



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Departamento de Economía y Administración de Empresas**

**Organización de Empresas**

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

**HERRAMIENTAS SMART EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN:  
UNA APLICACIÓN PRÁCTICA**

**SMART TOOLS IN PRODUCTION SYSTEMS:  
A PRACTICAL APPLICATION**

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Autor: Ignacio García García

Tutor: Carlos Javier de las Heras Rosas

MÁLAGA, junio de 2.023







## Agradecimientos

---

*A mi tutor, Carlos de las Heras, por su amabilidad y empatía.*

*A mis amigos más cercanos, compañeros de la carrera y del Erasmus, por acompañarme y hacer el camino más ameno.*

*A mis padres, por poner siempre todo de su parte para que pudiera conseguir mis metas. Gracias por vuestra paciencia y apoyo incondicional.*



## Resumen

---

Este Trabajo de Fin de Grado es fruto de la finalización de los estudios del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

El presente documento aborda el tema de las herramientas Smart y la industria 4.0 a través de una aplicación práctica, buscando reflejar la importancia que la industria 4.0 está teniendo en el desarrollo actual de las organizaciones. Tanto es así, que se prevé que haya 75 mil millones de dispositivos conectados por tecnologías inteligentes a nivel mundial para 2025.

El TFG se estructura de la siguiente forma. En la primera parte se lleva a cabo una revisión en profundidad de los agentes involucrados en la industria 4.0, como pueden ser el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial o el Big Data. En la segunda parte se describe el funcionamiento de una industria tipo elegida, en este caso una almazara que representa una gran importancia en el tejido empresarial español, y más concretamente, andaluz. Una vez descritas las herramientas de la industria 4.0 y el esquema de funcionamiento de una industria tipo, en la tercera parte se realiza un estudio de implantación de estas nuevas tecnologías en la almazara previamente descrita. Como aspectos a destacar del supuesto que se presenta en este TFG encontramos que existen valiosas opciones tecnológicas que se podrían implantar en una industria de este tipo, y que llevarían a una mejora general en la gestión organizativa, la productividad y la rentabilidad.

### Palabras clave

Industria 4.0; Herramientas “Smart”; Almazara.



## Abstract

---

This final degree Project is the result of the completion of the studies of the degree in Industrial Engineering.

This document addressed the topic of Smart Tools and Industry 4.0 through a practical application, seeking to reflect the importance that Industry 4.0 is having in the current development of organizations. So much so, that it is predicted that there will be 75 billion intelligent devices connected by smart technologies worldwide by 2025.

The Project is structured as follows. In the first part, an in-depth review of the agents involved in Industry 4.0, such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence or Big Data. The second part describes the operation of a chosen industry, in this case an oil mill that represents a great importance in the Spanish business fabric, and more specifically, Andalusian. Once the Industry 4.0 tools and the operation scheme of a typical industry have been described, in the third part a study of the implementation of these new technologies in the previously described olive mill is carried out. As aspects to highlight of the assumption presented in this project, we find that there are valuable technological options that could be implemented in an industry of this type, and that would lead to an overall improvement in organizational management, productivity, and profitability.

## Keywords

Industry 4.0; “Smart” tools; Oil mill.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

---

<b>PRIMERA PARTE.....</b>	<b>15</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	17
2. EL TÉRMINO “SMART” .....	17
3. INDUSTRIA 4.0 .....	18
3.1. <i>Los pilares de la inteligencia de la Industria 4.0</i> .....	23
3.1.1. Soluciones inteligentes: .....	23
3.1.2. Servicios inteligentes: .....	24
3.1.3. Cadena de suministros inteligente y conectada:.....	25
3.2. <i>Tecnologías básicas de la Industria 4.0</i> .....	26
3.2.1. El Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT).....	26
3.2.2. Análisis de datos (Big Data).....	36
3.2.3. Robótica avanzada y colaborativa.....	40
3.2.4. Automatización Robótica de Procesos, RPA.....	43
3.2.5. Inteligencia Artificial .....	44
<b>SEGUNDA PARTE.....</b>	<b>51</b>
4. LA ALMAZARA COMO INDUSTRIA DEL SIGLO XXI .....	53
5. PARÁMETROS DE LA ACEITUNA Y EL ACEITE .....	56
6. ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA ALMAZARA.....	57
6.1. <i>Diagrama de procesos de la aceituna</i> .....	61
6.2. <i>Diagrama de procesos del aceite de oliva</i> .....	65
6.3. <i>Diagrama de procesos del aceite lampante</i> .....	68
<b>TERCERA PARTE .....</b>	<b>77</b>



7.	MEJORAS PROPUESTAS .....	79
7.1.	<i>Control instantáneo del rendimiento graso:.....</i>	79
7.2.	<i>Control de caudal a la salida de las termo batidoras y centrifugadoras: .....</i>	82
7.3.	<i>Clasificación de aceitunas por visión artificial .....</i>	83
7.4.	<i>Embotellado, etiquetado y almacenamiento inteligente: .....</i>	85
7.5.	<i>Desarrollo de una app para el control de la llegada de camiones.....</i>	87
8.	CONCLUSIONES .....	91
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1: Evolución de las Revoluciones Industriales a través del tiempo (del Val Román, 2016). .....	21
Figura 2: Esquema de las “Fábricas Inteligentes” (Revaalo Labs, 2020) .....	25
Figura 3: Progreso del Internet (Gokhale et al, 2018).....	27
Figura 4: Evolución prevista de la penetración de los objetos conectados (Cisco, 2012) .....	27
Figura 5: Arquitectura de 6 capas del IoT (Farooq et al, 2015).....	28
Figura 6: Esquema del RFID (Farooq et al, 2015) .....	31
Figura 7: Comparación de características entre distintas soluciones de software de Big Data (Gölzer et al, 2015).....	40
Figura 8: Esquema del espacio operativo incluyendo al espacio colaborativo de la interacción hombre-máquina (Galín and Meshcheryakov, 2019) .....	43
Figura 9: Tabla resumen de las tecnologías principales de la Industria 4.0 (Fuente: Elaboración propia).....	49
Figura 10: Producción por años de aceite de oliva en España (Statística, 2023).....	54
Figura 11: Número de almazara por Comunidad Autónoma en España (Statística, 2023) .....	55
Figura 12: Llegada de la aceituna y toma de decisiones inicial (Elaboración propia).....	60
Figura 13: Llegada del resultado del rendimiento y decisión sobre la retirada de aceite (Elaboración propia).....	61
Figura 14: Proceso de la línea de recepción 1 para la aceituna muy sucia (Fuente: Elaboración propia).....	63
Figura 15: Proceso de las líneas de recepción 2 y 3 para las aceitunas más limpias (Elaboración propia).....	64
Figura 16: Proceso de obtención, envasado y etiquetado del aceite de oliva mediante dos líneas de producción (Elaboración propia). .....	66

