elegir dependerá del objetivo del modelo o del número de variables de las que dependa. Por ende, existen una gran variedad de técnicas de clasificación según el tipo de dificultad, siendo los más relevantes el aprendizaje supervisado, aprendizaje semi-supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje de refuerzo (Mahesh, 2020).

En el año 2006, dentro del campo del ML, se desarrolló un fenómeno denominado como *Deep Learning* (en adelante DL) (Vargas, et al., 2017). En este campo se utilizan multitud de capas de procesamiento de datos, denominadas redes neuronales, en las que la información se aprende por niveles. Las primeras capas son más genéricas, y las capas superiores son más abstractas. Por consiguiente, el aumento en el número de capas, provoca que la información obtenida sea cada vez más compleja y abstracta y, por lo tanto, más interesante a la hora de ser analizada.

## 1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE EN EL MACHINE LEARNING

Dada la creciente complejidad de los algoritmos, gracias en parte a las mejoras tecnológicas, es importante poder diferenciar entre los diferentes tipos de aprendizajes.

En el siguiente apartado se abordarán las diferentes y más utilizadas técnicas de aprendizaje dentro del ML, aportando ejemplos o casos prácticos reales para su correcta comprensión.

### 1.3.1 Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado se caracteriza por la necesidad de intervención y entrenamiento por parte de una figura humana, cuya principal tarea es describir y corregir las relaciones existentes entre el algoritmo y las variables de entrada y las de salida o resultado. El objetivo de este tipo de aprendizaje es que, mediante la aportación de una gran cantidad de ejemplos y las correcciones necesarias por parte del humano, el algoritmo sea capaz de obtener relaciones, con una alta precisión, entre la variable de entrada y el resultado final, pudiendo llegar a obtener esas relaciones correctas con variables de entrada nunca vistas (Bonaccorso, 2017).

Esta técnica de aprendizaje es la más común cuando el problema a resolver es de clasificación de variables (Nasteski, 2017). En campos como el de la medicina, los algoritmos son capaces de hacer un diagnóstico del paciente con cierta precisión, una vez aportados los resultados de pruebas, como análisis cardiovasculares o radiológicos, pudiendo obtener un diagnóstico equiparable al de un profesional. (Deo, 2015).

Un ejemplo práctico de este aprendizaje sería enseñar al algoritmo a identificar frutas. Para ello se le aportará, en una fase de entrenamiento, diferentes imágenes de frutas con su nombre correcto para que puedan ser identificadas. En la fase de *testing*, el algoritmo será capaz de identificar el resultado correcto para cada fruta según las características aprendidas.

### 1.3.2 Aprendizaje no supervisado

El aprendizaje no supervisado, también conocido como *clustering*, se caracteriza por la falta de interacción de un humano o supervisor. Este tipo de algoritmo se alimenta mediante datos, sin la aportación de una respuesta correcta por parte del supervisor, por lo que es el propio algoritmo quien, a través de esos datos, crea diversos patrones con características similares, formando grupos homogéneos que permiten categorizar los datos (Bonaccorso, 2017). El algoritmo posee una gran utilidad a la hora de descubrir estructuras ocultas en los datos, permitiendo agruparlos de una manera diferente a la convencional. En el mundo del marketing se utiliza para encontrar patrones de compra ocultos entre los clientes, con el objetivo de adaptar la oferta a sus preferencias.

Un ejemplo práctico de este sistema es la identificación de tipos de medios de transporte. Al sistema se le mostrarán diferentes imágenes de medios de transporte convencionales (motos, coches, camiones, aviones etc.) sin una solución correcta. El propio algoritmo asociará los grupos según sus características, como la forma, el número de ruedas, los colores, el tamaño etc.

### 1.3.3 Aprendizaje semi-supervisado

Como ya hemos visto anteriormente, el algoritmo puede ser alimentado con datos etiquetados (aprendizaje supervisado), o no etiquetados (aprendizaje no supervisado), existiendo un término medio entre ambos, el conocido como aprendizaje semi-supervisado. En este tipo de aprendizaje se combinan ambas técnicas para incrementar el rendimiento del algoritmo. Se aportan, en la fase de entrenamiento, tanto datos etiquetados como no etiquetados, con el fin de reducir el esfuerzo del proceso de etiquetado. Este es complicado, tedioso, caro, y conlleva un gran esfuerzo, tanto en tiempo, como en uso de personal experto (Bengio, et al., 2013).

Este método de aprendizaje es cada vez más utilizado en nuestros días, siendo especialmente útil en gestiones dentro de *Call Centers*. En estos centros se emplea para poder realizar clasificaciones sobre los tipos de interlocutores, los motivos de las

llamadas, el estado de ánimo, etc., en los que, de no ser así, resultaría muy costoso llevarlo a cabo mediante un algoritmo supervisado.

#### **1.3.4 Aprendizaje de refuerzo**

El aprendizaje de refuerzo funciona como un algoritmo de acción-recompensa. En este caso, el algoritmo aprende la solución mediante prueba y error, sin ser interferido por el supervisor durante el proceso. Para obtener la solución correcta, este algoritmo deberá explorar las diferentes opciones y elegir aquella en la que la recompensa sea mayor (Sutton & Barto, 2018). Este método de recompensa es especialmente útil cuando el entorno es dinámico y resulta difícil obtener una medida de error precisa (Bonaccorso, 2017).

Su uso está extendido por gran parte de las industrias, pero en especial, en el campo de la robótica. En este campo se busca que el robot sea capaz de experimentar y aprender a realizar una tarea por sí solo mediante un sistema de recompensas, en el que será premiado si lo realiza correctamente, o penalizado si lo ejecuta de forma incorrecta.

## 2. MACHINE LEARNING EN LA LOGÍSTICA

La creación de softwares y robots mediante IA y ML para el desarrollo de tareas o funciones determinadas está siendo especialmente útil en gran variedad de campos como la medicina, la ingeniería, la educación etc. En este caso analizaremos el campo de la logística, ya que se trata de uno de los sectores estratégicos a nivel mundial donde, ya solo en España, en el año 2018, aportó el 2.93% del PIB total, sin tener en cuenta las actividades logísticas internas de las empresas (Observatorio del Transporte y la Logística en España, 2020). A su vez, la revolución 4.0 está aportando a este sector soluciones innovadoras que están permitiendo gestionar grandes volúmenes de materiales y pedidos, así como transformando la gestión actual de la información, permitiendo perfeccionar la toma de decisiones por parte de las compañías.

### 2.1 APLICACIONES EN EL SECTOR LOGÍSTICO

En este apartado se analizarán y proporcionarán algunos de los ejemplos más relevantes, tanto de software como de todo tipo de robots impulsados por IA y ML, que están revolucionando el campo de la logística. Además, se mostrarán dos casos en desarrollo que en un futuro revolucionarán el transporte de mercancías a nivel mundial.

#### 2.1.1 Previsión de la demanda

El pronóstico de la demanda mediante el estudio y análisis del impacto de las variables que afectan a la misma, permiten mantener un stock adecuado en los almacenes para atender las demandas de los clientes y proveedores.

Para obtener ese stock equilibrado, las empresas logísticas han de realizar una previsión temporal de materias primas para la producción. También tienen que mantener un stock adecuado de producto terminado que permita abastecer a los diferentes clientes, además de monitorizar el espacio necesario para almacenar esos materiales y la cantidad de operarios y turnos necesarios para su gestión.

Para optimizar estos complejos procesos que necesitan controlar y analizar gran cantidad de datos en poco tiempo, se han diseñado softwares específicos de *demand planning* que, mediante el uso de la analítica predictiva y la IA, optimizan la planificación logística.

En el entorno industrial, en especial en su parte logística, encontramos ejemplos softwares de optimización como Easy WMS y Transmetrics. Estos dos modelos destacan por su capacidad de producir estimaciones con un alto grado de precisión.

Uno de los más utilizados en las empresas de Europa es Easy WMS de Mecalux (Mecalux, 2019). Se trata de un potente software de gestión (SGA) que controla y optimiza, mediante IA, todos los procesos y operaciones a realizar dentro de un almacén logístico.

