

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

La IA aplicada a los procesos de producción de la conserva.



Universidad de Valladolid

Elaborado por: Álvaro González Aramburu
Grado Administración y Dirección de Empresas - Campus Segovia
Fecha: Mayo 2025

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	1
1. Introducción al sector conservero gallego.....	5
1.1 Producción, facturación y niveles de exportación del sector....	7
2. La revolución de la IA.....	10
2.1 Niveles y situación actual de la IA.....	11
2.2 Estrategia del gobierno español con la IA.....	12
3. Aplicación de la IA en el proceso productivo de la conserva....	14
3.1 La industria 4.0.....	14
3.2 El impacto en el mundo empresarial.....	15
3.3 Etapas en la producción y aplicación en el sector conservero.	16
4. Implementación de la IA en ORBE S.A.....	21
4.1 Historia de ORBE S.A.....	22
4.2 Implantación de la Inteligencia Artificial en ORBE S.A.....	25
5. Análisis comparado relativo al uso de la IA en el proceso de producción de ORBE.....	34
5.1 Valoración sin el uso de la I.A.....	36
En este apartado se presenta la situación actual de producción de ORBE S.A en la línea del mejillón mediano sin la aplicación de la I.A.....	36
5.2 Valoración con el uso de la I.A.....	37
6. Principales conclusiones sobre la investigación.....	44
7. Bibliografía.....	47

Índice de figuras y tablas:

1. Introducción al sector conservero gallego.

Figura 1. Localización de las fábricas conserveras gallegas en 1907.....Pág 7

Video 1. Proceso de reconocimiento manual de fichas:

https://drive.google.com/file/d/1X0iT26la-KK2PSwf7oLi4lWGEP03uUWb/view?usp=drive_link

4. Implementación de la IA en ORBE S.A

Figura 2. Proceso de funcionamiento de un modelo.....Pág 21

Figura 3. Gráfico Exportación ORBE años 2022 a Julio 2024.....Pág 23

Figura 4. Gráfico Clientes Nacional años 2022 a Julio 2024.....Pág 23

Figura 5. Esquema de la automatización del control de calidad.....Pág 26

Figura 6. Ejemplo del funcionamiento de una cámara de Visión artificial.....Pág 29

5. Análisis comparado relativo al uso de la IA en el proceso de producción de ORBE.

Tabla 5.1 Datos generales de ORBE y rendimiento actual.....Pág 35

Tabla 5.2 Obtención del margen bruto unitario.....Pág 36

Tabla 5.3 Análisis financiero sin incorporación de la I.A.....Pág 36

Tabla 5.4. Contexto análisis escenarios con IA.....Pág 38

Tabla 5.5 Situación óptima con I.A.....Pág 38

Tabla 5.6 Desperdicio de 20 kgs en el escenario óptimo.....Pág 39

Tabla 5.7 Situación intermedia con I.A.....Pág 41

Tabla 5.8 Situación pesimista con I.A.....Pág 42

Tabla 5.9 Datos resumen del VAN en los diferentes escenarios.....Pág 43

Figura 8. Anexos gráficos sobre la Línea 2 OL-120 Mejillón rías gallegas

https://drive.google.com/drive/folders/10P4uRQTeOR-hc3a9KGcpcYdOeMPkbOm4?usp=drive_link

Resumen:

El año 2024 se considera un año de cambio, comparable al que se vivió en el año 2000 con la revolución de Internet. La IA ha llegado para quedarse, impulsada por su fácil acceso, la colaboración abierta entre empresas, el desafío de la sostenibilidad y su papel en la reducción de brechas digitales. Además, la seguridad es un factor crucial en su adopción. En este momento de revolución tecnológica, la aplicación de la IA en el mundo empresarial, y específicamente en el sector conservero, se antoja exponencial y no conoce límites.

En este trabajo de fin de grado se ha analizado la situación actual de la IA, desde una perspectiva general hasta un enfoque más específico en su aplicación dentro de la Industria 4.0. Se explora la viabilidad de implementar esta tecnología en el sector conservero gallego, concretamente en la empresa ORBE S.A. El proyecto se centra en ajustar la IA a su línea de producción con el objetivo de aumentar la productividad, mejorar la eficiencia y reducir costos.

En conclusión, la incorporación de la IA ofrece un vasto abanico de oportunidades para el sector conservero gallego, un ámbito con gran potencial de desarrollo y modernización. La integración de esta tecnología en los procesos productivos es una posibilidad tangible que puede mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar la calidad de los productos. No obstante, para que esta transformación sea exitosa, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de su aplicación, fomentar la colaboración entre empresas y organizaciones, y evaluar con precisión las oportunidades y amenazas que implica la adopción de la IA. Además, es esencial invertir en la formación continua de los trabajadores y en la adaptación de los equipos de trabajo, asegurando que el sector pueda evolucionar y seguir siendo un pilar clave de la economía tanto en Galicia como en España.

Este trabajo de fin de grado (TFG) se organiza en tres partes principales, comenzando con una explicación de los objetivos generales y específicos del estudio, seguida de una introducción al sector conservero de la región. A continuación, se presenta una contextualización sobre la revolución de la inteligencia artificial, que sirve de introducción al núcleo del trabajo: un caso real de aplicación de la IA en la conservera gallega ORBE S.A. El análisis se inicia con una revisión de la historia y trayectoria de la empresa, para luego

proyectar los pasos necesarios en la implementación de la IA, así como realizar los cálculos financieros correspondientes a dicha implantación.

Palabras clave: IA, conservas de pescados y mariscos, producción, “machine learning”, ingresos, costes, Galicia.

Objetivos.

En lo que concierne al presente TFG, la idea es analizar la posibilidad de implantar la IA dentro del proceso productivo de la conserva, aplicado a un caso real dentro de la empresa ORBE S.A. Además, nos adentraremos en un importante repaso a la historia del sector conservero en Galicia, así como, al estudio en profundidad de la nueva revolución industrial, la IA.

Objetivos Generales

- Adquirir un conocimiento general e histórico del sector conservero en Galicia además de analizar la situación actual de la IA.
- Desarrollar un modelo práctico de IA centrado en una línea de producción dentro de la fábrica de ORBE S.A, a modo de canon y desde un punto de vista novedoso dentro de la firma.

Objetivos Específicos

- Investigar la evolución histórica y situación actual de la IA, con un enfoque a la Industria 4.0.
- Estudiar y comprender detalladamente los procesos básicos que requiere la aplicación de esta nueva tecnología en los procesos de producción de la conserva.
- Analizar y repasar el ciclo histórico de la industria conservera en Galicia, desde los inicios hasta la actualidad.
- Participar y reunir información facilitada por trabajadores de ORBE S.A. Situación actual del sector, puntos de vista, la IA dentro del ámbito y el futuro de la industria conservera.
- Integrarse activamente dentro de la fábrica, reunir información de las máquinas de producción, además de documentos gráficos y vídeos.

1. Introducción al sector conservero gallego.

La historia de la industria conservera gallega nos remonta al siglo XVIII, cuando países como Francia e Inglaterra experimentaron nuevos métodos de conservación, como el baño maría y el envasado con aceite. Fue precisamente en Francia, donde en 1810 Nicolás Appert descubrió, de forma totalmente empírica, que podían conservarse los alimentos durante años por medio de la hermeticidad del envase y por la esterilización del producto.

En 1880, Francia contaba con 160 fábricas de conservas, marcando el inicio de la expansión de esta industria en Europa. Esta expansión se dirigió principalmente hacia el sur del continente, con la proliferación de numerosas fábricas de conservas en Portugal y el noroeste de España, especialmente en Galicia. La escasez de sardina en las costas francesas junto con los negocios de los catalanes asentados en Galicia impulsó el desarrollo de la industria conservera en la región.

La primera fábrica de la que se tiene constancia en la región gallega es la de Noia en 1856, con una producción básica cuyos productos se destinaban al consumo del mercado y de las tripulaciones. En Vigo se estableció en 1861 la primera fábrica, de los hermanos Curbera, dedicada a la producción de sardinas. Fue en 1879 cuando se inaugura en la ría de Villagarcía de Arousa la primera fábrica de corte moderno con máquina de vapor lo que significó el inicio de la consolidación del sector de conservas de pescado en España. *(Tomás Massó Bolívar, 2014, sector conservero).*

El sector conservero desempeñó un papel fundamental en el crecimiento industrial de Galicia. A partir de 1880, la desaparición de la sardina en las costas francesas provocó el colapso de la industria bretona, lo que brindó una oportunidad para el desarrollo del sector en Galicia. Esta situación impulsó la proliferación de fábricas en ciudades como Vigo y A Coruña, que experimentaron un notable crecimiento en términos socioeconómicos. *(Industria conservera, Faro de Vigo, 2014).*

El puerto de la ciudad olívica se convirtió a finales de XIX en uno de los principales puertos de la península. El ascenso del movimiento portuario de Vigo, que pasó de una posición secundaria a ser uno de los más destacados de España, se debe en gran medida al mérito del sector conservero.

A principios del siglo XX se produjo el esplendor de la industria conservera gallega, muy por encima de otras zonas del norte de España como Asturias o País Vasco, cuyo negocio se centraba más en la anchoa y en el atún. Nuevamente en Vigo el sector conservero creció significativamente debido a las oportunidades de exportación generadas por la Primera Guerra Mundial. La emergencia de grandes fábricas conserveras estableció a Vigo como un destacado centro de producción y exportación de conservas de pescado y mariscos. (*La historia de la conserva en Galicia, 2023, Real Conservera*)

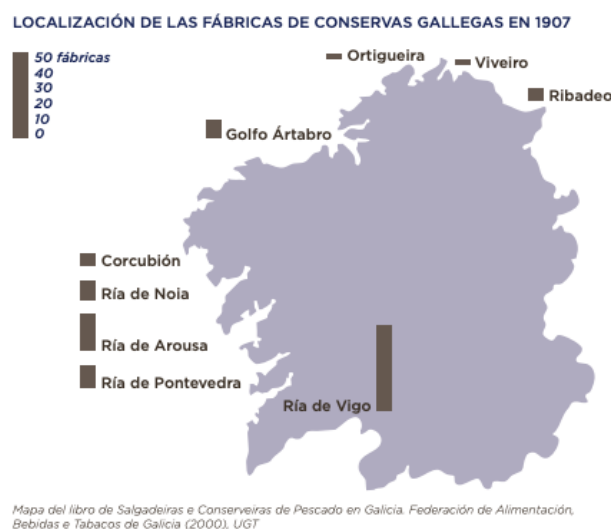


Figura 1. Localización de las fábricas conserveras gallegas en 1907

En la actualidad, el sector pesquero es un motor muy importante para Galicia, aportando el 4,8% del PIB de la comunidad y cerca del 5,5% de Valor Añadido Bruto. Además es el cuarto sector con mayor volumen de exportaciones. El sistema productivo de la pesca, el cual engloba la actividad extractiva, transformación y distribución de productos marinos, generó en 2022 un valor económico superior a los 1.100 millones de euros y 1 de cada 20 puestos de trabajo directos en Galicia. El sector Mar-Industria en esta localidad aporta un total de 64.000 puestos de trabajo.

Actualmente, en términos portuarios, Vigo es uno de los principales puertos no sólo a nivel nacional, si no también a nivel europeo. En el año 2022, Vigo se consolidó como el principal puerto de pesca fresca con 34.000 toneladas al año y en Junio de 2024, registró un movimiento total de 500.000 toneladas, lo que representa un aumento del 13,3 % sobre el

mismo mes del año anterior, mientras que el tráfico de mercancías subió un +16 % con respecto a junio de 2023. China es el socio número uno de importación / exportación de pescado congelado, seguido de Marruecos y USA. El tránsito del sector conservero es muy alto, en el año 2022 representó un 42% del total, cuyo tráfico contenerizado tiene su origen en Centro y Sur América, Pacífico e Índico. (*Revista Industrias Pesqueras*).