Figura 17: Proceso de obtención del aceite lampante (Elaboración propia).....	70
Figura 18: Esquema de distribución de la almazara (Elaboración propia).....	71
Figura 19: Esquema de distribución de las líneas de recepción (Elaboración propia).....	72
.....	73
Figura 20: Esquema de distribución de la nave 1 (Elaboración propia).....	73
Figura 21: Esquema de distribución de la nave 2 (Elaboración propia).....	74
Figura 22: Esquema de distribución de la nave 3 (Elaboración propia).....	75
Figura 23: Analizador de rendimiento y humedad en aceituna y orujo: con PC incorporado (Agrotronik Analizadores S.L.).....	81
Figura 24: T-38 OliveAnalyzer para el análisis de aceituna y orujo (Tecnilab).....	81
Figura 25: Caudalímetro magneto-inductivo con tecnología IO-Link (Endress+Hauser, 2019) ..	83
.....	85
Figura 26: Máquina clasificadora de aceitunas por visión artificial (MultiScan Technologies) ..	85
Figura 27: Sensor de monitorización ambiental Milesight IoT AM107 Sensor ambiental LoRaWAN (Milesight,2020).....	87
Figura 28: Tabla resumen de las mejoras propuestas (Elaboración propia).....	90



# Primera Parte

---



## 1. Introducción

El presente documento aborda el tema de las herramientas Smart y la industria 4.0 a través de una aplicación práctica, buscando reflejar la importancia que la industria 4.0 está teniendo en el desarrollo actual de las organizaciones. Tanto es así, que se prevé que haya 75 mil millones de dispositivos conectados por tecnologías inteligentes a nivel mundial para 2025.

Para poder explicar la importancia de estas tecnologías en la industria moderna, nos adentraremos en esta primera parte en el estudio de las herramientas Smart y la Industria 4.0, indagando en las tecnologías que la conforman. Posteriormente, en la segunda parte, estudiaremos un proceso productivo tipo, como es el proceso de obtención del aceite de oliva en una almazara. Por último, trataremos de aplicar las mejoras estudiadas en esta primera parte en el proceso descrito en la segunda parte, culminando con unos costes estimados de la supuesta implantación.

## 2. El término “Smart”

Las herramientas “Smart”, también conocidas como "herramientas inteligentes" o "herramientas conectadas", son dispositivos o aplicaciones que utilizan tecnologías modernas tales como el Internet de las cosas (IoT), la nube, el aprendizaje automático o el análisis de datos para mejorar la eficiencia, la productividad y la precisión en una variedad de tareas. La importancia de estas herramientas radica en la posibilidad de influir en procesos tan completamente dispares, desde taladros conectados a Internet que informan sobre su uso y estado de mantenimiento en tiempo real, hasta aplicaciones de seguimiento de la salud que recopilan y analizan datos de la actividad física y el sueño.

Estas herramientas inteligentes aparecieron por primera vez en la década de 1990, con el surgimiento del Internet de las Cosas (IoT) y el auge de la tecnología de la información. A medida que los dispositivos se volvieron más conectados y accesibles, comenzaron a aparecer herramientas que utilizaban esta conectividad para mejorar su funcionamiento.

En el plano industrial, las herramientas inteligentes se utilizaron primero para monitorear y optimizar la producción en fábricas y líneas de producción. Con el tiempo, estas herramientas se volvieron más avanzadas y comenzaron a incluir características tales como el diagnóstico remoto y la programación automatizada.

Con el paso de los años, estas herramientas se volvieron cada vez más sofisticadas, y hoy en día utilizan tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático y el análisis de datos para mejorar aún más su eficiencia y precisión. Un ejemplo de cómo la tecnología ha mejorado la eficiencia de la Industria 4.0 es la utilización del análisis de datos para optimizar la cadena de suministro. En lugar de simplemente seguir los patrones de suministro y demanda establecidos en el pasado, las empresas pueden ahora recopilar y analizar datos en tiempo real para predecir con mayor precisión la demanda de los clientes y ajustar su producción en consecuencia. Como resultado, se pueden reducir los tiempos de espera, se puede mejorar la eficiencia de la producción y se pueden minimizar los costos de inventario.

En la actualidad, las herramientas inteligentes se utilizan en una variedad de campos, desde la industria y la construcción hasta la salud y el hogar, y se espera que su uso continúe creciendo en el futuro.

### **3. Industria 4.0**

El uso de estas herramientas “smart” marcó el comienzo de la cuarta revolución industrial o “Industria 4.0”. Esta nueva era industrial se caracteriza por la combinación de la tecnología digital con la producción física, creando así un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de la vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación (del Val Román, 2016).

El término Industria 4.0 se utiliza de manera generalizada en Europa, sin embargo, fue en la feria de Hannover de 2011 dónde se acuñó esta expresión por primera vez. El país germano lo presentó oficialmente en 2013 como una iniciativa estratégica para obtener una posición pionera en unas industrias que estaban revolucionando el sector de fabricación (Li Da Xu et al, 2018). También es habitual

referirse a este concepto con términos como “Fábrica Inteligente” o “Internet Industrial”.

En definitiva, se trata de la aplicación a la industria del modelo Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things), junto a la robótica, automatización o Inteligencia Artificial (IA) con el fin de crear una industria altamente conectada y eficiente, buscando además una mayor personalización y flexibilidad en la fabricación de productos.

Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encontraban en un momento de transformación digital, una “revolución industrial”, producida por el avance de las tecnologías de la información y, particularmente, de la informática y el software.

Según Min Xu (2018), la historia de las revoluciones industriales comienza en el siglo XVIII con la primera Revolución Industrial. Tras casi tres siglos, la humanidad ha avanzado hasta la cuarta, debido a los grandes avances tecnológicos y sociales que han catapultado la producción y la industria. La primera Revolución Industrial comenzó en 1760 con la invención de la máquina de vapor. Esta fue un punto de inflexión en la historia de la humanidad. Gracias a ella, los procesos productivos manuales y basados en la agricultura y la artesanía fueron reemplazados por la mecanización y la producción en masa con la ayuda de agua y vapor, haciendo que la economía fuese liderada por la industria. Esta transición se apoyó fundamentalmente en el uso del carbón como fuente de energía principal, y revolucionó sectores dominantes como la industria textil y la metalúrgica, trayendo consigo una mayor eficiencia y productividad, y un aumento sustancial del empleo en la industria.

En la segunda Revolución Industrial (1900 aproximadamente), gracias a la invención del motor de combustión interna, se llevó a cabo una era de industrialización muy rápida con el uso de aceite y electricidad que condujeron al inicio de la producción en masa debido a la creación de máquinas más grandes y eficientes. La producción de bienes se multiplicó y los productos se abarataron, lo que permitió a más personas acceder a bienes y servicios que antes eran inalcanzables. Además, con la invención del motor de combustión interna se produjo un gran avance en la industria del transporte, lo que permitió la producción masiva de vehículos.

La tercera Revolución Industrial (1960), conocida como la Revolución Digital, está caracterizada por la introducción de tecnologías electrónicas e informáticas que catapultaron la producción automática. La introducción de la automatización y la robótica permitió la producción en masa de bienes con una mayor eficiencia y precisión. Además, la introducción de las tecnologías de la información y la comunicación permitió una mayor interconexión y el surgimiento de la era digital. Los sectores de la informática y las telecomunicaciones lideraron la revolución digital, surgiendo en ellos nuevas tecnologías que utilizamos en esta Industria 4.0, como el Big Data o el IoT (Internet de las Cosas).