Una de las funcionalidades que Easy WMS gestiona es la recepción de productos. Para ello, el software identifica el tipo de producto y crea una identificación mediante código de barras, permitiendo a los operarios saber el lugar de almacenaje óptimo, la cantidad de stock en tiempo real y su trazabilidad. Esta funcionalidad permite una mejora en la eficiencia en los tiempos de *picking* y en la capacidad de mantener un control de stock seguro para las futuras demandas de los clientes.

El software también se encarga de gestionar la optimización de rutas, tanto dentro como una vez fuera del almacén, por parte de los operarios u otros dispositivos auxiliares de transporte, reduciendo los tiempos de carga y de desplazamiento notablemente.

Este avance permite crecer y transformar a la empresa a un nivel competitivo acorde a los tiempos actuales donde los tiempos de envío son fundamentales para el devenir de la empresa. Una correcta previsión de la demanda y gestión del stock puede hacer que la empresa destaque frente a los competidores, pudiendo ser una ventaja competitiva fundamental.

Otro de las plataformas más utilizadas de previsión de la demanda es Transmetrics (Transmetrics, s.f.). Comparte numerosas similitudes con la herramienta anterior. La parte diferenciadora es que este software posee utilidades para la gestión de contenedores. La IA pronostica con una anterioridad de hasta 16 semanas la demanda por el tipo de contenedor, ya sean contenedores *Dry*, *Flat Rack*, *High Cube*, *Open Top* o frigoríficos, posicionándolos en las ubicaciones precisas de la zona de carga.

Además, mantiene un control y posicionamiento de los contenedores vacíos mediante datos históricos a distintos niveles geográficos. Esto permite a la compañía no mantener un número de contenedores propios o alquilados inactivos, reduciendo significativamente los costes.

Uno de sus ejemplos de éxito fue con la empresa naviera NileDutch, especializada en envíos de contenedores a nivel mundial. La crisis arancelaria entre China y EE. UU. produjo un retroceso en el comercio mundial, influyendo negativamente en el número de contenedores vacíos y en su coste de mantenimiento y almacenaje. Hasta esa fecha, el nivel de stock de contenedores de seguridad se guiaba por la intuición de los empleados y a través de herramientas de gestión poco eficientes a nivel de control de costes, como plantillas Excel. Debido a estos nuevos desafíos, NileDutch decidió sustituir su sistema manual por un sistema de planificación global con el objetivo de reducir los costes asociados a los contenedores y la reducción de la flota actual (Transmetrics, s.f.). El aprendizaje automático y los algoritmos inteligentes de Transmetrics permitieron agilizar el flujo de contenedores vacíos mediante pronósticos diarios continuos impulsados por IA y por los datos históricos y factores externos influyentes en la demanda. Con todo ello, se proporcionó un plan óptimo de mantenimiento y almacenaje de contenedores que fueron claves para mantener el proyecto y la infraestructura de la compañía. Esto les permite tomar decisiones, ya sea a nivel mundial o regional, de manera precisa y exhaustiva con una antelación nunca vista.

Todo ello posiciona a Transmetrics como una de las herramientas referentes impulsadas por IA dentro de la logística de grandes servicios. Permite utilizar de manera efectiva el espacio limitado de las terminales con una mejora respecto al posicionamiento manual de carga, proporcionando a su vez una anticipación temporal récord a la demanda, y un ahorro de costes.

### **2.1.2 Robots en la logística**

El sector de la logística tiene que tratar con un alto grado de competitividad obligado por el gran desafío de demanda global que está generando el *e-commerce* y las demandas cada vez más complejas solicitadas por los consumidores. A medida que aumenta la dimensión y la complejidad de las operaciones, gran parte de los procesos logísticos tradicionales como son el *packaging* o transporte interno de mercancía tienden a responder en forma de automatización. Mediante este uso de tecnologías de IA y ML las empresas pueden gestionar esa gran cantidad de datos y mercancía aumentando el retorno obtenido, así como diferenciándose de las empresas competidoras.

A continuación, analizaremos el potencial de distintos ejemplos en los que la IA actualmente está transformando el sector logístico.

### *Robots AGV*

Una de las aplicaciones de la IA dentro de los almacenes son los vehículos de guiado automático o AGV. Se trata de un robot con diferentes diseños guiados mediante IA, el cual se destina para el transporte horizontal de materiales y cargas sin conductor (Vis, 2006).

La integración de robots AGVs en las empresas consigue reducir en gran parte el miedo y las barreras al cambio que se encuentran en el camino a la automatización debido a su relativa sencillez de implementación. Esta maquinaria, dotada de sistemas de IA, permite automatizar tareas propias de almacenes como distribución, apilado o recogida de productos, o materias primas con una mayor precisión y complejidad.

Un ejemplo de ello es el caso de *Bimbo*, la compañía mexicana dedicada a la alimentación, en sus centros logísticos de España. En ellos se han incorporado robots AGVs que permiten gestionar productos terminados y otras mercancías dentro de sus almacenes.

***Imagen 1: 2.1 Robot AGV transportando pallets***



*Fuente (Astimovilerobotics, s.f.)*

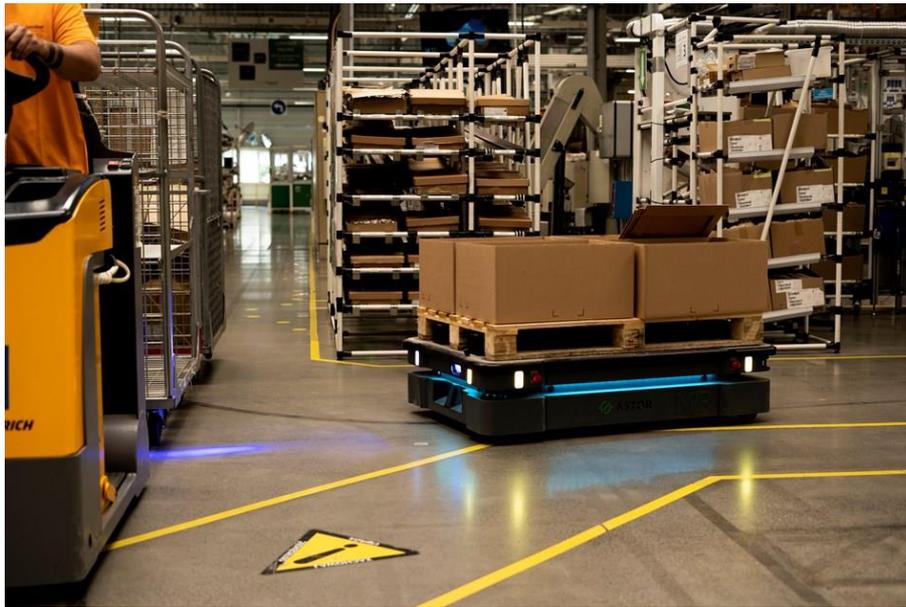
Esta tecnología, diseñada por la empresa Burgalesa ASTI, ha creado un AGV apilador, con guiado láser, equipado con dos largas horquillas que permiten desplazar hasta cuatro pallets en un solo desplazamiento. Sus tareas están divididas en dos labores. Una de ellas es recoger de la enfardadora el producto terminado y depositarlo de manera autónoma en una sección del almacén, todo ello con una gran precisión y optimización del espacio disponible. La otra labor es servir como vehículo de alimentación de la línea de paletizado con pallets vacíos para su posterior embalaje.

El objetivo de estos robots AGV es aumentar la eficiencia en las diferentes tareas propias de la red logística, permitiendo reducir los tiempos de respuesta en el transporte interno de productos terminados y flujo de palés respecto a la forma tradicional con mano de obra. Además, todo ello unido al Sistema de Gestión de Almacén (SGA), también diseñado por ASTI, permite una mejora significativa en la trazabilidad de los

productos terminados. Esta optimización del tiempo está incidiendo significativamente en la productividad del almacén, permitiendo reducir los costes operativos previos (Astimovilerobotics, s.f.).

Otro ejemplo es el robot MiR500, introducido por Ikea en sus almacenes logísticos. Se fabricó con el fin de automatizar el transporte de palés y otras cargas pesadas de hasta 500 Kg de peso. Su diseño, diferente al explicado en el ejemplo anterior, se basa en una plataforma móvil que puede ser complementada con diferentes módulos para la carga según el tipo de palé a transportar, u otros accesorios si se necesitase elevar la carga a diferente altura para su acomodamiento en estanterías.