1.1 Producción, facturación y niveles de exportación del sector.

Como hemos visto anteriormente, el sector de conservas de mariscos y pescados en Galicia ha sido y sigue siendo uno de los pilares fundamentales para esta región costera, tanto en lo económico como en lo social. La modernización del sector, la creación de instituciones como ANFACO (Asociación Nacional de Fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos) y los excelentes niveles de exportación han permitido que el sector continúe creciendo y se consolide como un importante motor económico para España, especialmente a nivel internacional, donde más del 48% de los ingresos de las 65 principales empresas del sector provienen del exterior (*Alimarket, 2021*).

Para comprender mejor este apartado, primero se tratan los niveles de producción actuales del sector, analizando cifras y problemáticas vigentes. A continuación, se presentan datos sobre los niveles de exportación, acompañados de índices y gráficos. Finalmente, se aborda el “Plan Estratégico para el Sector de la Conserva de Galicia 2022-2030”.

En términos de producción, el sector conservero gallego representa el 85% de la producción española, generando ingresos de 2.500 millones de euros y siendo responsable de 7 de cada 10 kilogramos de conserva producidos en España (*Industrias Pesqueras*). En el último año, el sector ha demostrado una notable capacidad de adaptación y resiliencia frente a diversas adversidades, como un entorno inestable, las medidas de la UE, la disminución del consumo interno, la escasez de materias primas y los conflictos geopolíticos. A pesar de estas dificultades, las conservas y semiconservas cerraron 2023 con un leve crecimiento del 0,3 %, alcanzando una producción de 306.352 toneladas valoradas en 1.880 millones de euros (*Roberto Alonso, secretario general de Anfaco-Cecopesca para Industrias Pesqueras*).

Si hablamos de facturación, el sector ha mostrado una evolución positiva. A medida que las conservas de pescado y mariscos españolas han ganado reconocimiento por su calidad y

sabor, la demanda ha aumentado tanto en el mercado nacional como en los mercados internacionales. No obstante, estos datos son hasta cierto punto engañosos, ya que este aumento de la facturación se debe al aumento de la inflación anual, el aumento en los costos de las materias primas y los estándares de calidad, lo que ha llevado a un incremento en el precio final para el consumidor.

En los últimos años, varios acontecimientos han dejado una profunda huella en el sector, como la pandemia del COVID-19 y la guerra en Ucrania. Durante la pandemia, que afectó gravemente a la economía mundial, las primeras semanas de confinamiento en España provocaron un aumento del 80% en la compra de conservas de pescado y marisco para el hogar en comparación con 2019, aunque esta tendencia se contrarrestó con una caída del 50% en las ventas a la hostelería y restauración. Esta situación favoreció al sector conservero, siendo uno de los pocos sectores que se vio impulsado a aumentar su producción. El incremento en la acumulación de latas, motivado por el temor a la pandemia, llevó a que en 2020 se produjera un 2% más de toneladas de conservas de pescado y el sector registrara un crecimiento de casi un 5% en facturación respecto a 2019. En la conservera ORBE, la producción durante este periodo aumentó entre un 10% y un 15%, así como el número de empleados contratados.

El sector conservero gallego es una industria con unos altos niveles de exportación. Históricamente el esplendor de la exportación nos lleva al periodo de tiempo comprendido entre 1914 y 1936, trayendo consigo la diversificación de las especies conservadas y la búsqueda de nuevas localizaciones, en particular la sardina. (*Libro exportación de la conserva*). En la década de los 60, se produjo una fuerte recesión en el sector, derivada por las barreras arancelarias al mercado exterior, defectos internos y estructurales, falta de agilidad en la administración, excesiva presión fiscal, técnicas de organización y ventas rudimentarias, reducido margen de beneficio, grandes dificultades financieras, mano de obra de baja cualificación debido a la estacionalidad del empleo...

En el año 2023, las exportaciones totales de pescados y mariscos por grupo disminuyeron un 0,91 % en volumen y un 0,09 % en 2023 en comparación con 2022. El principal grupo de productos exportados fue el pescado congelado, con 378.122 toneladas, lo que representa un aumento del 0,87 %. Sin embargo, los crustáceos fueron el producto que registró el mayor crecimiento en sus exportaciones en 2023, con un incremento del 2,8 %. En 2023, los cuatro

principales destinos de las exportaciones españolas de estos productos, por volumen, fueron Italia, Francia, Portugal y Países Bajos, que en conjunto representaron el 75 % del volumen total exportado.

La industria conservera, se recuperó de la caída de 2022 y, entre enero y octubre, registró un crecimiento del 2,5% en volumen y del 14% en valor. Este resultado se debe a la estrategia de diversificación de mercados por parte de los operadores, quienes han buscado nuevas oportunidades fuera de las fronteras tradicionales de la UE, un área gravemente afectada por la recesión económica. *(Alimerka - Informe 2024)*

Actualmente se está implementando el "Plan Estratégico para el sector de la conserva de Galicia 2022-2030". Los objetivos de este plan son impulsar la internacionalización y la innovación, con el fin de consolidar a Galicia como un referente mundial. El plan se enfoca en siete ejes: financiación, producción, comercialización, internacionalización, I+D+i, empleo y reputación social. Además, busca avanzar en la digitalización y el uso de nuevas tecnologías, así como en la economía circular en las conserveras, reforzar el atractivo laboral y garantizar el relevo generacional. *(Declaraciones de Antonio Basanta, director xeral de Pesca, Acuicultura e Innovación Tecnolóxica de Galicia. Revista Industrias Pesqueras).*

2. La revolución de la IA.

Podemos definir la IA como una “disciplina” que existe desde los años 50 y tiene como objetivo la creación de sistemas computacionales, es decir, sistemas no biológicos que sean inteligentes tomando como referencia la inteligencia humana. Es un software, un programa informático formado por algoritmos con capacidad de aprender y resolver problemas. Requiere de datos y capacidad de cómputo, así como recopilar el mayor número de datos posibles acerca de una temática.

No la podemos catalogar únicamente como una cuestión de usar herramientas como Copilot; implica un enfoque riguroso que incluye la recopilación de datos, la estructuración adecuada, el entrenamiento, la ciberseguridad y la ética. Debemos gestionar la interacción de forma individualizada, lo que permitirá un trato más personalizado con cada persona. Estas tecnologías facilitan un enfoque más específico y adaptado a las necesidades de las personas.

La IA y la mente humana aprenden a base de datos e inputs, todo se acaba convirtiendo en ingredientes electroquímicos que a su vez, se pueden computar. Se acepta el principio de incertidumbre, a día de hoy, la IA no tiene la metacognición y la capacidad de amar racionalmente. *“El cerebro humano y la IA. Podcast: The Wild Project”*

Stephen Hawkins: “La IA es la última frontera”.

La IA es reconocida como una tecnología transversal con un impacto significativo en una amplia variedad de sectores, al punto de ser considerada la cuarta revolución industrial. A corto y mediano plazo, se prevé que la IA transforme el mundo tanto social como económicamente, impulsando un aumento en la productividad, que ha mostrado señales de estancamiento en los últimos años. Los expertos suelen comparar la aparición de la IA con la llegada de la electricidad, debido a que ambas tecnologías son transversales y aplicables a cualquier ámbito. Al igual que la electricidad, la IA es invisible, escalable, actualizable y compleja. No solo nos permite explicar el pasado o entender el presente, sino que también nos habilita a predecir el futuro. Además de analizar y modelar datos, la IA tiene la capacidad de generar contenido a través de técnicas de IA generativa, lo que amplía aún más su alcance y utilidad. *(Maite Ledo, Secretaria de Estado de Digitalización e IA. Foro elEconomista, 2024)*

El deber de las empresas es posicionarse, establecer una estrategia para saber dónde y cuándo aplicar esta tecnología, es decir, donde emplearla para la empresa y para los empleados. Así como encontrar el beneficio que trae para los proveedores, los clientes, a la sociedad... Esa es la visión holística que hay que tener en función de la estrategia. Hay muchos ámbitos en los que ya se está constatando cómo la IA ayuda a mejorar la calidad de lo que se produce, reduce los tiempos de producción, es decir, aumenta claramente la productividad en las economías.

De cara al futuro es crucial establecer una regulación adecuada que defina un marco claro con las reglas del juego en el ámbito de la IA. En los próximos años, será fundamental transformar y preparar a los empleados para adaptarse a las nuevas realidades laborales que surjan. La sostenibilidad debe ser uno de los pilares fundamentales, asegurando que se devuelva valor a las comunidades con las que se trabaja a través de prácticas sostenibles.

Además, es esencial acercar la tecnología a quienes han quedado rezagados, permitiendo que las pequeñas empresas, gracias a la accesibilidad de las nuevas herramientas, puedan ser creativas y competir en igualdad de condiciones con aquellas que disponen de mayores recursos. La interacción con la tecnología debe ser más natural y fluida, lo que también contribuirá a la preservación de la naturaleza y los animales.

A medida que las inteligencias artificiales desarrollen una capacidad de aprendizaje más natural, podrán reconocer emociones y asumir tareas sustituibles, permitiendo a los humanos centrarse exclusivamente en el producto final. Estas tecnologías son indispensables para las personas, ya que generarán nuevos puestos de trabajo y mejorarán la interacción entre humanos y máquinas, fomentando una cohesión eficaz.

Finalmente, es vital que estas tecnologías sean accesibles para todos, sostenibles frente al alto consumo de energía que requiere el procesamiento masivo de datos, inclusivas y seguras, asegurando que su adopción beneficie a toda la sociedad.

2.1 Niveles y situación actual de la IA.

En función de su nivel de competencia, la IA se estructura en tres niveles. El primer nivel es la **IA específica**, que comprende sistemas que son excelentes en realizar una tarea particular,

pero solo en esa tarea. El segundo nivel es el nivel al que aspira la IA y se conoce como **IA general**. Este nivel de IA sería el mismo nivel de competencia y complejidad que la inteligencia humana, incluyendo conceptos difíciles de entender y de modelar como la conciencia. Este nivel no es necesario alcanzarlo para que la IA transforme a la sociedad. Por último, estaría la super inteligencia, la llamada la **Super IA**, la cual es superior a la inteligencia humana.

Actualmente, la IA se encuentra en la etapa conocida como “Bottom-up”, que comenzó a desarrollarse en 2013 gracias a tres factores clave que impulsaron el avance exponencial de estas técnicas: i) La disponibilidad de grandes volúmenes de datos (“BIG DATA”), ya que cada año generamos más datos que en los 5.000 años anteriores de la historia de la humanidad; ii) la disponibilidad de capacidades de computación a bajo coste; y iii) el desarrollo de modelos de aprendizaje.

Al hablar de un modelo de aprendizaje, nos referimos al proceso de definir un problema: ¿qué es lo que estoy buscando?, ¿cuál es nuestro objetivo?, ¿qué intento resolver? En el ámbito industrial, es fundamental asegurar que el modelo cumpla con los estándares de calidad, como la capacidad de predecir fallos en elementos mecánicos. El aprendizaje se clasifica en dos categorías: supervisado y no supervisado. En la industria, generalmente se utiliza un modelo supervisado, que toma decisiones basándose en los datos recopilados.

El modelo se divide en tres capas: una primera capa que es la **capa base**, formada por los elementos más generales de la IA. En segundo lugar, tenemos la **Capa L1**, que son modelos industriales adaptados a las necesidades para facilitar el acceso al tejido industrial. Y en tercer lugar, tenemos la **Capa L2** que son aplicaciones específicas dentro de esos modelos y es aquí donde entraremos en profundidad más adelante. (*Eduardo Galán, Principal Engineer of Huawei Cloud Europe. Foro elEconomista, 2024.*)

2.2 Estrategia del gobierno español con la IA.

El gobierno español no es indiferente a los cambios que está produciendo la aparición de la IA, y en los últimos dos años, su avance en esta materia ha sido reconocido a nivel europeo. El gobierno trabaja en dos ámbitos de seguridad. Primero, se asegura de que toda transformación tecnológica esté acompañada de una visión estratégica de ciberseguridad, con

el objetivo de que esta llegue a las pequeñas y medianas empresas. Segundo, destaca la labor de la Agencia Española de Supervisión de la IA (AESIA), con sede en A Coruña, que se encarga de establecer los límites entre la IA y los humanos.