La fabricación que se había ido llevando a cabo desde el inicio de los tiempos consistía en la combinación de distintas piezas complejas mediante soldaduras o elementos de fijación, como podían ser tuercas, tornillos, bulones, etc. La cuarta Revolución Industrial trae consigo la producción de piezas generadas por ordenador e impresas de forma tridimensional, siendo capaces así de crear objetos sólidos con capas sucesivas de materiales. Además, esta cuarta revolución Industrial, que comienza sobre la época de los 2000, se apoya en todos los descubrimientos llevados a cabo en la tercera a mediados del siglo XX, como pueden ser medios de comunicación más avanzados, medios de transporte, globalización y el inicio de la automatización. Por último, esta cuarta Revolución Industrial supone un cambio de paradigma debido al uso de sistemas ciber-físicos (cyber-physical systems, CPS) en las industrias, sobre todo en la de fabricación, dando la capacidad de integrar el espacio virtual con el mundo físico. En resumen, fusionando tecnologías que están difuminando así las fronteras entre lo físico, lo digital y lo biológico.

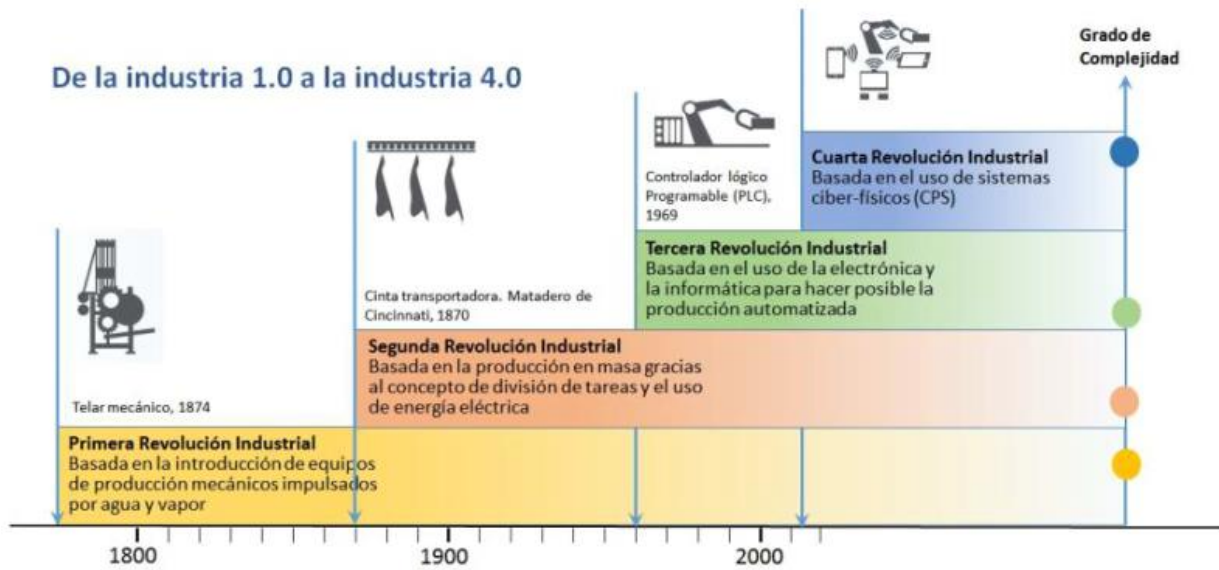


Figura 1: Evolución de las Revoluciones Industriales a través del tiempo (del Val Román, 2016).

Existen tres razones para poder dictaminar que, las transformaciones productivas de hoy no son meramente una prolongación de la tercera Revolución Industrial, sino que marcan la llegada de una cuarta: la velocidad, el alcance y el impacto en los sistemas. La velocidad de los avances actuales no tiene precedente histórico. En comparación con las otras tres anteriores, esta cuarta Revolución Industrial está evolucionando exponencialmente. Tanto es así, que está además trastornando casi todas las industrias de todos los países. La profundidad y amplitud de estos cambios anuncian, no sólo la transformación de sistemas productivos, sino también sistemas de gestión y gobernanza a nivel mundial (Schwab, 2015)

Según H. Lasi, y P. Fettke (2014), este desarrollo de la Industria 4.0 se puede definir por dos direcciones de desarrollo. Por un lado, la necesidad de cambios en las condiciones del marco operativo, debido a lo que se conoce como “*application-pull*” o el tirón que generan las nuevas aplicaciones necesarias en la industria. Los factores desencadenantes de estas son los cambio sociales, económicos y políticos en general. En concreto:

- **Acortar los periodos de desarrollo:** Los periodos de desarrollo e innovación deben acortarse, ya que se ha demostrado que una alta capacidad de innovación en la empresa se está convirtiendo en un factor de éxito fundamental.
- **Individualización bajo demanda:** Desde hace décadas se está produciendo un cambio de un mercado enfocado a vendedores a un mercado enfocado a compradores, en el que estos últimos pueden definir las condiciones del comercio. Esta tendencia conduce finalmente a una individualización del producto y, en casos extremos, a productos individuales. A esto se le conoce como “*batch size one*”.
- **Flexibilidad:** Debido a los nuevos requisitos en el marco del trabajo, se hace completamente necesaria una mayor flexibilidad en el desarrollo de productos.
- **Descentralización:** Para hacer frente a estas condiciones específicas, se hacen necesarios unos procedimientos más rápidos para la toma de decisiones. Por esto, las jerarquías organizativas deben ser reducidas.
- **Eficiencia de recursos:** La creciente escasez de recursos y el consiguiente aumento de su precio, así como el cambio social en el contexto de los aspectos ecológicos, exigen una mayor atención a la sostenibilidad en los contextos industriales. El objetivo final es un aumento tanto ecológico como económico dentro de la eficiencia.

Por otra parte, existe un empuje tecnológico excepcional en la práctica industrial. Este empuje tecnológico ya ha influenciado la rutina diaria del ámbito privado. Las palabras de moda son Web 2.0, apps, smartphones, impresoras 3D, etc. Sin embargo, en lo relacionado al trabajo (especialmente contextos industriales) estas innovaciones tecnológicas no están tan extendidas. Por tanto, los enfoques para un impulso tecnológico, tal y como comentan de nuevo Lasi y Fettke (2014), pueden ser:

- **Mayor mecanización y automatización:** En el proceso de trabajo se utilizarán cada vez más ayudas técnicas que apoyen el trabajo físico. Además, las soluciones automáticas adoptarán la ejecución de operaciones versátiles, que constan de componentes analíticos y operativos, como células de fabricación “autónomas” que controlan y optimizan de forma independiente la fabricación en varios pasos.

- **Digitalización e interconexión:** La creciente digitalización de todas las herramientas de fabricación y de apoyo a la fabricación está dando lugar al registro de una cantidad cada vez mayor de datos de actores y sensores que pueden respaldar las funciones de control y análisis. Los procesos digitales evolucionan como resultado de la interconexión cada vez mayor de los componentes técnicos y, junto con el aumento de la digitalización de los bienes y servicios producidos, conducen a entornos completamente digitalizados. Estos son, a su vez, los motores de nuevas tecnologías como la simulación, la protección digital o la respuesta virtual de realidad aumentada.
- **Miniaturización:** Simultáneamente existe una tendencia a la miniaturización. Mientras que hace unos años los ordenadores ocupaban un espacio considerable, hoy en día dispositivos con un rendimiento comparable o incluso considerablemente mejor pueden ser instalados en pocos centímetros cúbicos. Esto permite nuevos campos de aplicación, especialmente en el contexto de la producción y la logística.

Los desarrollos mencionados muestran un potencial para dar un giro a la práctica industrial.