*Imagen 2: 2.2 Robot MiR500*



*Fuente (MiR Industries, s.f.)*

Gracias a su sistema de guiado inteligente mediante IA, provisto de 8 sensores de proximidad y visión de 360 grados, navega de manera autónoma dentro del almacén respondiendo a todo tipo de obstáculos. Es capaz de cargar y descargar los pallets en estanterías de forma autónoma sin intervención de un operario (MiR Industries, s.f.).

La introducción del MiR500 en un centro de distribución aporta un salto cuantitativo en la optimización de procesos, permitiendo trabajar sin necesidad de intervención humana durante las 24 horas del día. A su vez, este AGV es una de las soluciones más económicas, sencillas y flexibles en el mercado, pudiendo ser integrado con los sistemas ERP del cliente u otros sistemas mecánicos como cintas transportadoras y brazos robot.

### *Robots colaborativos o cobots*

Una de las aplicaciones donde el ML ha modificado la manera de trabajar en la logística es mediante el uso de Robots colaborativos o “cobots”. Estos dispositivos están programados para interactuar y compartir el mismo espacio de trabajo con los humanos. Una gran parte de las industrias, en especial la industria pesada y automoción, optan por incluir estos dispositivos para automatizar procesos repetitivos, procesos manuales, u otros donde se ponga en riesgo la integridad de los

trabajadores. Esta nueva generación de robots aporta una mejora significativa en los procesos, y en la precisión y adaptabilidad de las acciones dentro de las cadenas de producción (Colgate, et al., 1999).

Dentro del segmento encontramos el ejemplo del asistente logístico EffiBOT. Se trata de un robot colaborativo logístico autónomo que permite el transporte de carga hasta 300Kg o una capacidad de remolque de 500 kg. Este dispositivo cuenta con el modo *Follow-me*, que, con un sofisticado sistema de navegación mediante sensores, permite el seguimiento del operario, quien previamente ha pulsado su pantalla sin necesidad de intervención. Al contrario que los AGV convencionales, que necesitan tener delimitada su ruta, EffiBOT posee la capacidad de reconocer los alrededores y esquivar los obstáculos en su recorrido hasta llegar a su destino (Effidence, s.f.).

*Imagen 3: 2.3 EffiBOT Seat*



*Fuente (Effidence, 2021)*

El primer centro en España que cuenta y ayuda en el desarrollo de esta nueva herramienta es SEAT, en su planta de Martorell. Sus almacenes poseen dos de estos robots autónomos, permitiendo eliminar las necesidades de cargas pesadas por parte los operarios de línea, reduciendo el número de accidentes significativamente.

DHL también ha optado por implementar esta tecnología en sus almacenes con LocusBot, de Locus Robotics. Se trata de un cobot fabricado para trabajar junto a los operarios de almacén en la gestión de pedidos en entornos complejos. Estos dispositivos cuentan con una IA que permite tener la capacidad de aprender y memorizar las rutas más eficientes de desplazamiento dentro del almacén, siendo un gran avance respecto al *picking* de productos tradicional mediante carros.

*Imagen 4: 2.4 LocusBOT DHL*



*Fuente (DHL, 2021)*

Cuenta con un diseño flexible que permite al operario adaptar el tipo de caja o recipiente a la estructura. Es decir, el robot es capaz de adaptarse a cualquier tipo de pedido. Una vez seleccionado el producto por parte del operario en la pantalla táctil, será el propio robot quien localice en el almacén el producto, y desarrolle una ruta lo más eficiente posible. Esto permite reducir significativamente el tiempo ineficiente dedicado al transporte de los artículos, y así minimizar el riesgo de error manual en los pedidos.

Además, gracias a su facilidad de integración a los distintos *Warehouse Management Systems*, la compañía es capaz de adquirir datos e informes del rendimiento interno del almacén en tiempo real. Esto permite un mayor control en el flujo de trabajo, ayudando a mantener y corregir las planificaciones ineficientes para la mejora de la productividad y eficiencia del almacén (LocusRobotics, s.f.).

### *Robots Picking*

La fuerte expansión a nivel mundial del fenómeno del “*e-commerce*” ha hecho necesaria una transformación en el flujo de materiales de las empresas. La preparación y el embalaje de pedidos representa uno de los costes operativos más altos dentro de un almacén, siendo de alrededor del 55% del total (Anđelković & Radosavljević, 2018). Por ello, son muchas las empresas que han optado por automatizar este paso en sus almacenes para conseguir mejoras en tiempos y productividad mediante el uso de brazos robóticos inteligentes o robots *Picking*. Estos versátiles robots son capaces de recoger todo tipo de objetos con gran precisión, permitiendo cumplir con las demandas en tiempo récord.

Es el caso de Pick-It-Easy Robot, desarrollado por la gigante dedicada a la robótica KNAPP. Se trata de un robot dotado de un brazo articulado, equipado con sistema de control, diseñado por la empresa Covariant. Este sistema de control permite al robot aprender continuamente de manera autónoma mediante un sistema de recompensa,

permitiendo no solo mejorar a ese único brazo, sino también enviar el conocimiento adquirido al resto de brazos de las demás estaciones (KNAPP, 2020).

*Imagen 5: 2.5 Pick-it-Easy Robot*



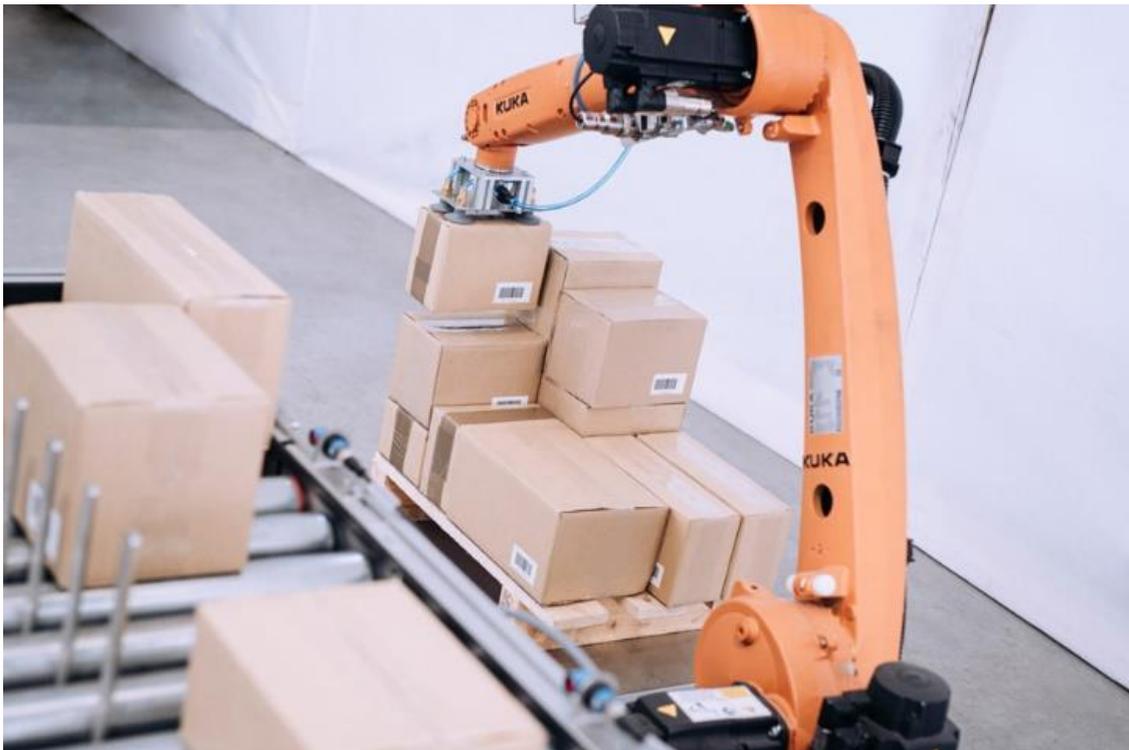
*Fuente (KNAPP, s.f.)*

El robot cuenta con un sistema de visión mediante sensores, que permite al sistema de control identificar el objeto, e identificar los mejores puntos de agarre de este. Una vez identificado, el sistema de agarre recoge el producto y lo sitúa en su correspondiente lugar a través del uso de sistemas de vacío mediante aspiración, o mediante pinzas mecánicas.