La estrategia se basa en cuatro pilares. En primer lugar, se busca el desarrollo de la IA mediante la supercomputación, utilizando modelos con 170.000 parámetros. La Unión Europea está invirtiendo en países como Finlandia, Italia y España; por ejemplo, “*Mare Nostrum 5*” representa la mayor inversión que Europa ha hecho en una infraestructura científica en España, con un coste total de 202 millones de euros, de los cuales 151,4 millones corresponden a la adquisición de la propia máquina. En respuesta a la creciente demanda de almacenamiento, el gobierno está creando centros de datos, también conocidos como granjas de datos, para establecer modelos, recopilación de datos, algoritmos y *tokens* (unidad de valor digital). Por último, no se puede pasar por alto la importancia del talento y el capital humano en esta estrategia.

Actualmente sólo el 24% de las grandes empresas de este país están haciendo una apuesta clara por la IA, aunque el resto piensa tenerla presente a corto plazo. El 90% de las empresas quieren invertir en temas de gestión y eficiencia energética por la reducción de costes y sostenibilidad, pero la realidad es que sólo el 9% de estas grandes empresas usan IA en temas de gestión energética.

(Maite Ledo, Secretaria de Estado de Digitalización e IA. Foro elEconomista, 2024)

3. Aplicación de la IA en el proceso productivo de la conserva

La IA tendrá un impacto exponencial a largo plazo en el sector conservero. En los próximos años, se prevé una revolución tanto en los procesos productivos como a nivel de preparación del trabajador futuro. El objetivo es que la IA se integre plenamente en el entorno empresarial, aplicándola a todo tipo de procesos técnicos y mejorando la comunidad interna de la empresa, abarcando aspectos como la optimización, la sostenibilidad y la fabricación.

3.1 La industria 4.0

La Industria 4.0 es reconocida como la cuarta revolución industrial, marcada por la llegada de la fábrica inteligente. Este concepto se caracteriza por una creciente automatización y el uso de máquinas y fábricas “smart” que recogen datos a través de sensores y robots conectados en torno al Internet de las cosas (IoT). Estas tecnologías permiten extraer información relevante con el objetivo de incrementar la eficiencia y la productividad. (Mario Conejos, CEUPE, 2023). Esto va a permitir personalizar procesos de forma masiva logrando mayor flexibilidad. Además, lleva a una toma de decisiones en tiempo real, basada en datos, permitiendo tomar una decisión de forma remota y en definitiva, aumentar la calidad, la eficacia y la eficiencia. Para hacerlo, es importante buscar esa fábrica inteligente, donde el entorno esté conectado y basado en la IA.

Para la aplicación efectiva de la IA, es fundamental contar con modelos digitales y sistemas de aprendizaje por refuerzo que puedan extraer información de datos digitales y contextualizarla adecuadamente. En este contexto, los “*Learning-Based Models*” (LBM) juegan un papel crucial. Los LBM son modelos que se basan en el aprendizaje automático para procesar y analizar grandes volúmenes de datos, adaptándose y mejorando su rendimiento con el tiempo a medida que interactúan con más información.

El objetivo es cruzar toda esta información para ofrecer respuestas precisas y relevantes. Además, el sistema debe ser capaz de filtrar la información según el rol de la persona que realiza la consulta. Dependiendo de este rol, el sistema debe entender qué datos son más pertinentes y proporcionar una respuesta adecuada a las necesidades específicas del usuario.

El flujo de la Industria 4.0 se divide en tres etapas clave:

- En la primera etapa, de lo físico a lo digital (P-D), se transforma algo físico en algo digital. Los datos del mundo físico se capturan mediante sensores y dispositivos IoT, convirtiéndolos en información digital.
- En la segunda etapa, de lo digital a lo digital (D-D), la información digital se comparte y se interpreta utilizando analítica avanzada, análisis de escenarios e IA. Este proceso permite descubrir información relevante y generar conocimientos útiles a partir de los datos.
- En la etapa de lo digital a lo físico (D-P), se traduce la información y decisiones del mundo digital en acciones efectivas en el mundo físico. Se aplican algoritmos para convertir estas decisiones en datos prácticos, estimulando cambios y mejoras en los procesos físicos.

3.2 El impacto en el mundo empresarial.

La IA va más allá de ser una simple cuestión tecnológica; también representa un aspecto crucial del negocio. El **retorno sobre la inversión (ROE)**, **la cuenta de resultados** y el **coste de oportunidad** son factores clave, y no actuar puede resultar más costoso que haber perdido la oportunidad de la era de internet. La IA es tanto urgente como importante, y debe ser abordada desde una perspectiva empresarial. (*Davenport & Ronanki, 2018*)

Asimismo, conlleva diversos riesgos, tales como: problemas de integración laboral; costos de implementación y mantenimiento; errores y decisiones incorrectas, problemática de la privacidad de los datos...Por lo tanto, su correcta aplicación en el ámbito de los negocios implicaría mitigar estos riesgos. Es esencial acercarse a la IA con humildad, poniendo al ser humano en el centro y siendo extremadamente responsables en su uso, tal como se ejemplifica en la "Web Moral Machine".

Estamos ante un nuevo paradigma y una transformación en la cultura laboral. Es necesario adaptar nuestra forma de trabajar: en lugar de realizar directamente las tareas, debemos entrenar a la IA para que las ejecute correctamente y luego se supervisen. Este cambio implica que la formación será crucial para gestionar eficazmente estos sistemas.

Es fundamental seguir un orden: primero debemos centrarnos en las personas, luego en la metodología y los procesos, y finalmente en la tecnología. El salto desde la idea inicial hasta

el retorno sobre la inversión (ROE) puede ser considerable, y la clave es saber en qué enfocar nuestros esfuerzos. Es crucial aceptar el rol que se va a desempeñar y apoyarse en un Modelo de Liderazgo Basado en Evidencias (LBM). Las aplicaciones más innovadoras y transformadoras serán los asistentes virtuales o copilots. El impacto en el empleo será muy significativo. A medida que nos haga más eficientes, necesitaremos menos personal para desarrollar estos algoritmos. Aquellas personas que no estén informadas sobre esta tecnología podrían quedar fuera del mercado laboral a largo plazo. La productividad, la optimización, la definición de indicadores clave de rendimiento (KPI), la generación de contenido y la identificación del público objetivo están cambiando gracias a la IA. Por lo tanto, es esencial tener un perfil adaptado a esta tecnología para mantenerse relevante en el mercado laboral.

3.3 Etapas en la producción y aplicación en el sector conservero.

En este subepígrafe se detallan las principales etapas del uso de la inteligencia artificial en el sector de la producción. La primera de ellas es el Internet de las Cosas (IoT), un concepto fundamental que proporciona la base inicial para la recolección de datos mediante la interconexión de dispositivos y sensores. A continuación, se encuentra la analítica de datos, una herramienta esencial para capturar, procesar y analizar grandes volúmenes de información generada en tiempo real.

La computación en la nube (cloud computing) permite almacenar y gestionar grandes volúmenes de datos de forma remota, ofreciendo escalabilidad, flexibilidad y acceso en tiempo real a la información necesaria para la toma de decisiones. Posteriormente, se introduce el concepto de Edge Computing, el cual permite procesar los datos de forma local dentro de la propia empresa, reduciendo la latencia y mejorando la eficiencia en la toma de decisiones. Por último, se incluye el gemelo digital, una tecnología que permite realizar simulaciones virtuales de procesos físicos con un alto grado de precisión y probabilidad de éxito.

Todos estos elementos son aplicados en el contexto del presente trabajo de fin de grado, enfocado en el sector conservero. A través de una investigación detallada, se analiza el proceso actual de producción y se propone cómo la incorporación de estas tecnologías podría mejorar significativamente la eficiencia y optimización de los recursos.

- a) A través del **IoT (Internet de las cosas)** se recopilan y se intercambian datos a través de la interconexión a internet. Se trata de capturar los datos y ser capaz de transmitirlos en tiempo real donde vaya a tomar las decisiones para aplicarlas de forma correcta. En el sector productivo incluye sensores, maquinaria y equipos que se comunican entre sí para optimizar procesos. *(Mario Conejos, CEUPE, 2023)*

En la industria conservera puede utilizarse para monitorear condiciones ambientales como la temperatura, humedad y calidad del aire en las instalaciones de almacenamiento y procesamiento. Sensores colocados en las cadenas de producción pueden detectar y reportar cualquier anomalía en tiempo real, asegurando que los productos se mantengan en condiciones óptimas. Se podría obtener información sobre la composición de las salsas (escabeche, oliva, salsa americana...), medir su grado de llenado en la lata o calibrar para lograr una máxima eficiencia.

Además, los dispositivos IoT pueden rastrear la trazabilidad del pescado y marisco desde el momento de la captura hasta el producto final, mejorando la seguridad alimentaria y la gestión de inventarios. Podrían producirse acuerdos con empresas tecnológicas externas para la proporción de esta información de una manera más exacta.¹ Como se mencionó anteriormente, la IA implica el uso de algoritmos y modelos de aprendizaje automático para analizar datos, tomar decisiones y automatizar procesos. Permite aprovechar la información generada a partir de sensores relacionados con ventas, suministros, calidad, entre otros. Aunque la IA tiene una alta capacidad para trabajar con grandes volúmenes de datos, es esencial estructurarlos adecuadamente; de lo contrario, la información extraída puede no ser completamente precisa. *(Mario Conejos, CEUPE, 2023)*

En el sector conservero, la IA puede optimizar diversas etapas del proceso productivo. Por ejemplo, puede analizar imágenes para clasificar automáticamente el pescado y marisco según tamaño y calidad, reduciendo errores humanos. Los algoritmos de IA pueden predecir la demanda y ajustar la producción, minimizando el desperdicio. Además, es posible realizar mantenimiento predictivo de los sistemas y procesos, así como automatizar procesos que actualmente son manuales, afectando tanto al proceso

¹ Empresas externas : Marine Instruments o Satlink

productivo como a los procedimientos posteriores de control de calidad. En definitiva, la IA permitirá mejorar la eficiencia y la precisión de las operaciones, así como comprender mejor los flujos y los cuellos de botella.

- b) **La analítica de datos** implica el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos para extraer información valiosa y tomar decisiones informadas. Incluye técnicas como la minería de datos, análisis predictivo y análisis en tiempo real. *(Mario Conejos, CEUPE, 2023)*

En la industria conservera la analítica de datos puede identificar patrones y tendencias en el consumo de productos del mar a nivel global, permitiendo a las empresas adaptar sus estrategias de marketing y producción al patrón alimenticio de cada región. El análisis de datos históricos puede ayudar a prever periodos de alta y baja demanda, mejorando la planificación de la compra y producción. Además, el análisis en tiempo real de los datos de producción puede identificar cuellos de botella y áreas de mejora, aumentando la eficiencia operativa.

- c) Otro factor importante es **la computación en la nube**, la capacidad de cómo se ejecuta ese modelo, la cual, permite almacenar y procesar datos en servidores remotos accesibles a través de internet, ofreciendo flexibilidad, escalabilidad y ahorro de costos. Un almacenamiento en la nube permite publicar datos, es más fácil predecir, compartir y escalar el almacenamiento de forma más sencilla.² Estos permiten contratar servidores por uso o por tiempo, con un coste por hora. Como consecuencia, la barrera de entrada es mucho menor en comparación con un equipamiento “on premise”, garantizando un acceso universal y remoto a cuadros de mando y control, junto con copias de seguridad de los datos y una mayor seguridad. *(Mario Conejos, CEUPE, 2023).*

En el sector conservero este almacenamiento me permite analizar grandes volúmenes de datos generados por el IoT y otros sistemas. Esto permite un acceso rápido y seguro a la información desde cualquier lugar, mejorando la colaboración y la toma de decisiones. Las soluciones en la nube pueden soportar aplicaciones de gestión de la cadena de suministro, monitoreo de calidad y cumplimiento regulatorio, asegurando

² Algunas opciones de almacenamiento son Google Cloud, Aws y Azure.

que las operaciones cumplan con las normas de seguridad alimentaria y plazo previstos.