### 3.1. Los pilares de la inteligencia de la Industria 4.0

#### 3.1.1. Soluciones inteligentes:

Los productos inteligentes se caracterizan por disponer de conectividad, electrónica y software embebido lo que, en conjunto, dotan a estos de nuevas capacidades, funciones y características. La conectividad les proporciona capacidad de comunicación máquina a máquina (Machine to Machine, M2M) e interacción con humanos. El software les permite autogestionarse y tomar decisiones descentralizadas. Equipados con sensores captan información sobre su entorno y sobre su propio uso y estado, datos que pueden proporcionar a quien lo fabricó o gestiona su servicio (del Val Román, 2016).

Estos mismos elementos se aplican, no sólo a los productos, sino a las máquinas que los fabrican, los sistemas de producción ciber-físicos (CPPS), que en su totalidad conforman la “Fábrica Inteligente”. Estos ofrecen un gran nivel personalización, adaptación al entorno y tareas nuevas. Además, estos productos y máquinas se vuelven invisibles a los operadores gracias a su autogestión, precisando de atención únicamente para su mantenimiento rutinario. Debido a su comunicación M2M (Machine to Machine), se hace posible su autoconfiguración para adaptar su funcionalidad en tiempo real a las necesidades del cliente a lo largo de su ciclo de vida. Con ello se hace posible mejorar la experiencia del usuario, intensificar la interacción con el cliente y generar nuevos servicios añadidos.

### 3.1.2. Servicios inteligentes:

La posibilidad de ofrecer servicios innovadores y establecer nuevos modelos de negocio aparece gracias a los servicios inteligentes, como por ejemplo modelos de pago por uso o servicio.

La comunicación con el fabricante, la recogida de grandes cantidades de datos y su posterior análisis, es la base para generar nuevas ofertas de servicios, y optimizar los modelos existentes. Los modelos analíticos aplicados a estos datos (Big Data) pueden automatizar la toma de decisiones.

Reevalo Labs realizó en 2020 un esquema explicativo sobre lo que podrían componer las fábricas inteligentes bajo el paraguas de la economía circular (Figura 2). Como se puede apreciar en esta figura, una Smart Factory se puede dividir en tres agentes principales: Smart Services, donde podemos encontrar el mantenimiento predictivo y remoto, servicios online o Monitoreo condicionado; Smart Machines, dispuestas de control remoto, interfaces de usuario inteligentes, o auto optimización de recursos; y Smart

Production, basándose en la trazabilidad del producto y sus fases, y la individualización en el proceso.

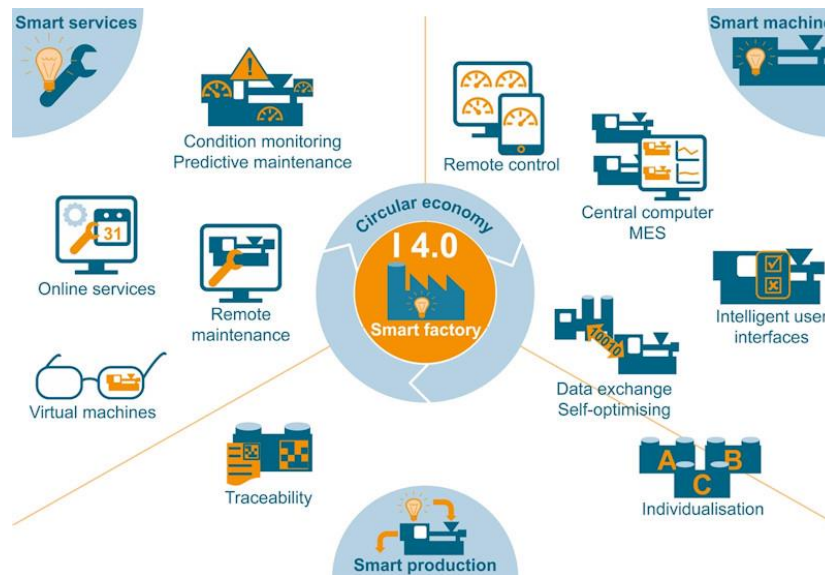


Figura 2: Esquema de las “Fábricas Inteligentes” (Revaalo Labs, 2020)

### 3.1.3. Cadena de suministros inteligente y conectada:

La automatización e integración de las cadenas de suministro propias de la producción industrial serán, de nuevo, posibles gracias a las comunicaciones de la industria y la integración del software en ellas. En esta Industria 4.0, estas integraciones estarán basadas en configuraciones “ad-hoc”, ofreciendo así soluciones a medida de cada cliente. Usando redes de colaboración ágiles, la industria podrá aprovechar las oportunidades de un mercado globalizado de habilidades y capacidades en el que podrá, por ejemplo, elegir con flexibilidad qué externalizar o hacer in situ.

La base para estas redes serán entornos de producción y plataformas de ingenierías conectadas en red junto con interfaces entre empresas. También en este aspecto la base es la informática y el software será decisivo. Buena muestra de ello es el liderazgo del software ERP de gestión “SAP” en el impulso de la industria 4.0.

## 3.2. Tecnologías básicas de la Industria 4.0

### 3.2.1. El Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la conexión de dispositivos y objetos cotidianos a Internet mediante sensores y dispositivos de comunicación, permitiendo la recopilación y el intercambio de datos. Según Gokhale y Bhat (2018), el objetivo del IoT es mejorar la eficiencia y la automatización de los procesos mediante la conectividad de los dispositivos y la recopilación de datos en tiempo real, permitiendo detectar los objetos y controlarlos de forma remota través de la infraestructura de la red, creando así oportunidades para una integración más directa del mundo físico en los sistemas informáticos.

El concepto de una red de dispositivos inteligentes se comenzó a debatir ya en 1982, cuando en la Universidad de Carnegie Mellon se modificó una máquina de Coca-Cola convirtiéndola en el primer aparato conectado a internet, capaz de informar de su inventario y de si las bebidas recién cargadas estaban frías.

El término Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT) fue propuesto por primera vez en 1999 por el pionero tecnológico Kevin Ashton (Birmingham, 1968), describiendo un sistema en el que Internet se conecta al mundo físico mediante sensores ubicuos. Este descubrimiento conformaría el 5º paso en la evolución del Internet:

1. El Internet de los Documentos: bibliotecas electrónicas, páginas web basadas en documentos...
2. El Internet del Comercio: comercio electrónico, banca electrónica y páginas web de bolsa.
3. Internet de las Aplicaciones: Web 2.0.
4. Internet de las Personas: Redes Sociales.