Otro ejemplo de esta tecnología, donde se une la robótica y la IA, es el robot de paletizado de Mosaik Dynamic para el paletizado mixto de productos. Se trata de un brazo robótico que, junto a una cadena suministradora de productos, paletiza un flujo aleatorio de cajas de diversos tamaños mediante IA. La cadena de suministro de paquetes se encarga de proporcionar un flujo de bultos, y también de medir los paquetes mediante sensores o barreras de medición de volumen según el tipo de línea de suministro de paquetes.

Una vez medidos los paquetes, la información obtenida es transferida al controlador del brazo robótico, donde se realizan cálculos mediante algoritmos, con los millones de combinaciones posibles en tiempo real mediante IA, hasta llegar al mosaico de paletizado óptimo. Con todo ello, el brazo se encarga de seleccionar los paquetes y posicionarlos con precisión en el pallet de forma óptima.

**Imagen 6: 2.6 Robot Paletizador Mosaik Dynamic**



*Fuente (Mosaik Dynamic, s.f.)*

Se trata de una solución para el paletizado de fácil integración con los sistemas que posea la empresa, siendo capaz de convertir la parte final del proceso de paletizado en un proceso totalmente automatizado. Además, es un recurso interesante en términos de rentabilidad debido al ahorro en mano de obra y de espacio útil. Es capaz de colocar 600 cajas por hora, pudiendo hacerlo de manera simultánea en dos palés a la vez. Además, su aplicación permite trabajar de manera ininterrumpida durante 24 horas del día, permitiendo un flujo constante que refresque la cadena de suministro del almacén (Mosaik Dynamic, s.f.).

### **2.1.3 Optimización en las rutas de transporte**

Dentro de la IA, una de las herramientas con mayor potencial y proyección enfocada al transporte, es la optimización de las rutas de transporte. Esta tecnología posee la capacidad de configurar y diseñar, mediante el análisis de datos, las rutas más eficientes analizando tiempos, desplazamientos necesarios y consumos.

Estos algoritmos, potenciados por la IA, buscan solucionar el conocido como *Traveling Salesman Problem (TSP)*. Fue formulado en 1930, trata de uno de los problemas más populares, más estudiados y complicados de resolver a nivel computacional, buscando encontrar la ruta óptima entre una lista de ciudades y sus distancias entre ellas visitando una vez cada ciudad y regresando a la ciudad de partida. (Applegate, et al., 2006). Los algoritmos eliminan la ineficiencia en tiempo y esfuerzo de la búsqueda manual de las diferentes permutaciones posibles, siendo operativamente imposible si el número de destinos es alto o si se incluyen nuevos destinos al proceso. Es por ello por lo que los algoritmos inteligentes, mediante métodos como *Simulated Annealing*, Heurística del

vecino más próximo o el K-OPT (Reinelt, 1994), son capaces de estimar de manera lo más precisa posible una solución óptima en un tiempo reducido.

Esta herramienta ha permitido a grandes multinacionales optimizar los periodos de entrega reduciéndolos a mínimos, aprovechando al máximo el potencial de sus trabajadores y vehículos. Con ello, la experiencia que recibe el consumidor, gracias a esta tecnología, le aporta seguridad y confianza en las entregas.

Además, ese ahorro de kilómetros contribuye a un menor gasto de combustibles fósiles, y, por ende, a una reducción drástica de los niveles de emisión de carbono aportados a la atmosfera.

Un ejemplo de éxito en la optimización de transporte por carretera es ORION. Se trata de un software patentado por la compañía UPS que utiliza algoritmos avanzados, IA y aprendizaje automático para tratar de dar solución a dos de los principales problemas a la hora de transportar paquetería en carretera. El primero de ellos es asignar los distintos paquetes a las camionetas de repartos en función de la localización, tamaño y peso. El segundo, es optimizar la red de reparto de cada conductor para no alcanzar el límite de repartos por conductor permitidos. Una vez seleccionada y cargada cada furgoneta, el software analiza la carga mediante lectura de códigos de barras, y son los algoritmos los que generan una ruta óptima de reparto y una hora de reparto preestablecida para cada cliente. Las horas de reparto pueden variar dependiendo del tiempo de entrega de cada paquete en cada destino o tráfico, generándose así una nueva ruta óptima y un reajuste de las horas de entrega (Holland, et al., 2017).

Según la compañía, la implementación de esta tecnología ha supuesto un salto desde la paquetería convencional hasta la paquetería "inteligente"; permite ser más eficaz, tener una mayor precisión y obtener una imagen corporativa de fiabilidad y seguridad. Todo ello, está permitiendo ahorrar a UPS alrededor de 160 millones de kilómetros y 45 millones de litros de combustible al año (UPS, 2020).

Otro de los casos en los que la IA y el ML ha modernizado la forma de trabajo es en el transporte marítimo de mercancías, sin tener en cuenta el tipo de buque de transporte. Durante décadas, la logística marítima se ha guiado por la intuición de la tripulación. Esta le daba un mayor peso a la velocidad de llegada a puerto, sin dar la importancia suficiente a factores como el consumo de carburantes, o el gasto innecesario de tiempo y combustible mientras se espera la orden de entrada y descarga en puerto.

Una herramienta para reducir este problema lo encontramos en la *Startup* Nautilus Labs. Se trata de un software de optimización de rutas apoyado mediante ML, que gestiona y optimiza los trayectos en el comercio marítimo de mercancías. Esta solución planifica y ejecuta la ruta mediante el análisis de datos de la propia empresa naviera, pero también tiene en cuenta factores externos como el clima, precios del carburante, condiciones marítimas de cada zona, tasas de los países atravesados y cartas de navegación. (Nautilus Labs, s.f.). El sistema genera una serie de recomendaciones tanto a la tripulación de tierra como a la del propio buque, gracias a los sofisticados algoritmos de análisis. Con este sistema se consigue calcular una ruta óptima para cada viaje, además de una velocidad adecuada para la llegada a puerto en el momento preciso de descarga. Con ello se maximiza el rendimiento y eficiencia operativa de cada buque, mientras se reduce de manera indirecta la huella de carbono generada.

### 2.1.4 Mantenimiento predictivo de la maquinaria

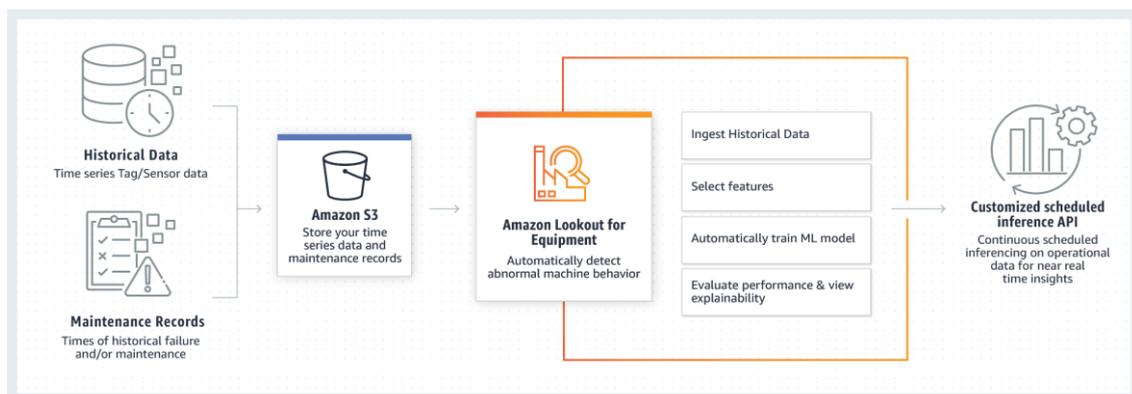
La utilización de maquinaria compleja, el uso de diferentes robots y las dimensiones de las fábricas actuales, hacen necesario un mantenimiento continuo. Dependiendo del tipo de industria, los costes operativos trasladados al producto final pueden estar entre alrededor del 15% hasta el 60%. (Mobley, 2013). Para incrementar la eficiencia de la maquinaria, reducir el impacto de su mantenimiento y eliminar los tiempos ineficientes de parada para su reparación, es necesario implementar procesos en los cuales, apoyándose en la estadística y el ML, se pueda monitorizar y predecir el estado de la maquinaria.