- d) El “**Edge Computing**” es lo contrario al apartado anterior, implica el procesamiento de datos cerca de la fuente de generación, en lugar de un centro de datos centralizado. Esto reduce la latencia y el ancho de banda necesarios para la transmisión de datos. *(Mario Conejos, CEUPE, 2023)*

En las fábricas conserveras, el “*Edge Computing*” puede procesar datos en tiempo real procedentes de sensores y dispositivos IoT instalados en las plantas de producción y almacenamiento, teniendo un dispositivo ejecutando modelos de IA en el sitio, no a través de un servidor que se encuentra fuera de la fábrica. Esto va a funcionar a través de un cable al dispositivo “*edge*” para tomar decisiones in situ, no necesito conexión a internet. La ejecución en tiempo real de todos los modelos y esta toma de decisiones en milisegundos, es clave, ya que no voy a tener que esperar al envío de los datos a la nube y al proceso y devolución de los mismos. Esto permite la detección y respuesta inmediata a problemas como cambios de temperatura o humedad que puedan afectar la calidad del producto. Este dispositivo puede soportar sistemas de control de calidad automatizados, proporcionando análisis y retroalimentación instantánea sin la necesidad de enviar datos a la nube.

- e) Un **gemelo digital** es una réplica virtual de un proceso, producto o servicio físico en toda nuestra planta de producción o una máquina concreta. Esta tecnología permite simular, predecir y optimizar el rendimiento del sistema utilizando datos en tiempo real. *(Mario Conejos, CEUPE, 2023)*

Su aplicación en el sector conservero puede ser muy importante porque permite replicar las líneas de producción y los procesos de almacenamiento, permitiendo a las empresas simular diferentes escenarios y optimizar sus operaciones. Esto incluye la simulación de cambios en las condiciones de procesamiento para evaluar su impacto en la calidad del producto final. Es una forma de “jugar” al prueba y error con componentes de nuestra industria que no nos atreveremos a jugar en el mundo real y es ahí donde usamos modelos de la IA para simular los comportamientos. Gracias a la

toma de decisiones en tiempo real sobre la automatización de procesos y control de calidad, puede llegar a simular sistemas relacionados con el aumento de la productividad, la mejora de los flujos de trabajo, diseñar nuevos productos, pruebas de estrés y resistencia, simulación de fallos, mejorar el mantenimiento predictivo de la maquinaria e identificar posibles fallos antes de que ocurran y minimizando el tiempo de inactividad.

4. Implementación de la IA en ORBE S.A

A lo largo de este apartado se abordará, en primer lugar, la historia de Conservas Orbe S.A., para posteriormente centrarse en tres principios fundamentales necesarios para aplicar la inteligencia artificial (IA): captura de datos, procesamiento y acción. Estos tres pasos son esenciales para aprovechar tecnologías como la visión artificial y el aprendizaje automático (Machine Learning), pilares clave en la transformación digital de procesos industriales.

La propuesta de implementación de IA en Orbe S.A. se enfoca específicamente en la línea de producción del mejillón en escabeche, correspondiente a la línea 2 (OL-120). Para comprender la viabilidad de esta integración tecnológica, es necesario analizar el ciclo de vida actual del producto dentro de la fábrica, así como su proceso productivo. El recorrido de la lata comienza en el segundo piso, donde los formatos se almacenan y se deslizan por raíles aprovechando la gravedad hasta llegar a la línea de producción. Una vez allí, el llenado de las latas se realiza manualmente por parte del personal, tras lo cual pasan al proceso de dosificación de salsas y al sellado. Posteriormente, las latas se someten a una inspección manual para detectar defectos visibles antes de ser trasladadas a la lavadora industrial. Completada esta etapa, las latas se apilan en carros metálicos y se introducen en el autoclave, donde son esterilizadas. A continuación, un brazo robótico automatizado se encarga del paletizado, plastificado y organización de los productos en el almacén. Las latas no estuchadas (LB) se almacenan de manera temporal en la fábrica de Pontecaldelas, y posteriormente se trasladan a la planta de Vigo, donde se realiza el estuchado final. Una vez completado este proceso, el producto queda listo para su distribución al cliente final.

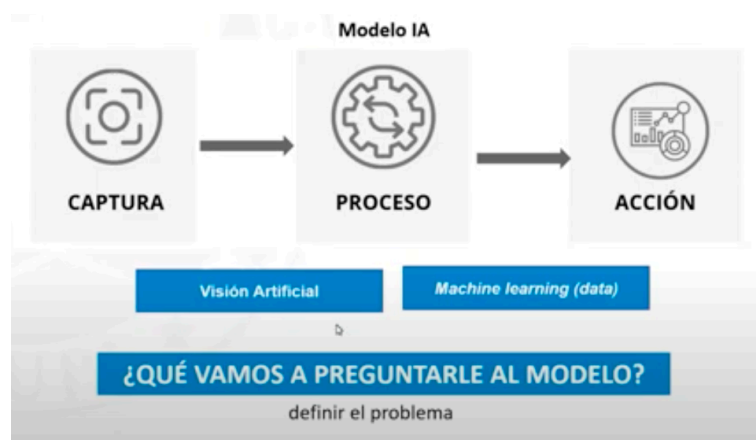


Figura 2. Proceso de funcionamiento de un modelo

4.1 Historia de ORBE S.A

Antes de abordar en profundidad la implantación de la inteligencia artificial en la empresa, resulta fundamental contextualizar el proyecto a través de una breve presentación de la compañía en la que se basa.

La conservera ORBE S.A., es una empresa familiar que durante sus 80 años de historia, ha mantenido un proceso de innovación continuo. En 2016, Juan José Vicente Álvarez, CEO y presidente, decidió trasladar la producción desde la pequeña fábrica de Vigo a una nueva instalación en el polígono "A Reigosa" en Pontevedra, lo que permitió multiplicar la capacidad de producción.

La empresa tiene sus raíces en una fábrica de salazón fundada en 1935 en Vigo por el emprendedor Daniel Vicente. Dos años más tarde, en 1937, se estableció la conservera ORBE en la avenida de Beiramar, cerca del puerto, en pleno casco urbano de Vigo. La empresa continuó desarrollándose hasta su consolidación oficial en 1941. En 1944, Daniel Vicente falleció a los 48 años tras una rápida enfermedad, y en 1953, su hijo, José Ignacio Vicente Orbe, asumió la gerencia de la fábrica, cargo que ocupó hasta 2013. (*Informe Tactio*)

El crecimiento de ORBE en los últimos años se debe a su amplio abanico de productos y, especialmente, a su expansión en los mercados internacionales, su introducción en el mercado español se remonta los últimos 25 años. Como comentaba anteriormente, la construcción de la nueva fábrica de 10.000 metros cuadrados, con tres plantas, con siete líneas de producción y con una inversión de 9 millones de euros, elevará a medio / largo plazo la producción de la firma.

En términos de producción, la conservera gallega produce 250.000 latas de conservas diariamente. En cuanto a la exportación anual de los últimos tres años, el año 2022 lidera con una facturación de 12.512.266,52 €, siendo Estados Unidos el principal destino y los rejos el producto más demandado, con un total de 4.399.230,11 € en ventas. Los productos más vendidos son los rejos, el atún listado y el atún claro. El primero de ellos registra una facturación de 4.399.230,11 €, más del doble que el atún listado.

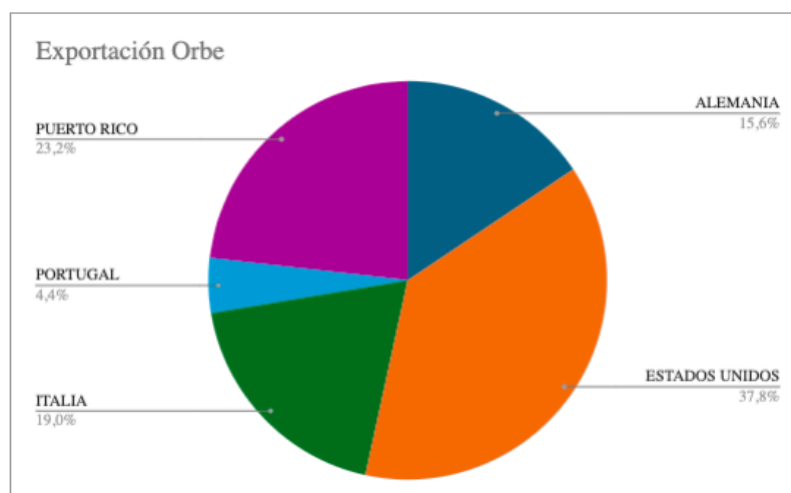


Figura 3. Gráfico Exportación ORBE años 2022 a Julio 2024

A nivel nacional, el principal cliente es Alcampo, con una facturación de 5.931.836,69 € en 2023, seguido de Dia y Ahorramás. También es relevante destacar el ranking de formatos más comercializados, entre los que se encuentran el OL-120, el RO-85 TRIPACK y el RO-120, siendo el OL-120 el formato con mayor volumen de ventas.

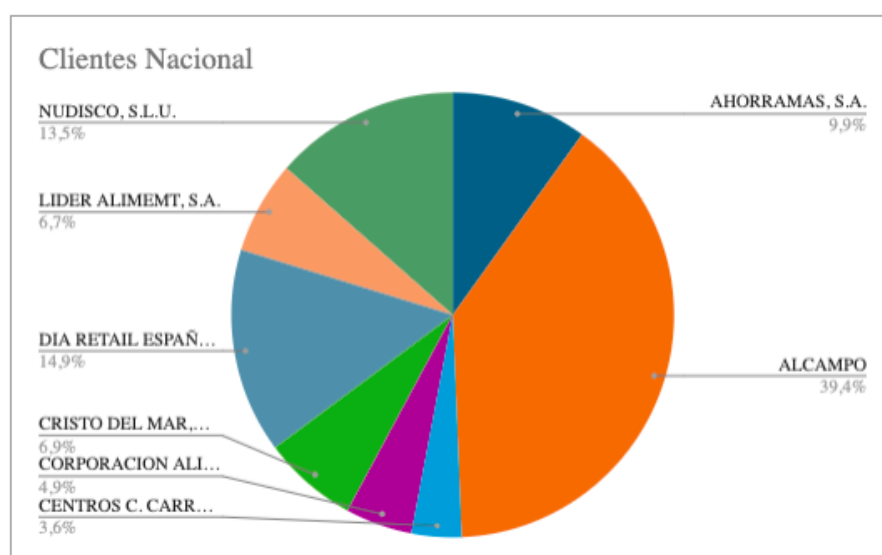


Figura 4. Gráfico Clientes Nacional años 2022 a Julio 2024

A nivel de fabricación, ORBE se caracteriza por su gran flexibilidad con los clientes. Por un lado, destaca su enfoque de “fabricación a medida”, un elemento que la diferencia claramente de otras empresas conserveras. La empresa es capaz de producir según las solicitudes

específicas, ya sea en términos de producto y elaboración, en formatos requeridos como estuches variados, presentaciones comerciales para hostelería, o con modificaciones en las salsas. Actualmente, cuenta con más de 200 referencias agrupadas en tres líneas: la ecológica, el estuchado propio a través de la línea azul, la serie oro y la submarca La Selecta Gourmet.