## 5. Internet de las Cosas: Dispositivos y máquinas conectadas.

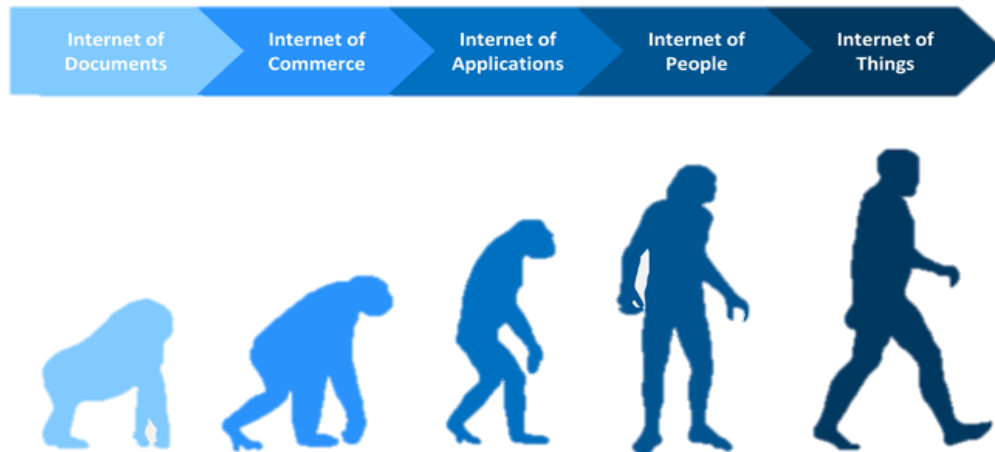


Figura 3: Progreso del Internet (Gokhale et al, 2018)

En 2015 se esperaba que para 2020, más de 25.000 millones de cosas estuviesen conectadas. Ahora la cifra es mucho mayor, como podemos observar en la Figura 4.

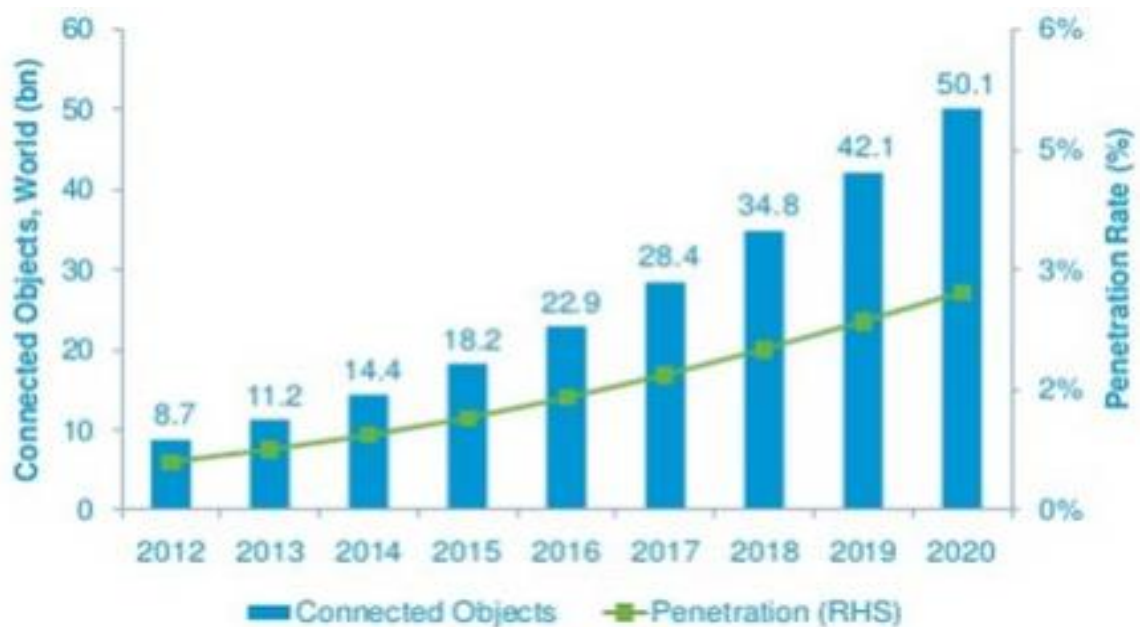
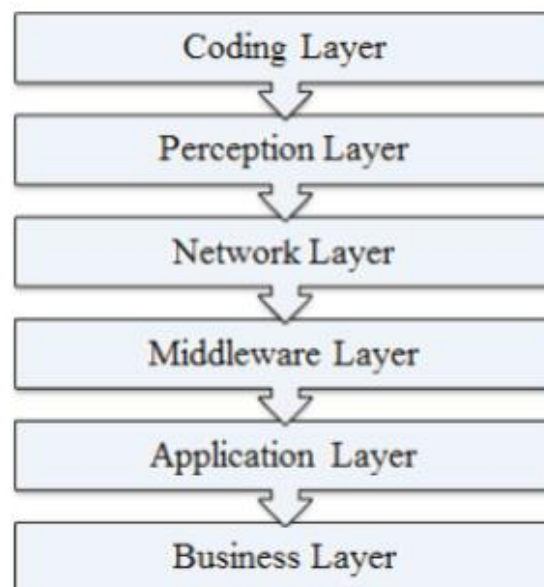


Figura 4: Evolución prevista de la penetración de los objetos conectados (Cisco, 2012)

En definitiva, un número enorme, que la arquitectura de Internet de la época no podía gestionar. Esto provocó la necesidad de una nueva arquitectura abierta, que pudiese abordar diversos problemas de seguridad y calidad del servicio (QoS), así como soportar las aplicaciones de red existentes utilizando protocolos abiertos (Farooq et al, 2015). Sin una garantía de privacidad adecuada, no era probable que muchos adoptasen IoT. Por tanto, la protección de los datos y la privacidad de los usuarios son retos clave para el IoT.

Para un mayor desarrollo del IoT, se propusieron varias arquitecturas de seguridad multicapa. Algunos autores como Wang Chen (2012), Hui Suo et al (2012), y Miao Wu et al (2010), propusieron arquitecturas de seguridad de 3, 4 y 5 capas respectivamente. Finalmente, la más usada es la arquitectura de 6 capas, propuesta por Xu Cheng et al en 2012 (Figura 5).



*Figura 5: Arquitectura de 6 capas del IoT (Farooq et al, 2015)*

Estas seis capas son las descritas a continuación:

1. **Capa de codificación:** La capa de codificación es la base de IoT, que proporciona identificación a los objetos de interés. En esta capa se le asigna un ID a cada objeto que facilita su discernimiento.
  
2. **Capa de percepción:** Es la capa de dispositivos de IoT que da un significado físico a cada objeto. Consiste en sensores de datos de diferentes formas, como etiquetas RFID, sensores IR u otras redes de sensores que pueden detectar la temperatura, humedad, velocidad ubicación, etc. de los objetos. Esta capa recopila la información útil de los objetos a partir de los dispositivos sensores conectados a ellos y convierte la información en señales digitales que se transmiten a la capa de red para su posterior acción.
  
3. **Capa de red:** El propósito de esta capa es recibir la información útil en forma de señales digitales de la Capa de Percepción y transmitirla a los sistemas de procesamiento de la Capa de Middleware a través de medios de transmisión como WiFi, Bluetooth, WiMaX, Zigbee, GSM, 3G, etc. con protocolos como IPv4, IPv6, MQTT, DDS, etc.
  
4. **Capa de software intermedio:** Esta capa procesa la información recibida de los dispositivos sensores. Incluye tecnologías como la computación en nube y la computación ubicua, que garantizan un acceso directo a la base de datos para almacenar toda la información necesaria. Utilizando algunos equipos de procesamiento inteligente, la información se procesa y se toma una acción totalmente automatizada basada en los resultados procesados de la información.

5. **Capa de aplicación:** En esta capa se realizan las aplicaciones de IoT para todo tipo de industrias, basándose en los datos procesados. Dado que las aplicaciones promueven el desarrollo de IoT, esta capa es muy útil en el desarrollo a gran escala de redes IoT. Las aplicaciones relacionadas con IoT podrían ser hogares inteligentes, transporte inteligente, planeta inteligente, etc.
  