El mantenimiento predictivo de la maquinaria consiste en una monitorización regular de la condición mecánica actual, eficiencia operativa y otros tipos de indicadores representativos de la condición operativa de la maquinaria, que proporcionan datos necesarios para maximizar los intervalos entre reparaciones y minimizar el número y los costes asociados a parones imprevistos producidos por errores en la maquinaria (Mobley, 2013).

Esta nueva solución para la transformación digital se obtiene gracias a la implementación de algoritmos predictivos de IA y el uso de Big Data. Gracias a ello se pueden detectar cuales son las pautas de fallo con el objetivo de aprender de ellas y anticiparse a futuros errores mediante la reparación o sustitución de piezas defectuosas. Además, el mantenimiento predictivo permite que un gran número del personal responsable del mantenimiento se dedique a otras actividades que generan un valor superior a la empresa, como puede ser la investigación y desarrollo de nueva maquinaria.

Uno de los casos recientes en los que se ha implementado esta tecnología es en Cepsa, siendo pionera en España en implementar *Amazon Lookout for equipment*, el novedoso servicio de monitorización industrial del gigante Amazon. Esta tecnología, apoyada en un complejo sistema de ML, trata de detectar comportamientos anormales en la maquinaria e identificar las posibles averías (Cepsa, 2021).

**Imagen 7: 2.7 Funcionamiento Amazon Lookout for Equipment**



Fuente (Amazon, s.f.)

Para su puesta en marcha es necesario generar una base de datos obtenida mediante los sensores de temperatura, vibración, presión, caudal, RPM, potencia y fallos obtenidos durante la vida de la máquina. Estas precisas mediciones se implementan a un modelo de aprendizaje automático donde es entrenado hasta alcanzar unos patrones de comportamiento óptimo donde la maquinaria no genera fallos (Amazon, 2021).

Gracias a este sistema de datos se obtienen unas señales de advertencia temprana sobre los fallos de la maquinaria y sus posibles correcciones, siendo especialmente útil para no producir parones innecesarios o falsas alertas.

Otro de los ejemplos es *TripVision Uptime*, de la empresa Noregon. Se basa en un sistema remoto de diagnóstico de camiones que, mediante el uso de datos obtenidos a través de sensores en cada camión y algoritmos de predicción, es capaz de pronosticar con tiempo y kilómetros de antelación una avería, así como la probabilidad de que ocurran contratiempos de mayor gravedad producidos por esta avería inicial.

Es necesario obtener el flujo continuo de datos de cada camión con el fin de conocer la salud en tiempo real. Los camiones, aun siguiendo los mantenimientos periódicos, son susceptibles de tener un fallo inesperado durante un viaje, impactando ese parón de reparación en los tiempos de entrega y en la obtención de beneficios (Noregon, 2021).

Este mantenimiento predictivo otorga a las empresas logísticas la capacidad de eliminar los parones que provocan las reparaciones de los vehículos, que pueden durar desde algunos días, hasta pocas horas, conociendo con exactitud el problema. Además, esta herramienta les permite llevar a cabo acciones futuras en piezas defectuosas, con el fin de reducir averías inesperadas que puedan interrumpir los flujos normales de trabajo.

### 2.1.5 Gafas inteligentes

El proceso de mejora de *order picking* en los almacenes se está convirtiendo en el núcleo de los avances ya que se trata de uno de los últimos pasos hasta que los pedidos llegan al cliente. Los errores en este proceso poseen una gran importancia a la hora de establecer relaciones futuras con estos clientes, siendo vital su disminución para un óptimo funcionamiento.

Para reducir este efecto se está optando por la automatización de parte del proceso, siendo necesaria mantener cierta intervención humana debido a la alta flexibilidad que aporta dentro de los almacenes, convirtiendo a las personas en una herramienta esencial para lograr el objetivo. (Reif & Günthner, 2009). Para ello, se está equipando a los trabajadores con dispositivos como las gafas inteligentes de *Pick by Vision* las cuales permiten proyectar en el campo de visión información fundamental para el trabajador con el fin de reducir errores humanos y de evitar tener las manos ocupadas.

Uno de los ejemplos son las gafas M300XL de Vuzix. Se trata de unas gafas de realidad aumentada que permiten a los trabajadores escanear el código de barras de los pedidos, mostrando la información sobre la localización, las cantidades y el stock real de los productos, así como su posición exacta en el estante. (Aretoulaki, et al., 2020). Gracias a estas gafas inteligentes se reduce en gran medida el porcentaje de errores, además de permitir a los trabajadores realizar las tareas de una forma mucho más rápida, no siendo necesario apartar la vista a *tablets* o papeles con información.

### 2.1.6 Asistentes o Chatbots

Otra aplicación con fuerte repercusión, pero con una mayor orientación al cliente, son los asistentes virtuales o *chatbots*. Esta herramienta es utilizada por las empresas del sector logístico para incrementar su eficiencia en procesos logísticos y el rastreo de envíos. Se trata de un software que utiliza IA para conversar con un usuario en un lenguaje natural mediante los diferentes canales de comunicación de la empresa, tanto orales como escritos. (Shaikh, et al., 2019). Estas soluciones utilizan avanzados algoritmos que mediante IA y ML posibilitan una interacción real y compleja entre

máquina y lenguaje humano, lo que comúnmente se le denomina *Natural Language Processing* (NLP) (Gudivada & Arbabifard, 2018).

En la actualidad encontramos multitud de *chatbots* en el mercado que pueden ser diferenciados según su nivel de habilidad a la hora de mantener una conversación compleja y fluida con el interlocutor, siendo Amazon Lex una de las opciones más completas y flexibles actualmente.

Amazon Lex es un servicio que permite obtener un *chatbot* que utilice reconocimiento tanto en texto como en voz, utilizando un potente algoritmo que es desarrollado mediante *DL*, NLP y reconocimiento de voz. Si bien Amazon Lex es más utilizado en chats de texto, está siendo también puesto en marcha con una alta efectividad en centros de atención al cliente permitiendo a estos interactuar de manera oral con un asistente virtual en vez de esperar hasta que un trabajador esté disponible (Williams, 2018).

Existen otros ejemplos como es AliMe, servicio puesto en marcha por el gigante Alibaba en su sección logística de Cainiao que se encarga de resolver dudas tanto orales como escritas sobre los pedidos de los clientes. Alime utiliza un sistema híbrido entre *Information retrieval* (IR) y modelos *Sequence-to-Sequence* (seq2seq), permitiendo resolver dudas sencillas desde una base de datos preestablecida, como de resolver otras de mayor complejidad mediante modelos generados mediante logaritmos. (Qiu, et al., 2017).

## 2.2 DESARROLLO DE NUEVAS APLICACIONES

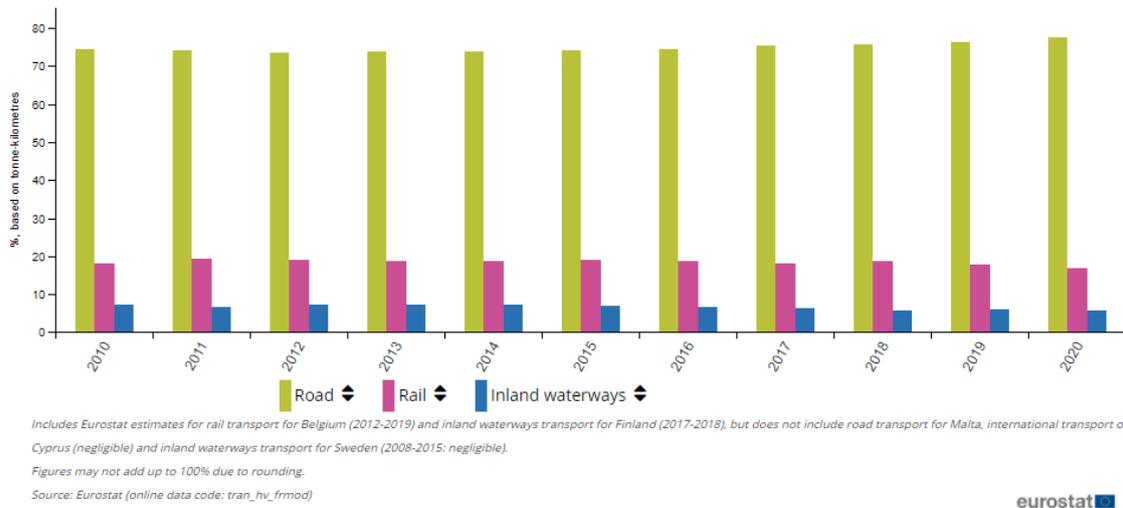
Algunas de las aplicaciones en el sector, ya sea por la complejidad o coste de su puesta en marcha, se encuentran en una etapa más temprana. Su aplicación real en la industria aún necesita de tiempo y adaptación a la legislación vigente en cada territorio para que sean relevantes.