La línea azul es el propio estuchado con la marca ORBE, la cual prácticamente engloba toda la gama de pescados y conservas. Destacan los cefalópodos, como el pulpo, el calamar y el chipirón, en cuya comercialización ORBE es líder a nivel internacional. Los túnidos, como el atún claro, el bonito del norte y la ventresca, también tienen una notable presencia en las ventas de la empresa, sobre todo al tratarse de productos muy demandados. La subida del precio del aceite debido a la guerra de Ucrania hizo tambalear a parte del sector. Otros productos en la oferta de conservas de ORBE incluyen sardinillas, agujas, caballitas y chicharrillos. En cuanto a mariscos, las conservas de mejillones, navajas, almejas, zamburiñas y berberechos son parte de su catálogo. La oferta de esta línea se completa con conservas de bacalao a la vizcaína, huevas de merluza, surimi, ventresca con Yuzu y próximamente caviar de erizo.

En los últimos años la gama se ha complementado con la creación de una submarca llamada “La Selecta Gourmet” con el objetivo de lograr una diferenciación con productos premium seleccionados a mano. Los productos con los que trabaja esta marca son: bonito, ventresca, navajas, mejillones, pulpo, sardinillas, chipirones y berberechos.

Si hablamos de sostenibilidad, ORBE es una empresa muy comprometida con el medio ambiente. Fue la primera conservera gallega en contar con el sello de Agricultura Ecológica de Galicia, un sello que se basa en una elaboración con aceite de oliva virgen procedente de una agricultura ecológica libre 100% de pesticidas y abonos químicos. En esta gama se comercializa sardinas, sardinillas, chipirones, filetes de caballa y atún blanco. Además de la mencionada anteriormente, también cuenta con el certificado de Pesca Sostenible (MSC), Dolphin Safe y Friend of the Sea y la llamada IFS Food (International Featured Standards), la cual te permite vender en cualquier parte del mundo.

4.2 Implantación de la Inteligencia Artificial en ORBE S.A

Como comentaba anteriormente es importante conocer y desglosar los tres pilares fundamentales para llevar a cabo un proyecto de IA. En un primer paso se encuentra la **captura de datos**, proceso que consiste en reunir la mayor concentración de datos eficientes para poder dar una respuesta óptima. Este paso se puede hacer a partir de imágenes, niveles de humedad, temperatura, vibración, horas de uso, alertas de sistemas, datos coyunturales... En definitiva, podría capturar datos en la propia línea productiva y otros más relacionados con esos datos variables que están relacionadas con el desenlace de los procesos.

En segundo lugar, se encuentra el **proceso**, un paso crucial que determinará la acción posterior. Este apartado se divide en dos aspectos: la visión artificial y la captura de datos. La captura no se limita a imágenes en color (cámara en cinta transportadora); también permite utilizar cámaras termográficas basadas en infrarrojos, calibradas para medir temperatura y humedad, así como información en 3D que permite evaluar la profundidad, detectar desperfectos, verificar el peso de una lata o comprobar su cierre. Finalmente, la cámara hiperespectral nos ofrece datos sobre las características y composición de los materiales.

La **acción** es la consecución de hacer los otros dos pasos anteriores de manera correcta, esta decisión me va a decir si la lata sigue con el proceso o simplemente tiene que ser apartada. Este proceso realizado de forma automática permite adentrarse dentro de esa fábrica inteligente, decidir cómo capturar los datos y cómo los proceso para llegar a ese reconocimiento. En definitiva, es dotar a las máquinas de capacidad para comprender lo que observan.

El enfoque durante el proceso de producción del mejillón se centrará en dos fases del recorrido: primero, justo antes de que la lata sea sellada, y segundo, inmediatamente antes de que entre en la lavadora. Dado que las líneas de producción cambian de producto, es crucial ajustar los parámetros al finalizar la producción del mejillón para prepararla para la siguiente. El tiempo estimado de producción depende del número de latas a producir y la media de latas que se maneja en la cinta es de 150 / 160 latas/min.

Los tres procesos van a seguir el siguiente esquema:



Figura 5. Esquema de la automatización del control de calidad

Primera etapa: Captura de datos en línea.

En la primera etapa del proceso de automatización del control de calidad, vamos a proceder a la **captura de datos** mediante una cámara RGB y otra cámara 3D *laser profiling*. La cámara RGB es un dispositivo de captura de imágenes que utiliza tres canales de color: rojo (*Red*), verde (*Green*) y azul (*Blue*). Cada píxel en una imagen RGB contiene información sobre la intensidad de estos tres colores, lo que permite representar colores precisos y detallados. Esta cámara estaría colocada al principio del recorrido lineal de tal forma que se centra en analizar el nº de piezas que contiene la lata y el llenado de la salsa. Su capacidad para captar imágenes en color, las cuáles ya cuentan con una información previa, las convierte en una herramienta esencial para tareas como la identificación de objetos, clasificación de productos en líneas de producción, y análisis de imágenes. La funcionalidad de esta cámara se produciría de tal forma que su colocación esté a una altura suficiente como para leer la lata y tomar una decisión. Hay un sensor que captura la luz entrante y la divide en los tres componentes de color. Este proceso se puede realizar mediante un filtro de color en el sensor de la cámara o utilizando tres sensores separados para cada color primario. Lo que se busca con este proceso es interpretar el entorno visual de manera similar a como lo haría un ser humano, facilitando procesos de inspección y el control de calidad.

Como se ha comentado anteriormente, para que las imágenes sean claras y se puedan sacar conclusiones es necesario ajustar la resolución y el enfoque de la cámara RGB, logrando que la iluminación sea adecuada para evitar sombras y reflejos que puedan interferir con la captura de imágenes precisas, por lo que la instalación de un foco de luz paralelo a las cámaras es algo a tener en cuenta. Para la correcta detección de piezas es necesario utilizar algoritmos de visión por computadora para contar el número de mejillones en la lata. Aquí entra la utilización de sistemas con el objetivo de entrenar los algoritmos y distinguir entre mejillón y otros elementos como pelo, conchas u otros residuos.

El 3D Láser Profiling es una tecnología que se emplea para crear perfiles tridimensionales de objetos o superficies utilizando láseres. El sistema proyecta un haz de láser sobre el objeto, y un sensor detecta las alteraciones en el haz cuando interactúa con la superficie. Con esta información, se elabora un perfil 3D detallado de la geometría del objeto. Es decir, permite utilizar un láser para escanear el perfil tridimensional de un objeto, en este caso, el contenido de la lata. Genera un mapa 3D que permite analizar la forma, el volumen y el llenado.

En la fábrica, este sistema estaría ubicado junto a la cámara RGB, y proporcionaría mediciones precisas de dimensiones, detección de defectos, control de procesos de fabricación en tiempo real, y especialmente, estimaciones de peso, una tarea que actualmente se realiza manualmente. Es crucial calibrar adecuadamente la cámara para medir con precisión el perfil y el llenado de la lata, y asegurar que el escáner 3D esté bien alineado para obtener mediciones exactas del volumen y la forma. Para verificar el peso, se utilizarían los datos del escáner 3D para confirmar que el llenado de la lata cumple con las especificaciones, permitiendo convertir esos datos en estimaciones de peso que luego se comparan con los estándares de llenado.

Reconocimiento de fichas de manera manual:

https://drive.google.com/file/d/1X0iT26la-KK2PSwf7oLi4IWGEP03uUWb/view?usp=drive_link

Para la planificación y el diseño de esta primera etapa del proyecto las cámaras deben de estar en una buena ubicación, iluminada, limpia y estable con el objetivo de lograr capturar imágenes claras de las latas en movimiento. La instalación encima de la cinta de llenado tiene que tener una altura y un ángulo preciso para una vista completa del contenido de cada lata. Los datos que se van recogiendo deben de estar integrados en el sistema de control de la línea

de producción (panel de la máquina) para que puedan ser procesados en tiempo real. Esto permitirá que cualquier desviación del estándar (como el número incorrecto de piezas o el peso fuera del rango) sea detectada y abordada inmediatamente con su posterior desplazamiento hacia la zona de latas catalogadas como “fichas”.

El análisis y el procesamiento de datos va unido con una buena implantación de algoritmos, para un eficiente análisis de las imágenes y datos obtenidos. Es fundamental que estos algoritmos sean capaces de manejar variaciones en el tamaño y forma de las piezas y compensar cualquier variabilidad en el llenado.

Cabe destacar la implantación de un sistema de alertas para notificar a los operadores sobre cualquier anomalía detectada, así como tener mecanismos para ajustar automáticamente el proceso de llenado en caso de que se detecten problemas.

A raíz de esta nueva implantación en fábrica, es fundamental lograr una capacitación del personal acorde a esta nueva tecnología, un personal que incluye tanto a trabajadoras de la línea de producción como a operadores y técnicos. Estos últimos serían los encargados del uso y mantenimiento de las cámaras y del sistema de control. Actualmente los técnicos en fábrica no están familiarizados con estos nuevos avances tecnológicos, por lo que necesitan un periodo de aprendizaje, así como dar la opción de desarrollar cursos relacionados con la materia para poder ajustar, tener precisión en sus acciones y dar solución a los problemas que vayan surgiendo.

Segunda etapa: Proceso.

En la industria 4.0 se aplican dos modelos de IA, la visión artificial y los modelos basados en datos, que a su vez en una continuación del paso anterior. La visión artificial me permite automatizar procesos y está muy centrada en el control de calidad, que a día de hoy, se hace de manera manual. Este proceso nos permite objetivar el control de calidad, estandarizar criterios, hacerlos replicables, y auditarlos de manera efectiva. Dado que capturamos imágenes con la cámara RGB y la cámara 3D Láser Profiling, si algo se pasa por alto, podemos revisar la imagen nuevamente y detectar lo que el modelo no identificó en un principio, ya que la imagen está disponible. En resumen, esto mejora significativamente los procesos.

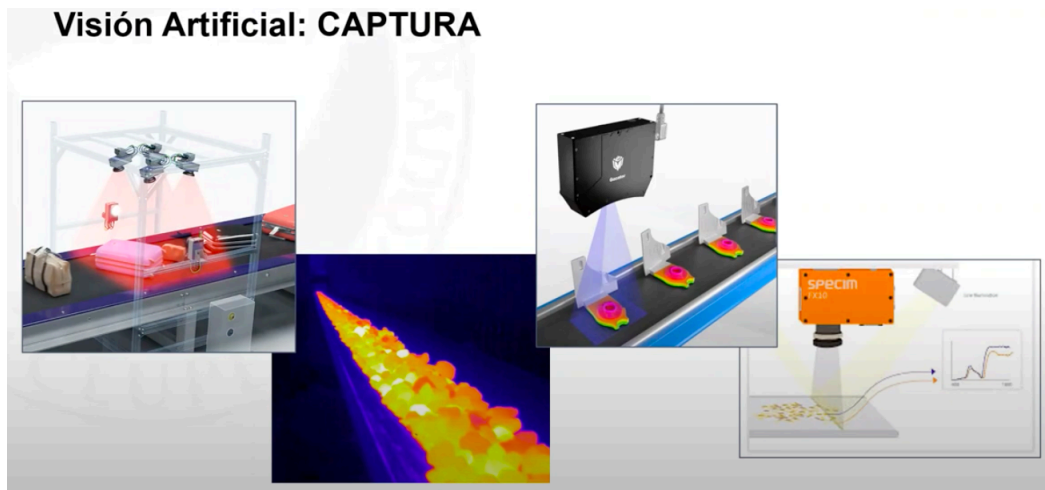


Figura 6. Ejemplo del funcionamiento de una cámara de Visión artificial

Con una cámara RGB, es posible aplicar visión artificial para analizar las imágenes capturadas y contar las piezas, determinando si el número de mejillones en cada lata es correcto. También se puede verificar la calidad visual del producto para detectar posibles defectos, como piezas rotas o mal posicionadas, restos de conchas y problemas en el llenado. Por último, la visión artificial permite diferenciar componentes, facilitando la separación entre los mejillones y otros elementos.