6. **Capa de negocio:** Esta capa gestiona las aplicaciones y servicios de IoT y es responsable de toda la investigación relacionada con IoT. Genera diferentes modelos de negocio para estrategias empresariales eficaces.

#### 3.2.1.1. Tecnologías del IoT

Los objetos físicos y virtuales en el IoT tienen sus propias identidades y atributos, y son capaces de utilizar interfaces inteligentes y de integrarse en una red de información. Las palabras “Internet” y “Cosas” significan una red mundial interconectada basada en sensores, comunicación, redes y tecnologías del procesamiento de la información, que podrían ser la nueva versión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Hasta la fecha, multitud de tecnologías integradas entre sí intervienen en el IoT haciendo que los objetos sean identificados y se comuniquen entre sí. En este apartado analizamos las tecnologías relevantes que han contribuido y contribuyen al desarrollo del IoT:

- Radio Frequency IDentification (RFID):

RFID es la tecnología clave para hacer los objetos identificables de forma única. Su reducido tamaño y coste la hacen integrable en cualquier objeto. Consiste en un microchip transceptor similar a una pegatina adhesiva que puede ser tanto activo como pasivo, dependiendo del tipo de aplicación. Las activas emiten continuamente señales de datos mientras que las pasivas sólo se activan cuando se disparan.

El sistema RFID (Figura 6) se compone de lectores y etiquetas RFID asociadas que emiten la identificación, localización o cualquier otra especificación sobre el objeto, al ser activadas por la generación de cualquier señal apropiada. Las señales de datos relacionados con el objeto emitidas se transmiten a los lectores mediante radiofrecuencias que, a continuación, pasan a los procesadores para analizar los datos.

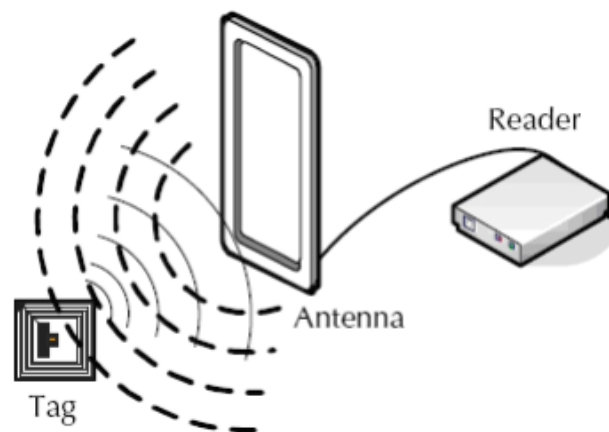


Figura 6: Esquema del RFID (Farooq et al, 2015)

El código de barras también es una tecnología de identificación que tiene casi la misma función que la RFID, pero ésta es más eficaz que el código de barras debido a varias de sus beneficios. La RFID, al ser una tecnología de

radio, no requiere que el lector esté físicamente a la vista, mientras que el código de barras es una tecnología óptica que no puede funcionar a menos que el lector esté situado frente a ella. Además, un RFID puede funcionar como un actuador para desencadenar diferentes eventos e incluso tiene capacidades de modificación que los códigos de barras claramente no tienen.

- Red de sensores inalámbricos (WSN):

WSN es una red inalámbrica bidireccional de sensores conectados de forma multisalto, construida a partir de varios nodos dispersos en un campo de sensores, cada uno conectado a uno o varios sensores que pueden recoger los datos específicos del objeto, como la temperatura, la humedad, la velocidad, etc., y luego transmitirlos al equipo de procesamiento.

La tecnología de redes de sensores inalámbricos (WSN) y la tecnología RFID, combinadas, abren la posibilidad de crear aún más dispositivos inteligentes, para lo que se han propuesto varias soluciones. Los laboratorios de investigación de Intel ofrecen un ejemplo de solución en forma de plataforma de detección de identificación inalámbrica (Wireless Identification Sensing Platform (WISP)). WISP es una red pasiva de sensores inalámbricos que incorpora sensores de luz, temperatura y muchos otros.

- Computación en la nube:

Con millones de dispositivos previstos para los próximos años, la nube parece ser la única tecnología capaz de analizar

y almacenar todos los datos de forma eficaz. Se trata de una tecnología informática inteligente en la que numerosos de servidores convergen en una plataforma en la nube para permitir

compartir recursos entre sí a los que se puede acceder en cualquier momento y en cualquier lugar. La computación en nube es la parte más importante parte de IoT, que no solo hace converger los servidores, sino que también procesa en una mayor potencia de procesamiento y analiza la información útil obtenida de los sensores e incluso proporciona una buena capacidad de almacenamiento.

Pero esto es sólo el principio para desatar el verdadero potencial de esta tecnología. La computación en nube interconectada con objetos inteligentes que interactúan potencialmente con millones de sensores puede reportar enormes beneficios y ayudar a IoT a un desarrollo a gran escala, por lo que se están llevando a cabo investigaciones, ya que IoT dependerá totalmente de la computación en nube.

#### 3.2.1.2. Aplicaciones

La mayoría de las aplicaciones de la vida cotidiana que vemos normalmente ya son inteligentes, pero no son capaces de comunicarse entre sí. Conseguir que estas se comuniquen entre sí y compartan información útil puede crear una amplia gama de aplicaciones innovadoras. Estas aplicaciones emergentes con ciertas capacidades autónomas mejorarían sin duda la calidad de nuestras vidas. Algunas de estas aplicaciones ya están en el mercado. Tomemos el ejemplo del Google Car, una iniciativa para ofrecer una experiencia de conducción autónoma con intercambios de información en tiempo real sobre tráfico, estado de las

carreteras, meteorología, etc., todo ello gracias al concepto de IoT. Hay una serie de posibles aplicaciones futuras que pueden ser muy ventajosas.

- **Sistemas de tráfico inteligente:**

El tráfico de una ciudad es un desafío importante que debe abordarse adecuadamente, por lo que existe la necesidad de crear sistemas que puedan mejorar la situación de tráfico basándose en la información obtenida de los objetos mediante IoT. Como ejemplo podemos encontrar sistemas de navegación como Waze o Google Maps.

El sistema inteligente de monitorización del tráfico proporcionará una buena experiencia de transporte al aliviar la congestión. Proporcionará funciones como la detección de robos, la notificación de accidentes de tráfico y la reducción de la contaminación ambiental. Las carreteras de esta ciudad inteligente ofrecerán posibles desvíos con los cambios climáticos o atascos de tráfico inesperados, gracias a los cuales se optimizarán las rutas de conducción y a pie. El sistema de iluminación de tráfico se adaptará a las condiciones meteorológicas para ahorrar energía. La disponibilidad de plazas de aparcamiento en toda la ciudad será accesible para todo el mundo.

- **Entorno inteligente:**

La predicción de desastres naturales como inundaciones, incendios, terremotos, etc. es posible gracias a las tecnologías innovadoras de IoT. Por ejemplo, la Fundación de Innovación Bankinter nos presenta nuevos proyectos de

prevención de incendios con sensores en dispositivos IoT que miden la temperatura, la humedad y la dirección y velocidad del viento, drones dotados de cámaras e imágenes vía satélite capaces de detectar zonas de calor en grandes masas forestales. Estas tecnologías nos proporcionan cantidad de datos útiles que, tras ser obtenidos, son utilizados por algoritmos de IA que pretenden crear modelos predictivos, realizar prevención o guiar a los efectivos de lucha contra el fuego para optimizar su trabajo.