En el siguiente párrafo se analiza dos de los casos más relevantes que se encuentran en la actualidad en etapa experimental, teniendo ambos resultados satisfactorios y un prometedor futuro.

### 2.2.1 Automatización del transporte de mercancía

El transporte por carretera de mercancía dentro de la Unión Europea representa el 77,4% del transporte total (Eurostat, 2022). Este medio de transporte además de ser el más barato de los medios de transporte convencionales, cuenta con la ventaja de ser el más flexible ya que permite llegar a casi cualquier destino con rapidez y agilidad. A su vez cuenta con la facilidad a la hora de combinarse con los distintos medios de transporte por lo que se puede posicionar como fundamental dentro del transporte de mercancías global.

**Gráfico 8: 2.8 Freight Transport Statistics in EU (2010-2020)**



Fuente (Eurostat, 2022)

Con el fin de mantener al sector al nivel de exigencia del mercado actual la automatización busca incrementar el rendimiento reduciendo las variables controladas por el factor humano, las cuales son propensas a distracciones que puedan causar accidentes, así como regulaciones legales que limiten el tiempo transporte.

Durante los últimos años han surgido diferentes proyectos y prototipos de camiones como Vera, un camión eléctrico y autónomo diseñado por Volvo y la compañía logística DFDS para el transporte de contenedores mediante un flujo continuo en su terminal portuaria. A pesar de ello, su ámbito de utilización es limitado ya que únicamente recorre unos pocos kilómetros en carretera abierta, siendo su velocidad máxima de 40 kilómetros por hora (Tejedor, 2019).

Existen proyectos más ambiciosos que sin duda inician una nueva época dentro de la logística por carretera como es la compañía TuSimple. Se trata de una empresa dedicada a la transformación de camiones convencionales en vehículos de carga autónomos. En mayo de 2021 uno de sus camiones completó con carga un trayecto de 1.500 kilómetros entre las ciudades de Nogales (Arizona) hasta Oklahoma City (Oklahoma) sin intervención humana. Este recorrido fue realizado en únicamente 14 horas y seis minutos, siendo el tiempo estándar de un conductor convencional, incluyendo descansos, de 24 horas y seis minutos (TuSimple, 2021).

*Imagen 9: 2.9 Camión autónomo TuSimple*



Fuente (TuSimple, s.f.)

Durante el trayecto entre las ciudades, el vehículo se encontró con obstáculos en la vía como tráfico, cambios de carril, señales de tráfico, semáforos y atascos. Gracias a su sistema apoyado en IA fue capaz de analizar las condiciones reales de la vía, tomando las decisiones oportunas según un modelo de aprendizaje automático que incorpora el sistema. Además, el sistema utiliza una serie de cámaras de alta definición y sensores como el sistema LiDAR que le aporta un mapa tridimensional en un radio de 200 metros, le aporta una visión periférica de 360 grados (TuSimple, s.f.).

Otro de los medios de transporte donde la automatización está comenzando a producir un cambio de modelo es en el transporte marítimo de mercancías. La compañía noruega dedicada a la producción de fertilizantes Yara y la tecnológica del sector marítimo Kongsberg Maritime poseen uno de los buques más tecnológicos dentro del sector con su buque *Yara Birkeland*. Se trata de un buque portacontenedores, capaz de transportar hasta 120 TEU, totalmente eléctrico y autónomo (Yara, s.f.). El 18 de noviembre de 2021 realizó su primer viaje no tripulado desde el puerto noruego de Horten a Oslo, alcanzando una velocidad máxima de 13 nudos (24 kilómetros por hora) donde se pudo poner a prueba su sistema de navegación autónoma.

*Imagen 10: 2.10 Barco YARA Birkeland*



*Fuente (Yara, 2020)*

El barco está integrado por multitud de avanzados sensores que proporcionan información al sistema de control del barco, pudiendo tomar acciones de manera autónoma mediante IA a la hora de entrar o salir de puerto, así como salvar obstáculos o comunicarse con otros barcos durante el trayecto. Las tareas de carga y descarga de contenedores, así como el sistema de atraque son por ahora manuales, pero la compañía *Kongsberg* afirma que en un futuro se realizaran de manera autónoma mediante grúas eléctricas y sistemas de atraque autónomos (Kongsberg, s.f.).

### **2.2.2 Drones**

Hace ya décadas aparecieron los conocidos drones o *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Se trata de un vehículo no tripulado que vuela de manera autónoma o mediante control remoto. Este término siempre estuvo ligado a la industria armamentista, se fabricaron como alternativa aérea a los aviones para reducir las bajas de pilotos en operaciones en escenarios hostiles. En las décadas siguientes, gracias a los avances en áreas como fabricación, navegación remota y mejoras en la capacidad de almacenamiento de baterías se produjeron infinidad de prototipos que mejoraron las capacidades de vuelo y carga, reduciendo a su vez los tamaños y pesos de las aeronaves (Hassanalian & Abdelkefi, 2017).

En la actualidad, gracias a la reducción de su coste en el mercado, se está convirtiendo en una herramienta que trae grandes cambios y oportunidades tanto para uso civil como para la industria 4.0.

La incorporación de esta nueva tecnología al entorno industrial está modificando los modelos de negocios tradicionales, ya sea en la supervisión y monitorización de grandes estructuras o superficies, utilización en espacios confinados, como apoyo en industrias diversas o en el sector de logística.

Para entender su funcionamiento hay que clasificar las formas en la que la aeronave se sustenta en el aire, existiendo dos configuraciones: la versión de ala fija y rotatoria.

Los drones de ala fija poseen una estructura rígida que genera elevación de la misma manera que un avión convencional, existiendo diseños de ala recta, ala flecha y ala

delta. El impulso que genera el movimiento hacia adelante puede ser mediante diferentes configuraciones de motor o mediante impulso. Su principal ventaja es su coste, la sencillez de construcción y su reducido mantenimiento y coste de reparación los hacen ser la opción más utilizada por las industrias. Además, su diseño les permite transportar mayores cargas a largas distancias con mayor estabilidad y velocidad.

Los drones de ala rotatoria o multirrotores son la configuración más conocida. Su clasificación puede ser organizada según el número de brazos o motores, accionando cada uno de ellos una hélice de pala fija. A diferencia de un dron de ala fija, los multirrotores permiten un despegue vertical en un espacio reducido, pudiendo permanecer estable en un punto fijo.

En el sector logístico se están aportando nuevas aplicaciones y funcionalidades tanto dentro como fuera de los almacenes. Dentro de un almacén puede efectuar tareas de inventario, como identificación de mercancía y lectura de códigos de barras en espacios complicados para un operario, así como tareas relacionadas con la vigilancia de los almacenes.

En el uso exterior, donde mayor es su potencial futuro, su principal labor sería la entrega de pedidos por vía aérea. El gigante norteamericano Amazon lanzó en el año 2013 el proyecto de servicio *Prime Air*, un sistema de entrega de paquetes mediante drones autónomos en 30 minutos. Amazon presentó en junio de 2019 su nuevo prototipo de done en el *MARS Conference*. Un drone eléctrico capaz de transportar carga de hasta 2,3 kilogramos a cerca de 24 kilómetros de distancia en menos de 30 minutos.

*Imagen 11: 2.11 Drone Amazon Prime Air*



*Fuente (Wilke, 2019)*

Como se observa en la imagen anterior, se trata de un drone equipado con 6 hélices y un espacio central para el almacenamiento de la mercancía. Esta disposición le permite mejorar en términos de estabilidad y capacidad de carga total, además de contar con un marco que cumple las funciones de protección y de mejora aerodinámica.