Con el perfilador láser de la cámara 3D láser profiling pueden realizarse análisis avanzados, como la medición de volumen, evaluando si la cantidad de producto y salsa en la lata cumple con las especificaciones establecidas; la detección de anomalías identificando irregularidades en la superficie del contenido, como áreas donde el llenado no es uniforme y por último, y quizás lo más importante para fábrica, la verificación del peso, ya que aunque el perfilador láser no mide el peso directamente, el volumen detectado puede correlacionarse con el peso estimado para verificar la consistencia del llenado.

Para finalizar, podemos decir que la visión artificial abarca todas estas tecnologías, permitiendo que las cámaras y sensores (como el RGB y el *3D láser profiling*) se utilicen para "ver" y "comprender" lo que está ocurriendo en la línea de producción. Los algoritmos de visión artificial procesan la información capturada por estos dispositivos para tomar decisiones automáticas, como activar alertas o ajustar el proceso de llenado, asegurando que el producto final cumpla con los estándares de calidad.

Durante la segunda etapa de la automatización del control de calidad cabe destacar las funciones de segmentación, detección y análisis dimensional. La segmentación permite aislar o hacer una criba de los elementos que necesito evaluar (los mejillones y la salsa) del resto del contenido de la lata (pueden ser trozos de pelo, conchas u otro alimento que acompañe a la salsa). En la fase de detección se identifican y cuantifican los mejillones, además de evaluarse la uniformidad del llenado. Por último, el análisis dimensional asegura que tanto el producto como la salsa estén presentes en la cantidad adecuada, ocupen el volumen correcto y cumplan con las especificaciones de peso y tamaño establecidas.

a) Segmentación de la imagen en diferentes regiones.

La segmentación se refiere al proceso de dividir una imagen en distintas partes o regiones, con el propósito de aislar los objetos de interés del fondo u otros elementos. En el caso de utilizar la cámara RGB, esta se emplea para identificar y separar los mejillones de la salsa de escabeche y del fondo de la lata. Al segmentar la imagen, el sistema puede centrarse específicamente en las piezas, descartando otros componentes, lo que facilita una detección precisa del número de piezas. Por otro lado, al segmentar con la cámara *3D Láser Profiling*, la segmentación permite identificar la superficie del contenido dentro de la lata, diferenciando entre las áreas llenas y las vacías, lo que posibilita una medición precisa del volumen.

b) Detección de objetos específicos dentro de una imagen / perfil 3D.

En este punto lo que buscamos es identificar y reconocer objetos o características específicas dentro de una imagen o un perfil 3D, como la presencia de mejillones o la cantidad de material en la lata. Si usamos una cámara RGB, esta sería capaz de detectar el número de piezas usando algoritmos de visión artificial, y así, asegurarse que el número de piezas sea el correcto antes de sellar la lata. También puede detectar defectos en las mismas, como roturas o deformaciones. Con la cámara *3D Láser Profiling*, la detección se enfoca en identificar irregularidades en el llenado de la lata, como áreas donde el volumen es insuficiente o excesivo. Esto es crucial para mantener la consistencia en el peso y la calidad del producto final.

c) Análisis dimensional

Para el análisis dimensional, lo ideal es usar la cámara de perfilado láser 3D, ya que es un componente clave para este propósito. Esta cámara mide el volumen y la altura del contenido en cada lata, asegurando que esté correctamente llenada y cumpla con las especificaciones de peso. También verifica la forma del contenido para evitar deformaciones. Mientras que la cámara RGB, aunque es más limitada para el análisis dimensional directo, puede ayudar en la evaluación de la forma y el tamaño, garantizando las proporciones visuales correctas.

Tercera etapa: Acción:

En esta etapa final, se aplica todo el proceso previo para determinar si una lata es válida o defectuosa, basándose en la IA. Este ciclo culmina con la decisión de si la lata continúa en el proceso de producción o si debe ser retirada para revisión. La clave está en cómo se capturan los datos y cómo se procesan para llegar a esta decisión final.

Para llevar a cabo la acción de verificar el número de piezas y el llenado de las latas utilizando una cámara RGB y una cámara 3D “Láser Profiling”, es fundamental integrar técnicas de “Machine Learning (ML)” para automatizar y optimizar el proceso. Actualmente en el mercado existen programas como “*Logistic Regression*”, “*Linear Regression*” o “*Random Forest*”. Esta última fase se centrará en el desarrollo de modelos de aprendizaje automático que clasifican, o también llamados, ML para analizar los datos recogidos por las cámaras y tomar decisiones en tiempo real para mantener el control de calidad.

Durante el desarrollo de esta última fase, es importante catalogar cada pequeño proceso para poder llegar a esa respuesta final aplicando la IA a través del “*Machine Learning*”. El guión a seguir consta de seis pequeños pasos que iré desgranando a continuación:

Al principio hay que aplicar una buena **recolección de datos** iniciales como imágenes y perfiles 3D. Estos datos deben incluir ejemplos de latas correctamente llenas y selladas, así como ejemplos de latas con problemas (por ejemplo, con un número incorrecto de piezas o un llenado insuficiente). Es determinante que cada conjunto de datos sea etiquetado de manera adecuada para que los algoritmos de ML puedan aprender a diferenciar entre latas aceptables y defectuosas. Esto incluye etiquetas como “*correcto*”, “*faltan piezas*”, “*exceso de salsa*”, “*peso insuficiente*”, “*ficha*”, “*abolladura*”...

En segundo lugar y ya en el grueso de esta etapa, es vital el desarrollo del Modelo de “Machine Learning”, que lo dividimos en tres fases:

- Selección del Algoritmo de ML: Para la cámara RGB, es importante considerar el uso de redes neuronales convolucionales (CNN), que son altamente efectivas para la detección y clasificación de objetos en imágenes. Las CNN pueden ser entrenadas para contar los mejillones y detectar defectos visuales como piezas rotas o mal posicionadas. Si hablamos de la cámara *3D Láser Profiling*, un enfoque adecuado puede incluir el uso de algoritmos de regresión y análisis de volumen para determinar el llenado y el peso estimado de las latas.
- El modelo debe de ser entrenado y se debe utilizar un conjunto de datos etiquetados para entrenar los patrones de ML. Durante el entrenamiento, los modelos aprenderán a identificar patrones y correlaciones entre las características de las imágenes, los perfiles 3D y las etiquetas de calidad asociadas.
- Para validar y evaluar el modelo hay que separar toda la información obtenida en datos de entrenamiento y datos de prueba. Es necesario evaluar el modelo utilizando métricas como precisión, *recall*, *F1-score* y la tasa de error para asegurar que el modelo funcione correctamente en la identificación de latas defectuosas.

Cuando el modelo esté entrenado y validado, se puede implementar en la línea de producción. Hay que integrar el modelo en el software de control que recibe las imágenes y perfiles de las cámaras. Para minimizar la latencia y lograr una mejor cobertura, es conveniente el uso de un sistema de procesamiento “*edge computing*”, donde el análisis de los datos capturados por las cámaras se realiza localmente en la fábrica, en lugar de depender de servidores remotos. Esto permite una detección y respuesta en tiempo real.

En el caso de que se detecte una lata defectuosa (por ejemplo, con un número incorrecto de piezas, mucho pelo, restos de conchas o llenado insuficiente), hay que ejecutar una buena configuración de acciones correctivas automáticas. Esto puede incluir la eliminación de la lata de la línea, un ajuste automático en el proceso de llenado, o la activación de una alerta para el operador. Para que el modelo sea eficaz también es conveniente implementar un sistema de bucle de retroalimentación (*Feedback Loop*) donde los datos de las decisiones correctas e incorrectas se almacenan y utilizan para entrenar y mejorar continuamente el modelo de ML. Esto asegura que el sistema sea cada vez más preciso con el tiempo.

Como conclusión, para garantizar un sistema de aprendizaje automático (ML) eficiente, debemos monitorear su desempeño en tiempo real y asegurar que identifique correctamente las latas defectuosas. Es importante reajustar el modelo regularmente con nuevos datos para adaptarse a cambios en la producción. Además, es esencial analizar los resultados del ML y ajustar los algoritmos para optimizar su precisión. Antes de una implementación completa, es necesario impartir simulaciones en un entorno controlado y capacitar al personal de la planta para operar el sistema y gestionar cualquier intervención necesaria.

5. Análisis comparado relativo al uso de la IA en el proceso de producción de ORBE.

Para desarrollar este apartado, la investigación se centrará en comparar el proceso de producción actual de la fábrica con una propuesta de mejora basada en la aplicación de inteligencia artificial (IA), siguiendo los pasos previamente expuestos.

El análisis consta de dos partes diferenciadas. La primera se enfocará en los datos proporcionados por la empresa y en el rendimiento actual de la línea de producción de mejillón. La segunda parte abordará la posible implementación de la IA en dicha línea, para lo cual se han diseñado tres escenarios. Dichos escenarios se han elaborado a través de la evaluación de las mejoras que se producirían en las pérdidas de materia prima a través de la implantación de la IA.

El objetivo es evaluar los flujos de producción actuales y, a partir de esta valoración, estimar en qué medida podrían incrementarse con la incorporación de la IA. Dicho incremento será contrastado con la inversión necesaria, con el fin de comprobar si la implantación resulta eficiente y rentable para la planta.

Antes de proceder con el análisis, es importante señalar una serie de datos comunes a ambos estudios. El horizonte temporal del análisis es a largo plazo, concretamente de cinco años. Tal como se menciona a lo largo del presente Trabajo de Fin de Grado, el producto considerado es el mejillón de tamaño mediano, tanto procedente de las rías gallegas (*Mytilus galloprovincialis*) como de Chile (*Mytilus chilensis*), en una línea de producción operativa durante un año, con una jornada de 8 horas diarias, 4 días a la semana.

Tras las consultas con el jefe de fábrica, J.M.C., y analizar diferentes presupuestos facilitados por empresas como “E2M Couth” y “Bitmakers”, se concluye que la inversión necesaria asciende a 98.508,68 €. Dicho presupuesto incluye la incorporación de “*Visiocanend 6c plus*” cámara de visión artificial, “*PC peltier*” adaptado a una temperatura ambiente de hasta 35°, “*Impacto latas 50mm*” impacto para latas sin protecciones exteriores, “*Encoder 200*” y el resto sería el embalaje, la puesta en marcha y desplazamiento, así como la monitorización y seguimiento de la formación en plantilla.

Tabla 5.1 Datos generales de ORBE y rendimiento actual

Concepto	2020	2021	2022	2023	2024	Promedio
Unidades	6.121.509 uds	4.754.016 uds	6.937.313 uds	3.678.071 uds	8.940.479 uds	6.086.277 uds
Materia prima kgs	581.543 kgs	456.386 kgs	659.044 kgs	353.095 kgs	876.167 kgs	585.247 kgs
Importe pescado €	2.068.245,00 €	1.713.068,00 €	3.287.268,00 €	1.406.499,00 €	3.090.907,00 €	
Facturación	4.064.456,00 €	3.402.860,00 €	6.390.886,00 €	3.450.123,00 €	7.709.613,00 €	5.003.587,60 €
Coste	3.827.516,00 €	3.149.760,00 €	6.370.430,00 €	3.149.292,00 €	6.949.743,00 €	4.689.348,20 €
Rentabilidad	- 23.118,00 €	40.320,00 €	- 340.567,00 €	- 20.809,00 €	759.869,00 €	
Gastos Estructura	336.683,00 €	270.979,00 €	423.176,00 €	625.272,00 €	1.005.477,00 €	532.317,40 €
Réplica de la línea Rentabilidad	236.940,00 €	253.100,00 €	20.456,00 €	300.831,00 €	759.870,00 €	
Media uds	6.086.277 uds					

Fuente: Elaboración a partir de los datos suministrados por ORBE S.A

A partir de los datos proporcionados por H.G., se estructura el análisis que se presenta a continuación. La tabla 5.1 abarca un periodo de cinco años, desde 2020 hasta 2024. Se observa que la rentabilidad varía significativamente según el año. Por ejemplo, en 2020, esta resulta negativa, principalmente debido a los efectos derivados de la guerra en Ucrania y a la inestabilidad general del sector. Esta situación de inestabilidad se mantiene durante los años 2022 y 2023, periodos en los que la campaña del mejillón —especialmente en Galicia— se vio gravemente afectada por factores como las fuertes lluvias, los temporales, el desove y el aumento de la temperatura del agua, lo cual favoreció la proliferación de bacterias.