- Hogar inteligente:

El IoT también puede proporcionar soluciones que pueden ser instaladas por nosotros mismos para la automatización del hogar con las que podremos controlar remotamente nuestros electrodomésticos y partes de nuestra casa según nuestras necesidades. Desde sensores que eviten robos formando sistemas de detección de invasiones, hasta sistemas de riego para las plantas del hogar, midiendo temperatura, humedad, etc. Un control adecuado de los contadores de servicios públicos y del suministro de energía y agua puede ayudar a ahorrar recursos y a detectar sobrecargas inesperadas, fugas de agua, etc.

- Otras aplicaciones:

Como hemos comentado, el IoT nos abre ante nosotros un abanico muy extenso de posibilidades que mejorarán nuestros procesos. Algunos otros ejemplos de industrias que pueden verse favorecidas por esta tecnología podrían ser los hospitales, monitoreando a los pacientes y detectando gracias a los datos obtenidos posibles ataques o recaídas del

mismo; la agricultura, en la que se podrá automatizar el cuidado de la plantación midiendo niveles de humedad, temperatura, etc.; y los comercios y las cadenas de suministros, en los que se podrán trackear los productos, conocer el stock y realizar pedidos, generar reportes, etc.

Sin embargo, el IoT también plantea desafíos en cuanto a la seguridad y la privacidad, ya que la conectividad de los dispositivos aumenta la exposición a ataques cibernéticos y la recopilación masiva de datos personales. Un acceso no autorizado a las etiquetas de los sistemas RFID que contienen los datos de identificación constituye un grave problema de seguridad al exponer cualquier tipo de información confidencial sobre el usuario, tanto que no sólo puede ser leída, sino además modificada o dañada. Además, otro posible problema pueden ser los ataques intencionados a los servidores de la nube, pudiendo extraer o manipular información. Por todo esto, es importante desarrollar medidas de seguridad adecuadas para proteger los dispositivos y los datos recopilados, y hacer así que el IoT sea una tecnología segura.

### 3.2.2. Análisis de datos (Big Data)

Las soluciones de software de Big Data son un componente muy importante de la Industria 4.0 (Kagermann et al, 2013). La cantidad de datos obtenidos de los que disponen los fabricantes debido al uso cada vez mayor de productos y sistemas inteligentes (CPS y CPPS), sensores avanzados y tecnologías de la información constituye una oportunidad para estos de identificar patrones e interdependencias, analizar los procesos y descubrir ineficiencias, e incluso predecir eventos futuros, todo esto gracias al análisis exhaustivo de estos datos recogidos. El estudio de esta cantidad de datos se ve recompensado con mejoras en el rendimiento de los sistemas, tiempos prácticamente nulos de inactividad, mantenimientos predictivos, entendimiento de los cambios en el mercado (Yan et al, 2017).

Con ello, se abre un mundo de nuevas oportunidades, no solo de mejoras de eficiencia, sino de descubrimiento de servicios para el cliente, al que se le llegará a conocer de una forma mucho más exacta.

Este concepto del Big Data puede ser resumido y clasificado en siete características principales, conocidas como las Siete Vs del Big Data, donde las empresas pueden diseñar estrategias y obtener ventajas con los competidores.

1. **Volumen:** es la característica más importante y del que surge el concepto del Big Data, pues cada segundo se generan un volumen masivo de datos que las empresas deben almacenar y analizar. Cada vez estamos más conectados al mundo digital por lo que crece exponencialmente el volumen de datos que se deben almacenar, siendo en 2020 un total de 35 Zettabytes equivalente a  $10^{21}$  bytes, que eran almacenados, habiendo pasado la era del Petabyte ( $10^{15}$  bytes) y del Exabyte ( $10^{18}$  bytes). Actualmente, es primordial el mundo digital pues las empresas son capaces de conocer mediante el análisis de datos donde cliques más los usuarios, cuantas veces pasar por sus páginas webs, o en qué servicios pueden estar más interesados.
2. **Variación:** son los tipos, formas y fuentes en las que se registran los datos. Los tipos de datos pueden ser estructurados o no estructurados, siendo los primeros fáciles de gestionar como pueden ser las bases de datos, y los segundos pueden ser correos electrónicos, imágenes, videos, que necesitan una herramienta específica cualificada.
3. **Velocidad:** hace referencia al movimiento de los datos por la red. Cuando los datos se crean son almacenados y procesados a tiempo real, de tal forma que la velocidad a la que viajan los datos es muy rápida, siendo el flujo de datos masivo y continuo, pudiendo ser esta rapidez de generación de datos la causa del gran volumen. Esta rapidez de almacenamiento y

análisis es fundamental en la detección de fraudes o en la monitorización de redes sociales.

4. **Veracidad:** es el grado de fiabilidad de la información que se recibe, es decir, en los análisis de datos se buscan datos de calidad.
5. **Valor:** es valor de los datos está en la información que proporcionan, para luego convertirlo en conocimiento y posteriormente en decisiones y acciones a tomar.
6. **Viabilidad:** es la capacidad de gestión de las empresas sobre el volumen masivo de datos que deben manejar. La innovación de equipos de trabajo y el uso de tecnologías nuevas guiará a analizar y conocer mejor el mercado, los clientes y diseñando estrategias con el objetivo de aumentar los beneficios.
7. **Visualización:** se refiere a la forma en la que los datos son presentados. La visualización de los datos es importante ya que ayuda a comprender mejor la información.

Si llevamos a cabo un acercamiento a las soluciones de software de Big Data encontramos una gran variedad de características, aplicaciones y capacidades (Schmarzo, 2013). Apache Hadoop es una de las soluciones de software de Big Data más conocidas. Según la revista Data Science (2020), se puede describir como un marco de software de código abierto para el almacenamiento de datos y la ejecución de aplicaciones en grupos de hardware de productos básicos. Proporciona un almacenamiento masivo para cualquier tipo de datos, un enorme poder de procesamiento y la capacidad de manejar tareas o trabajos concurrentes virtualmente ilimitados. La importancia de esta solución es su capacidad de almacenaje y procesamiento rápido de enormes cantidades de cualquier tipo de información. Con volúmenes de información y surtidos en continua expansión, en particular de los medios sociales y el Internet de las Cosas (IoT), el Hadoop es significativo por su lugar en el análisis de grandes datos. Sin embargo, existen una gran variedad de otras soluciones como Redis, SimpleDB, MongoDB o Cassandra.

Un denominador común es el uso de bases de datos NoSQL, bases de datos no relacionales. Estas son un formato de bases de datos muy estructurados basadas en una tabla. Están orientadas a los documentos y permiten almacenar y recuperar datos en formatos que no sean tablas. Esto las hace más flexibles y escalables, ideales para las aplicaciones modernas, ya que estas usan y generan tipos de datos complejos, que cambian además constantemente. Por último, una ventaja de este tipo de base de datos NoSQL es que se pueden agregar datos nuevos, sin tener que ser previamente definidos en el esquema de la base de datos, lo que permite procesar rápidamente grandes volúmenes de datos.