El drone posee numerosos progresos en términos de navegación y seguridad respecto a la versión anterior. Durante el tránsito a destino es capaz de navegar de manera autónoma identificando objetos estáticos y en movimiento por cualquier dirección. Esto es conseguido gracias al uso de sofisticados sensores y de avanzados algoritmos apoyados en ML y DL. Una vez llegado a destino, el drone busca mediante IA y avanzados sensores de visión un lugar cercano al lugar de reparto libre de personas, animales u obstáculos (Wilke, 2019).

Si bien es una idea prometedora y a pesar de todas las mejoras y avances, el proyecto se encuentra estancado debido a numerosas dificultades como son la incapacidad de entrega en ciudades (no es posible hacer una entrega en un piso), la necesidad de abrir centros de despegue de mercancía por parte de Amazon para alcanzar zonas remotas, a parte de la restrictiva normativa de vuelo y privacidad de cada país, que impiden volar con libertad por ciudades o núcleos urbanos.

Existen algunos casos donde los drones están siendo de vital utilidad en la logística de envío urgente de medicamentos a lugares remotos donde el acceso a medicamentos o pruebas médicas avanzadas es limitado. Es el caso de la multinacional Johnson & Johnson, donde se puso en marcha un proyecto para la entrega de medicamentos para enfermos de VIH en la red de islas situadas en el Lago Victoria, en Uganda (Goad, 2021).

*Imagen 12: 2.12 Drone Jhonson & Jhonson*



*Fuente (Goad, 2021)*

Este drone es capaz de transportar varias veces al día cerca de 4,5 kilos de medicación o muestras de sangre desde destino a las diferentes islas del lago sin necesidad de intervención humana.

### 3. CONCLUSIÓN

Como conclusiones generales obtenidas a lo largo de la realización de este estudio, se considera necesario destacar los siguientes aspectos:

- Como se observó en el primer bloque, la logística se está convirtiendo en un sector estratégico para empresas y países. La globalización y los nuevos hábitos de compra de los clientes están fomentando su crecimiento año tras año. Por esta razón, una correcta planificación e inversión es fundamental para continuar siendo competitivo en el mercado.
- Paralelamente, la actual crisis logística producida por la pandemia del COVID-19, está descubriendo la complejidad y fragilidad de las cadenas de suministro existentes hasta ahora. Estos cuellos de botella amenazan no solo con ralentizar la recuperación global, sino que supone un aumento en los precios del transporte, repercutiendo directamente en el consumidor. Esta nueva problemática está provocando una nueva reestructuración y diversificación en el negocio mundial de la logística.
- Es importante recalcar que la transformación logística y las nuevas tecnologías deben ir de la mano. Poder planificar, controlar y desarrollar un flujo efectivo en los grandes centros logísticos, es actualmente impensable mediante la exclusiva intervención humana. Las nuevas tecnologías como la IA y el ML son herramientas que tienen la capacidad de transformar el sector a unos niveles de automatización sin precedentes.
- Debido a que la demanda exige cada vez más flexibilidad, algunos medios de transporte como los camiones autónomos y los drones, van a permitir, en un futuro próximo, poder llegar las 24 horas del día durante los 365 días del año al consumidor, desbloqueando las saturadas líneas de suministro.
- En el estudio realizado se ha observado que dentro de los almacenes ya existe cierta madurez en la aplicación de dispositivos inteligentes. Por ello se deduce que la falta de desarrollo de estos dispositivos fuera de los almacenes es debido, en gran parte, a la complejidad legislativa.
- Para un desarrollo rápido y una puesta en marcha de estas nuevas tecnologías fuera del almacén, resultaría interesante contar con un mayor compromiso por parte de los estados en cuanto al apoyo de iniciativas y la adaptación de las leyes a la nueva coyuntura global. Los dispositivos autónomos externos a los almacenes deberían estar ya disponibles para su uso en las cadenas de suministro.
- Como última apreciación, la tecnología, y en especial, la IA con sus respectivos subcampos, van a seguir avanzando y produciendo cambios profundos que van a mejorar los procesos actuales.

### **3.1 LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS**

Durante el análisis se han encontrado limitaciones como:

- Es difícil obtener información técnica sobre el funcionamiento de los dispositivos inteligentes. Esta limitación es comprensible, en cierta manera, ya que su objetivo es ocultar los avances tecnológicos a la competencia.
- La información publicada en forma de literatura científica sobre los resultados obtenidos, una vez puestas en marcha estas nuevas tecnologías por parte de las empresas, es limitada. Esto dificulta la posibilidad de realizar un análisis más profundo sobre los casos prácticos expuestos.

Como propuesta futura para la mejora de esta línea, sería interesante llevar a cabo una investigación sobre el estado de la implantación de la IA en la logística en la industria de Cantabria. Para ello, mediante la realización de entrevistas a diferentes empresas especializadas en el sector, se podría efectuar un análisis sobre los dispositivos más utilizados en la actualidad, así como un estudio económico sobre el impacto de su implementación, con el fin de obtener un listado de las opciones más interesantes para las empresas.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

Amazon, 2021. *Amazon Lookout for Equipment User Guide*. [En línea] Available at: <https://docs.aws.amazon.com/lookout-for-equipment/latest/ug/amazon-lookout-for-equipment-ug.pdf#what-is> [Último acceso: 17 04 2022].

Amazon, s.f. *Amazon Lookout for Equipment features*. [En línea] Available at: <https://aws.amazon.com/es/lookout-for-equipment/features/> [Último acceso: 17 04 2022].

Anđelković, A. & Radosavljević, M., 2018. Improving Order-picking Process Through Implementation of Warehouse Management System. *Conference: 22th International Scientific Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, XXIII(1).

Applegate, D. L., Bixby, R. E., Chvátal, V. & Cook, W. J., 2006. *The Traveling Salesman Problem*. s.l.:Princeton University Press.

Aretoulaki, E. y otros, 2020. Augmented Reality in Manufacturing and Logistics: Lessons Learnt from a Real-Life Industrial Application. *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, Volumen LI, pp. 1629-1635.

Astimobilerobotics, s.f. *Caso de Éxito: Pimad- Grupo Bimbo*. [En línea] Available at: [https://www.astimobilerobotics.com/hubfs/Web/New%20Design/PDF/ES/ASTI\\_Caso\\_de\\_exito\\_Bimbo.pdf](https://www.astimobilerobotics.com/hubfs/Web/New%20Design/PDF/ES/ASTI_Caso_de_exito_Bimbo.pdf) [Último acceso: 2 Enero 2022].

Bengio, Y. y otros, 2013. Chapter 7 Semi-supervised Learning. En: *Handbook on Neural Information Processing*. Berlín: Springer, pp. 215-218.

Bonaccorso, G., 2017. *Machine Learning Algorithms*. Birmingham: Packt Publishing.

Cepsa, 2021. *Cepsa, pionera en España en incorporar la nueva tecnología de Amazon Web Services de mantenimiento predictivo en instalaciones industriales*. [En línea] Available at: <https://www.cepsa.com/stfls/corporativo/FICHEROS/Cepsa-pionera-en-Espan%CC%83a-en-incorporar-la-nueva-tecnologi%CC%81a-de-Amazon-Web-Services-de-mantenimiento-predictivo-en-instalaciones-industriales.pdf> [Último acceso: 01 05 2022].

Colgate, . J. E., Wannasuphprasit, W. & Peshkin, M. A., 1999. Cobots: Robots for Collaboration With Human Operators. *Proceedings of the International Mechanical Engineering Congress and Exhibition*, Volumen LVIII, pp. 433-439.

Deane, P., 1979. *The First Industrial Revolution*. Segunda ed. Cambridge: s.n.

Deo, R. C., 2015. Machine Learning in Medicine. *Circulation*, CXXXII(20), pp. 1920-1930.

DHL, 2021. *DHL amplía su acuerdo con locus robotics y prevé implantar cerca de 2.000 robots colaborativos hasta 2022*. [En línea] Available at: <https://www.dhl.com/es-es/home/prensa/archivo-de-prensa/2021/dhl-amplia-su-acuerdo-con-locus-robotics-y-preve-implantar-cerca-de-2000-robots-colaborativos-hasta-2022.html> [Último acceso: 19 03 2022].

Effidence, 2021. *SEAT S.A. integra los robots móviles autónomos EffiBOT en la planta de Martorell*. [En línea]

Available at: <https://www.efdidence.com/es/seat-s-a-integra-los-robots-moviles-autonomos-efibot-en-la-planta-de-martorell/>  
[Último acceso: 02 02 2022].