Para el desarrollo del resto del análisis, se emplea la columna correspondiente al “Promedio”, centrándose especialmente en el promedio de unidades y en el de materia prima (expresado en kilogramos).

Para calcular la media del margen bruto unitario, se procedió al cálculo del margen bruto correspondiente a cada año a partir de los datos disponibles.

Tabla 5.2 Obtención del margen bruto unitario

Años	2020	2021	2022	2023	2024
Margen bruto unitario (€)	0,407 €/ud	0,555 €/ud	0,031 €/ud	0,852 €/ud	0,867 €/ud
Media margen bruto unitario(€)	0,542 €/ud				

Como puede comprobarse en la tabla 5.2, en el año 2020, el margen bruto unitario se sitúa en 0,407 €/ud. Esta cifra se obtiene a partir de la diferencia entre la facturación y el coste total, dividida posteriormente entre la cantidad de materia prima en kilogramos. Esta misma operación se ha aplicado para el cálculo correspondiente a los años restantes. La media del margen bruto unitario se ha calculado sumando los valores obtenidos en cada uno de los cinco años analizados y dividiendo el resultado entre cinco. Como resultado, se obtiene un margen bruto unitario medio de 0,542 €/ud.

5.1 Valoración sin el uso de la I.A

En este apartado se presenta la situación actual de producción de ORBE S.A en la línea del mejillón mediano sin la aplicación de la I.A.

Tabla 5.3 Análisis financiero sin incorporación de la I.A

Tiempo (Años)	0	1	2	3	4	5	
Uds (x margen) actual		3.286.590 ud	3.352.322 ud	3.419.368 ud	3.487.755 ud	3.557.511 ud	Línea normal
Margen bruto de explotación (Margen x ud producto)		0,540 €/ud	0,551 €/ud	0,562 €/ud	0,573 €/ud	0,585 €/ud	Inflación 2%
Gastos Fijos		76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	
B° Antes de intereses e impuestos		1.698.713 €	1.770.413 €	1.845.010 €	1.922.621 €	2.003.367 €	
Impuestos		20%	20%	20%	20%	20%	
Free Cash Flow		1.358.971 €	1.416.331 €	1.476.008 €	1.538.097 €	1.602.694 €	
Media Uds:	6.086.278 uds						
Gasto Fijo por línea:	76.045 €						

Fuente: Elaboración propia.

El primer indicador a explicar es el **margen bruto de explotación**, ya que a partir de este porcentaje se calcularán el resto de las variables reflejadas en la tabla. El **valor medio del margen bruto de explotación** (0,54€/ud), obtenido en el análisis anterior, se aplicará a lo largo de un horizonte temporal de cinco años, considerando un escenario conservador con una tasa de inflación del 2 %, que está en línea con las previsiones que manejan organismos internacionales para el horizonte temporal considerado. Los **gastos fijos** se determinan dividiendo el promedio total de estos (532.317,40 €)³ entre el número de líneas dentro de la fábrica (*actualmente son 7*). Con estos datos es posible calcular tanto el beneficio antes de intereses e impuestos (BAII) como el flujo de caja libre (Free Cash Flow). El **BAII** se obtiene multiplicando el margen bruto de explotación por las unidades producidas, y posteriormente restando los gastos fijos. La media de unidades corresponde al promedio de las unidades que aparecen en la tabla *Tabla 5.1 Datos generales de ORBE y rendimiento actual* (6.086.277 uds)

En segundo lugar, el **Free Cash Flow** representa el efectivo disponible para la empresa tras cubrir los gastos fijos y descontar el 20 % correspondiente a impuestos. Además, servirá de apoyo en los análisis siguientes para realizar el análisis incremental. A lo largo de todo el análisis, se asume un **tipo impositivo** constante del 20 % el cuál fue facilitado por el departamento de contabilidad de ORBE S.A.

5.2 Valoración con el uso de la I.A

La siguiente tabla tiene un carácter orientativo y muestra los cálculos que se utilizarán en los escenarios posteriores. Se presentan tres escenarios diferentes: óptimo, intermedio y pesimista. En cada uno de ellos se detallan los kilogramos de materia prima que se prevé ahorrar, así como el margen bruto estimado en cada caso y, por último, el valor actual neto de cada escenario.

³ Esta cifra sale de la tabla Tabla 5.1 Datos generales de ORBE y rendimiento actual en la columna de Promedio de los gastos de estructura.

En el primero de los escenarios, se plantea una reducción de desperdicios diarios desde 140 kg hasta 20 kg mediante un uso optimizado de la inteligencia artificial. Los cálculos realizados reflejan un margen bruto de 0,57 €/unidad. En el escenario intermedio, la reducción se sitúa entre 140 kg y 50 kg diarios, lo que implica un margen bruto aproximadamente un 1 % inferior al del escenario óptimo. Por último, en el escenario pesimista, la disminución del desperdicio es menor, pasando de 140 kg a 100 kg diarios. En este caso, el margen bruto se sitúa en 0,55 €/unidad.

Tabla 5.4. Contexto análisis escenarios con IA

Los diferentes escenarios con IA			
	Óptimo	Intermedio	Pesimista
Kgs reducción IA	De 140 kg a 20kg	De 140 kg a 50 kg	De 140 kg a 100 Kg
Margen Bruto	0,57 €/ud	0,56 €/ud	0,55 €/ud

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.5 Situación óptima con I.A

Tiempo (Años) - Situación Óptima	0	1	2	3	4	5	
Uds (x margen) con crecimiento de la IA		3.460.182 ud	3.529.386 ud	3.599.974 ud	3.671.973 ud	3.745.413 ud	Línea mejorada
Margen bruto de explotación (Margen x ud producto)		0,57 €/ud	0,580 /ud	0,591 €/ud	0,603 €/ud	0,615 €/ud	Inflación 2%
Gastos Fijos		76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	
Depreciación de la IA		19.702 €	19.702 €	19.702 €	19.702 €	19.702 €	
Desembolso total	98.509 €						
B° Antes de intereses e impuestos		1.871.442 €	1.950.917 €	2.033.602 €	2.119.628 €	2.209.129 €	
Impuestos (20%)		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Free Cash Flow		1.516.856 €	1.580.435 €	1.646.583 €	1.715.404 €	1.787.005 €	
Incremento Free Cash Flow de datos iniciales (Flujo de la IA)		153.945 €	160.164 €	166.635 €	173.367 €	180.371 €	
VAN	563.815 €						
VA DE LOS FCF		142.541 €	137.315 €	132.280 €	127.430 €	122.757 €	563.815 €
Tasa Interés	0,08						

Fuente: Elaboración propia.

Desperdicio de 20kgs
Producto sin IA: 140 kgs al día de desperdicio 12 meses a 4/días semana Total: 192 días en 1 año x (140kg - 20kg) = 23.040 kg Precio 7€/kg : 23.040 kg x 7€/kg = 161.280€ que se deja de ganar.
Promedio Materia Prima: Total Promedio / 5 años = 585.247 kgs Total pérdidas: 161.280€ Cálculo porcentaje: 23.040 / 585.247 = 3,93%
Aplicando IA - Situación Ideal: Se reduce de 140kgs/día a 20 kgs/día 192 días x 20kgs/día = 3.840kg El ahorro sería (23.040 - 3.840) = 19.200 kg que componen el flujo.

Figura 5.5 Desperdicio en el escenario óptimo. Fuente: Elaboración propia

Antes de comenzar con la explicación de la tabla de datos, es fundamental señalar una serie de elementos comunes que se mantendrán en las distintas situaciones analizadas. En primer lugar, se considera que en la actualidad se desperdician aproximadamente 140 kg diarios de mejillón. Este desperdicio puede deberse a diversos factores: materia prima que queda retenida entre las máquinas, latas que se rompen durante el proceso de sellado —provocando el descarte del contenido por riesgo de contaminación con fragmentos— o producto que cae al suelo durante la manipulación. Además, la cifra del desembolso de la inversión es de 98.508,68 €, con una amortización anual de casi 20.000€

En esta primera situación, correspondiente al escenario óptimo, se plantea una mejora significativa gracias a la implementación de inteligencia artificial en la línea de producción, reduciendo el desperdicio diario de 140 kg a tan solo 20 kg.

Por otro lado, se establece un precio constante de mercado para el mejillón mediano de 7€/kg, valor que se mantendrá invariable en todas las operaciones del análisis. Esta información puede verse reflejada en los cálculos que encontramos en la figura 5.6.

Una vez establecidos los datos previos, se procede al cálculo de las variables financieras correspondiente al escenario óptimo, en el que se contempla una reducción del desperdicio diario de materia prima a 20 kg.

Este análisis permite extraer conclusiones de gran relevancia. En primer lugar, se observa un incremento del 3 % en el margen bruto de explotación respecto a la situación inicial. El procedimiento de cálculo sigue los mismos pasos que en el escenario base, con la única diferencia de que, en el dato de materia prima (expresado en kilogramos), se ha descontado el desperdicio anual estimado en 23.040 kg.

Así, el cálculo se realiza del siguiente modo: al dato de “materia prima kg” de la *Tabla 5.1 - Datos generales de ORBE y rendimiento actual*, se le restan los 23.040 kg, obteniendo un total de 558.503,00 kg para el año 2020. Para calcular el margen bruto unitario de ese mismo año, se toma la diferencia entre la facturación y el coste, dividiéndose posteriormente entre los kilogramos de materia prima utilizados. El resultado es un margen bruto unitario de 0,424 €/unidad en 2020. Esta operación se repite para los años siguientes, obteniendo un promedio final de 0,57 €/unidad.

Las unidades por margen con la incorporación de la inteligencia artificial se calculan del siguiente modo: para el primer año, se multiplica el margen bruto de explotación (0,57 €/unidad) por el promedio de unidades (6.086.277,60), obtenido a partir de la *Tabla 5.1 - Datos generales de ORBE y rendimiento actual*. Para el resto de escenarios el cálculo es el mismo.

Los gastos fijos, la depreciación asociada a la inversión en IA y los impuestos se mantienen constantes a lo largo del periodo de análisis. Tanto el cálculo del beneficio antes de intereses e impuestos (BAII) como el del flujo de caja libre (Free Cash Flow) se realiza de la misma forma que en el caso anterior. La única variación está en los valores numéricos, que aumentan como consecuencia directa del incremento en el margen bruto de explotación.

La tabla incluye, además, una fila específica que recoge el incremento del Free Cash Flow, calculado como la diferencia entre la cifra correspondiente al escenario óptimo y la registrada en la *Tabla 5.3 - Análisis financiero sin incorporación de la IA*. Esta variación resulta fundamental para la posterior estimación del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto. Para calcular el VAN, se utiliza la tasa de descuento del 8 % facilitada por la empresa, una tasa de descuento que representa un nivel de riesgo moderado y que se mantendrá constante en los distintos escenarios analizados. El VAN se obtiene descontando al desembolso inicial la tasa de interés aplicada al incremento del Free Cash Flow a lo largo del periodo. Bajo este

escenario óptimo, el VAN es altamente positivo, alcanzando un valor de 563.815 €, lo que indica una rentabilidad notable del proyecto.