Effidence, s.f. *Effibot (AGV/AMR)*. [En línea]  
Available at: <https://www.efdidence.com/es/effibot-agv-amr-2/?cn-reloaded=1>  
[Último acceso: 03 03 2022].

Eurostat, 2022. *Freight transport statistics - modal split*. [En línea]  
Available at: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Freight transport statistics - modal split](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Freight_transport_statistics_-_modal_split)  
[Último acceso: 12 05 2022].

Goad, K., 2021. *How Drones Are Being Used to Deliver Lifesaving HIV Drugs to Remote Areas of the World*. [En línea]  
Available at: <https://www.inj.com/innovation/medical-drones-deliver-hiv-medicine>  
[Último acceso: 10 05 2022].

Gudivada, V. N. & Arbabifard, K., 2018. Open-Source Libraries, Application Frameworks, and Workflow Systems for NLP. En: *Handbook of Statistics*. Greenville: s.n., pp. 31-50.

Haradhan, M., 2019. The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era. *Journal of Social Sciences and Humanities*, V(4), pp. 377-387.

Hassanalain, M. & Abdelkefi, A., 2017. Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, Volumen XCI, pp. 1-132.

Holland, C. y otros, 2017. UPS Optimizes Delivery Routes. *Inform's journal on Applied Analytics*, XLVII(1), pp. 1-109.

KNAPP, 2020. *Pick-it-Easy Robot. It works..* [En línea]  
Available at: <https://www.knapp.com/es/blogposts/pick-it-easy-robot-it-works/>  
[Último acceso: 09 02 2022].

KNAPP, s.f. *Robótica e IA en aplicaciones logísticas*. [En línea]  
Available at: <https://www.knapp.com/es/soluciones/tecnologias/robotica-e-inteligencia-artificial-en-la-logistica/>  
[Último acceso: 08 03 2022].

Kongsberg, s.f. *Autonomous ship project, key facts about Yara Birkeland*. [En línea]  
Available at: <https://www.kongsberg.com/es/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/>  
[Último acceso: 13 05 2022].

LocusRobotics, s.f. *LocusBots: Robots autónomos colaborativos que funcionan*. [En línea]  
Available at: <https://locusrobotics.com/es/caracteristicas/locusbots/>  
[Último acceso: 19 03 2022].

Mahesh, B., 2020. Machine Learning Algorithms - A Review. *International Journal of Science and Research*, IX(1), pp. 381-385.

Mecalux, 2019. *Mecalux es reconocido en el informe de Gartner Europe Context: 'Magic Quadrant for Warehouse Management Systems', de julio 2019*. [En línea]  
Available at: <https://www.mecalux.es/noticias/mecalux-reconocido-en-informe-gartner-2019>  
[Último acceso: 09 05 2022].

MiR Industries, s.f. *Mobile Industrial Robots*. [En línea]  
Available at: <https://www.mobile-industrial-robots.com/case-studies/mir500-schneider-electric-poland/>  
[Último acceso: 20 03 2022].

MiR Industries, s.f. *Robot MiR500*. [En línea]  
Available at: <https://www.mobile-industrial-robots.com/es/solutions/robots/mir500/>  
[Último acceso: 20 03 2022].

Mobley, R. K., 2013. *An Introduction to Predictive Maintenance*. Segunda ed. s.l.:Butterworth-Heinemann.

Mohajan, H. K., 2020. The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments. *Journal of Social Sciences and Humanities*, VI(1), pp. 1-14.

Moor, J., 2006. The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years. *AI Magazine*, XXVII(4), p. 5.

Mosaik Dynamic, s.f. *Soluciones de paletizado 4.0*. [En línea]  
Available at: <https://www.mosaik-dynamic.com/productos/>  
[Último acceso: 12 01 2022].

Muñoz, A., 2014. Machine Learning and Optimization. *Courant Institute of Mathematical Sciences*, pp. 1-14.

Nasteski, V., 2017. An overview of the supervised machine learning methods. *Horizon*, Volumen IV, pp. 51-62.

Nautilus Labs, s.f. *Nautilus Platform*. [En línea]  
Available at: <https://nautiluslabs.com/>  
[Último acceso: 06 03 2022].

Noregon, 2021. *TripVision: The future of remote diagnostics*. [En línea]  
Available at: <https://www.noregon.com/wp-content/uploads/2021/12/TripVision-Noregon-TSP-Sales-Sheet-2021-04-121021.pdf>  
[Último acceso: 16 04 2022].

Observatorio del Transporte y la Logística en España, 2020. *Peso económico del sector logístico*, s.l.: s.n.

Philbeck, T. & Davis, N., 2018. The Fourth Industrial Revolution: Shaping a New Era. *Journal of International Affairs*, LXXII(1), pp. 17-22.

Qiu, M. y otros, 2017. AliMe Chat: A Sequence to Sequence and Rerank based Chatbot Engine. *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Volumen II.

Reif, R. & Günthner, W. A., 2009. Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. *The Visual Computer*, Volumen XXV, pp. 461-467.

Reinelt, G., 1994. *The Traveling Salesman: Computational Solutions for TSP Applications*. s.l.:Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Shaikh, A. y otros, 2019. A Survey Paper on Chatbots. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, VI(4), pp. 1786-1789.

Sharma, A. & Jit Singh, B., 2020. Evolution of Industrial Revolutions: A Review. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, IX(11), pp. 66-73.

Smith, B., 2001. The Third Industrial Revolution: Policymaking for the Internet. *Science and Technology Law Review*, Volumen III.

Sutton, R. S. & Barto, A. G., 2018. Reinforcement Learning. En: *Reinforcement Learning: An Introduction*. Londres: Bradford Books, pp. 1-7.

Tejedor, P., 2019. *La primera tarea de Vera: Volvo Trucks presenta un transporte autónomo entre un centro logístico y un puerto*. [En línea] Available at: <https://www.volvotrucks.es/es-es/news/press-releases/2019/jun/pressrelease-190613.html> [Último acceso: 12 05 2022].

Transmetrics, s.f. *Estudio de caso: Gestión predictiva de contenedores vacíos para NileDutch*. [En línea] Available at: <https://www.transmetrics.ai/es/case-study/assetmetrics-for-predictive-empty-container-management/#cs2> [Último acceso: 16 04 2022].

Transmetrics, s.f. *Transmetrics Platform*. [En línea] Available at: <https://www.transmetrics.ai/es/platform/> [Último acceso: 01 05 2022].

TuSimple, 2021. *TuSimple: Q2 2021 Letter to ShareHolders*, s.l.: s.n.

TuSimple, s.f. *TuSimple Technology: Self-Driving Technology Designed for Trucks*. [En línea] Available at: <https://www.tusimple.com/technology/> [Último acceso: 12 05 2022].

TuSimple, s.f. *TuSimple's Mission*. [En línea] Available at: <https://www.tusimple.com/> [Último acceso: 12 05 2022].

UPS, 2020. *UPS mejorará ORION con optimización continua de las rutas de entrega*. [En línea] Available at: <https://about.ups.com/es/es/newsroom/press-releases/innovation-driven/ups-to-enhance-orion-with-continuous-delivery-route-optimization.html> [Último acceso: 06 04 2022].

Vargas, R., Mosavi, A. & Ruiz, R., 2017. Deep learning: A review. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Volumen V.

Vis, I. F., 2006. Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. *European Journal of Operational Research*, CLXX(3), p. 709.

Wilke, J., 2019. *A drone program taking flight*. [En línea] Available at: <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/a-drone-program-taking-flight> [Último acceso: 06 05 2022].

Williams, S., 2018. Hands-On Chatbot Development with Alexa Skills and Amazon Lex. En: *Hands-On*. s.l.:Packt Publishing Ltd, p. 266.

Yara, 2020. *Yara Birkeland*. [En línea] Available at: [https://aps.brandmaster.com/yara/gallery/popup.php?uri=GAL\\_17123\\_174690\\_284621\\_1\\_2](https://aps.brandmaster.com/yara/gallery/popup.php?uri=GAL_17123_174690_284621_1_2) [Último acceso: 16 05 2022].

Yara, s.f. *Press.Kits: Yara Birkeland.* [En línea]  
Available at: <https://www.yara.com/news-and-media/press-kits/yara-birkeland-press-kit/>  
[Último acceso: 13 05 2022].