Tabla 5.7 Situación intermedia con I.A

Tiempo (Años) - Situación Intermedia	0	1	2	3	4	5	
Uds (x margen) con crecimiento de la IA		3.418.932 ud	3.487.311 ud	3.557.057 ud	3.628.198 ud	3.700.762 ud	Línea mejorada
Margen bruto de explotación (Margen x ud producto)		0,56 €/ud	0,57 €/ud	0,58 €/ud	0,60 €/ud	0,61 €/ud	Inflación 2%
Gastos Fijos		76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	
Depreciación de la IA		19.702 €	19.702 €	19.702 €	19.702 €	19.702 €	
Desembolso Total	98.509 €						
B° Antes de intereses e impuestos		1.824.819 €	1.902.410 €	1.983.135 €	2.067.122 €	2.154.502 €	
Impuestos		20%	20%	20%	20%	20%	
Free Cash Flow		1.479.557 €	1.541.630 €	1.606.210 €	1.673.400 €	1.743.303 €	
Incremento Free Cash Flow de datos iniciales (Flujo de la IA)		116.646 €	121.359 €	126.261 €	131.362 €	136.669 €	
VAN	403.343 €						
VA DE LOS FCF		108.006 €	104.045 €	100.230 €	96.555 €	93.015 €	403.343 €
Tasa Interés	0,08						

Fuente: Elaboración propia.

En esta segunda situación, correspondiente al escenario intermedio, se contempla una reducción del desperdicio diario de mejillón de 140 kg a 50 kg, lo que supone una mejora de 90 kg diarios, pero 30 kg menos que en el escenario óptimo. Los cálculos se han realizado siguiendo la misma metodología empleada anteriormente, sustituyendo únicamente el valor de 20 kg por el de 50 kg en la variable de desperdicio de materia prima.

El primer indicador a considerar es la disminución del margen bruto de explotación, lo cual repercute directamente en la reducción del número de unidades por margen generado, incluso

con la aplicación de la IA. Los gastos fijos, la tasa de interés, la depreciación de la inversión en IA y los impuestos se mantienen constantes en este escenario.

La tabla incluye, además, una fila específica que recoge el incremento del Free Cash Flow, calculado como la diferencia entre la cifra correspondiente al escenario intermedio y la registrada en la *Tabla 5.3 - Análisis financiero sin incorporación de la IA*. Se puede apreciar una reducción del Valor Actual Neto (VAN) en comparación con la situación óptima.

Tabla 5.8 Situación pesimista con I.A

Tiempo (Años) - Situación Pesimista	0	1	2	3	4	5	
Uds (x margen) con crecimiento de la IA		3.352.588 ud	3.419.640 ud	3.488.033 ud	3.557.793 ud	3.628.949 ud	Línea mejorada
Margen bruto de explotación (Margen x ud producto)		0,55 €/ud	0,562 €/ud	0,573 €/ud	0,585 €/ud	0,596 €/ud	Inflación 2%
Gastos Fijos		76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	76.045 €	
Depreciación de la IA		19.702 €	19.702 €	19.702 €	19.702 €	19.702 €	
Desembolso Total	98.509 €						
B° Antes de intereses e impuestos		1.751.005 €	1.825.614 €	1.903.237 €	1.983.996 €	2.068.018 €	
Impuestos		20%	20%	20%	20%	20%	
Free Cash Flow		1.420.506 €	1.480.193 €	1.542.291 €	1.606.899 €	1.674.116 €	
Incremento Free Cash Flow de datos iniciales (Flujo de la IA)		57.595 €	59.922 €	62.343 €	64.861 €	67.482 €	
VAN	149.285 €						
VA DE LOS FCF		53.329 €	51.373 €	49.490 €	47.675 €	45.927 €	149.285 €
Tasa Interés	0,08						

Fuente: Elaboración propia.

En este último escenario, correspondiente a la situación pesimista, se observa una tendencia descendente en los indicadores clave en comparación con los escenarios previos. En este caso, la reducción del desperdicio diario de mejillón es más limitada, pasando de 140 kg a 100 kg, lo que supone una mejora de tan solo 40 kg diarios.

Tanto el margen bruto de explotación como las unidades por margen bruto presentan valores inferiores a los registrados en los escenarios óptimo e intermedio. No obstante, los gastos fijos, la tasa de interés, la depreciación de la inversión en inteligencia artificial y la carga impositiva se mantienen constantes a lo largo del análisis.

Como resultado, se constata una disminución tanto en los beneficios antes de impuestos como en el flujo de caja libre (*Free Cash Flow*), lo que conlleva una reducción significativa del Valor Actual Neto (VAN). Este pasa de los 563.815 € registrados en el escenario óptimo a 149.285 € en el escenario pesimista.

Datos resumen de la investigación			
	Escenario Óptimo	Escenario Intermedio	Escenario Pesimista
VAN	579.547 €	419.075 €	165.018 €

Figura 5.9 Fuente: Elaboración propia

6. Principales conclusiones sobre la investigación.

El presente Trabajo de Fin de Grado, centrado en la aplicación de la IA en el proceso productivo del sector conservero, ha abordado exhaustivamente diversos aspectos clave relacionados con esta industria. A lo largo del estudio, se ha examinado la evolución histórica del sector conservero gallego, con un énfasis particular en la empresa ORBE S.A., además de presentar un panorama del estado actual de la IA. Este último tema ha sido el eje principal del proyecto, combinando la revisión de la literatura académica sobre los procesos de implementación de esta tecnología emergente con trabajo de campo realizado en la fábrica. Asimismo, se han analizado las etapas, métodos y factores que influyen en su puesta en práctica.

A través de un análisis detallado de los tres procesos vinculados con la automatización del control de calidad (captura, procesamiento y acción), se ha logrado obtener una visión integral del funcionamiento actual de la fábrica y, especialmente, de las perspectivas futuras al implementar IA. Sin embargo, se han identificado ciertos desafíos y obstáculos a superar, tales como la considerable inversión inicial, la falta de información adecuada y las barreras laborales. A pesar de ello, se destaca la viabilidad de adaptar esta tecnología a la línea de producción, teniendo en cuenta tanto la ubicación en el proceso productivo como la disponibilidad de operarios y técnicos para su integración futura. Además, se ha considerado la posibilidad de financiar el proyecto mediante subvenciones públicas.

La implementación de esta nueva tecnología no es sencilla y requerirá tiempo, pero los beneficios potenciales para la empresa son significativos. Sin embargo, también implica desafíos importantes, como la gestión de recursos humanos, la coordinación con el departamento técnico y el soporte continuo a los algoritmos de aprendizaje automático (Machine Learning). Con el uso del aprendizaje automático, se implanta un sistema inteligente que no solo detecta y corrige errores en tiempo real, sino que también aprende y mejora de manera continua. Esto optimiza la eficiencia de la producción, minimiza el desperdicio y garantiza que cada lata cumpla con los estándares de calidad establecidos, aspectos esenciales para la sostenibilidad y el éxito a largo plazo del proyecto.

A lo largo de la investigación y tras el análisis de los distintos escenarios planteados, se concluye que una inversión cercana a los 100.000 € resulta rentable para la empresa a medio

y largo plazo. El estudio parte de una situación inicial con un nivel de desperdicio de materia prima de 140 kg diarios. Con la implementación de un sistema basado en inteligencia artificial, y bajo un escenario optimista, este desperdicio podría reducirse a tan solo 20 kg diarios, lo que se traduce en un Valor Actual Neto (VAN) altamente positivo de 579.547 €.

Incluso en escenarios menos favorables, los resultados siguen siendo económicamente viables. En un escenario intermedio, con una reducción de desperdicios de 140 kg a 50 kg diarios, el VAN se mantiene en una cifra positiva de 419.075 €. Por último, en el escenario pesimista —con una disminución más modesta del desperdicio a 100 kg diarios— el proyecto sigue generando valor, con un VAN estimado de 165.018 €.

También se han explorado diversas oportunidades como la obtención de una ventaja competitiva y la optimización de procesos para alcanzar una eficiencia cercana al 100% mediante la IA. Estas oportunidades ofrecen un considerable potencial para el crecimiento y la expansión de la empresa, siempre que se adopten estrategias adecuadas bajo el respaldo de Anfaco y se realicen esfuerzos continuos en promoción y desarrollo.

Es crucial tener en cuenta que el sector conservero enfrenta una serie de amenazas, como la falta de relevo generacional, la descarbonización de la flota, la contaminación, los acuerdos de exportación de la Unión Europea con países estratégicos (como Ecuador y Tailandia), el Plan Poem⁴, y la insuficiente inversión en I+D+i. En este contexto, la inversión en IA se presenta como una oportunidad para contrarrestar estas amenazas y fortalecer el sector, haciéndolo más resiliente y eficiente. La implementación de IA podría agilizar los procesos empresariales (según AWS, hasta en un 79%), reducir costes (en un 79% de las empresas) y mejorar la eficiencia (en un 88%), con el objetivo final de incrementar los ingresos (*El País - "La industria española abraza a la IA"*).

⁴ Plan Poem: El proyecto contempla la instalación del 43 % de la energía eólica marina de todo el país en el litoral gallego. Esto supondría la ocupación de aproximadamente 2.200 kilómetros cuadrados de costa, cedidos a grandes compañías eléctricas para la construcción de polígonos industriales. Cabe destacar que muchas de estas zonas coinciden con los principales caladeros del territorio español, lo que genera una fuerte preocupación en el sector pesquero y en las comunidades costeras.

No obstante, los resultados financieros obtenidos a lo largo del presente TFG, evidencian que, más allá del nivel de eficiencia alcanzado, la inversión en inteligencia artificial no solo mejora el rendimiento operativo, sino que también aporta un retorno económico significativo. Además, refuerza la sostenibilidad del proceso productivo al reducir el desperdicio de materia prima, optimiza la toma de decisiones a través del análisis de datos en tiempo real y permite adaptarse con mayor agilidad a las exigencias del mercado y a posibles contingencias externas, como factores climáticos o logísticos.

En definitiva, la incorporación de la inteligencia artificial en ORBE S.A, no debe contemplarse únicamente como una mejora tecnológica puntual, sino como una estrategia a largo plazo que contribuye al fortalecimiento competitivo de la empresa, alineándose con las tendencias de digitalización, eficiencia y sostenibilidad que caracterizan a la industria conservera del presente y sobre todo del futuro.

7. Bibliografía

<https://descubrirgalicia.wordpress.com/2019/04/25/la-historia-de-la-conserva-en-galicia/>

<https://realconservera.com/tradicion-y-adaptabilidad-la-historia-de-la-conserva-en-galicia/>

<https://www.farodevigo.es/sociedad/2014/03/16/origen-industria-conservera-17258547.html>

<https://museoconservera.com/wp-content/uploads/2020/08/Libro-Exportacion.pdf>

<https://www.alimarket.es/alimentacion/informe/383420/informe-2024-del-sector-de-conservas-y-semiconservas-de-pescado-y-marisco-en-espana>

<https://industriaspesqueras.com/noticia-73954-sec-Medio%20Ambiente>

<https://www.tactio.es/wp-content/uploads/2018/05/CASO-REAL-ORBE.pdf>

Foro IA: La reinención de la IA:

https://www.youtube.com/watch?v=C_ndnXBnyyw&t=6011s

<https://www.youtube.com/watch?v=1QCbfW5wBs2d>

<https://elpais.com/economia/negocios/2024-03-10/la-industria-espanola-abraza-la-ia.html>

Visión artificial y punto 4.4:

https://headwallphotonics.com/product-category/machine-vision/?matchtype=p&network=g&device=c&keyword=machine%20vision%20technology&campaign=14795729686&adgroup=128250383232&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw28W2BhC7ARIsAPerrclPEjl0oXe2PN_xnC_H0tpVKcZtD3XZO-X8v5c0j1RRZU073jwHxCAaAjonEALw_wcB

<https://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v8n4/v8n4a5.pdf>

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. Harvard Business Review, 96(1), 108–116:

<https://openeclass.uom.gr/modules/document/file.php/BA222/%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91%3A%20%CE%91%CE%A1%CE%98%CE%A1%CE>

[%91%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5
%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%97/Artificial_Intelligence_Real_World_HBR_D
avenport_Ronanki_2018.pdf](#)