Se han propuesto varias taxonomías para clasificar las diferentes bases de datos NoSQL (Cattell, 2011; Pokorny, 2013). Un ejemplo es el criterio del modelo de datos, en el que se identifican tres modelos: Orientados a columnas (p. ej. Cassandra), clave-valor (SimpleDB) y basado en documentos (MongoDB). Otro criterio para la clasificación de las soluciones de Big Data es el principio de procesamiento de datos (Agrawal et al., 2011): el primer principio es el procesamiento por lotes y la computación distribuida de los datos (Gupta et al., 2012). Los datos grandes y complejos se dividen en pequeños subconjuntos y luego se procesan de forma concurrente. El segundo principio consiste en almacenar los datos en un modelo de datos semiestructurado que se adapte al patrón de acceso específico de un caso de uso (Kaur y Rani, 2013). Esto permite realizar consultas en tiempo real y acceder aleatoriamente a los datos sin necesidad de realizar operaciones y uniones de datos que requieren mucho tiempo.

La Figura 7 compara cuatro soluciones diferentes de software Big Data en cuanto a capacidades y características generales.

BIG DATA SOFTWARE SOLUTIONS				
Capabilities / Characteristics	Hadoop HDFS & MapReduce	Cassandra	MongoDB	SimpleDB
Data model	File system	Column	Document	Key-Value
Batch processing / distributed computing	Yes	No	No	No
Real-time queries	No	Yes	Yes	Yes
Random access	No	Yes	Yes	Yes
Horizontal scaling	Yes	Yes	Yes	Yes
Strength	Data processing	Write	Read	Full Indexing
Architecture type	Master-Slave	Peer-to-Peer	Master-Slave	Web Service / Cloud Computing
CAP theorem	Consistency, Partition Tolerance	Availability, Partition Tolerance	Consistency, Partition Tolerance	Availability, Partition Tolerance

*Figura 7: Comparación de características entre distintas soluciones de software de Big Data (Gölzer et al, 2015)*

El escenario de aplicación, la infraestructura existente y nuestro caso particular serán aspectos clave para elegir la solución de software más adecuada para nuestra empresa y necesidades.

### 3.2.3. Robótica avanzada y colaborativa

Si se revisa la historia del desarrollo de la robótica, podemos observar que el aumento de la funcionalidad de los robots crea un mayor número de posibles aplicaciones en diversos campos de la actividad humana. La creación de un robot estaba precedida por la idea de sustituir a una persona en un puesto de trabajo con mucho esfuerzo, o repetitividad. Hoy en día, los robots van más allá de esos límites, y se han vuelto flexibles, móviles y más inteligentes. Como parte de la Industria 4.0, los robots se han convertido en la fuerza motriz de la automatización en lugares donde esta nunca había llegado (Galín and Meshcheryakov, 2019). En comparación con los sistemas de producción prerrevolucionarios, en los que el operario humano y los complejos robóticos están separados según las normas de seguridad, la producción

que utiliza robótica avanzada y un sistema colaborativo de interacción humana - el operario y el robot trabajan juntos en un único entorno de trabajo.

El principal campo de aplicación de la robótica moderna es la industria. Las tecnologías que contribuyen a la mejora y automatización de los procesos han cambiado. Los avances en el campo de los sensores robóticos han hecho a los robots mucho más compactos y sensibles al entorno, ampliando la gama de tareas que pueden llevar a cabo. Estos robots son los que se conocen como robots colaborativos.

Los citados autores identifican tres direcciones que puede tomar la robótica general:

La primera dirección se puede catalogar como robótica industrial. En particular, esta se trata de manipuladores industriales reprogramables y polivalentes programados en tres o más ejes. En el espacio de trabajo, un robot industrial puede estar fijo en un lugar determinado, pero también puede ser capaz de moverse para realizar tareas de automatización industrial.

La segunda dirección es esta que hemos comentado anteriormente, la robótica colaborativa, como etapa progresiva en el desarrollo de los robots industriales. Consiste en el siguiente paso de los robots industriales, en el que estos interactuarán muy estrechamente con los humanos y de forma segura, gracias a su equipamiento de sensores y sistemas de visión. Estos harán que el robot sea capaz de cambiar su comportamiento o detenerse si existe riesgo real hacia el trabajador.

La siguiente dirección es la robótica de servicios, representada por complejos robóticos móviles autónomos/semiautónomos, incluidos manipuladores robóticos colaborativos, utilizados en diversos campos de

la actividad humana. Se trata de robots que realizan trabajos útiles para las personas y los equipos, excluidas las tareas industriales de automatización de procesos.

Según la especificación técnica, al describir un robot colaborativo, se trata principalmente de un entorno de trabajo colaborativo, y no sólo de las medidas de seguridad y los sensores de un robot colaborativo. Esta descripción del entorno de trabajo colaborativo revela la esencia de crear un entorno cómodo para la interacción entre humanos y robots. La persona se considera una especie de “compañero mecánico” desde la posición de un robot colaborativo, y la tarea del robot es ayudar y ayudar a conseguir el objetivo. Este concepto del desarrollo de la interacción humano-robot se refleja en el paradigma de la cuarta revolución industrial. La idea del paradigma de la Industria 4.0 es que un robot industrial puede servir como una herramienta cooperativa y auxiliar para los humanos en la producción.

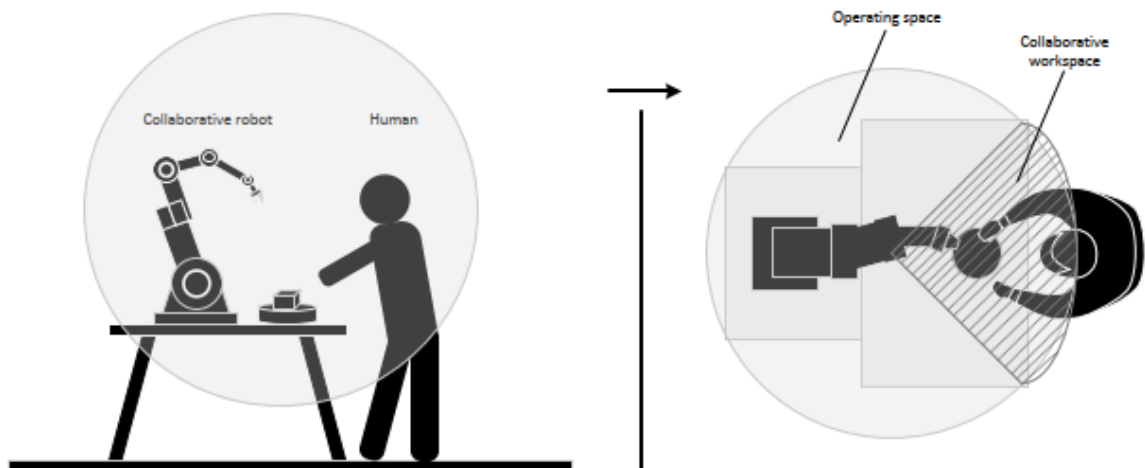
El elemento principal del paradigma es la inteligencia artificial, basada en el IoT. Gracias a avances de la Inteligencia Artificial se ha conseguido crear robots cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos. Con el tiempo, van a interactuar unos con otros, y trabajarán con seguridad junto a seres humanos, aprendiendo de ellos y, finalmente, ofreciendo una gama de capacidades muy superiores a las utilizadas en la fabricación de hoy en día.

La robótica colaborativa y la innovación cambian los procesos empresariales de la industria moderna. La integración de robots contribuye a la informatización y automatización de la producción, lo que lleva a entender el concepto de producción "inteligente".

Sin embargo, esta colaboración exige unos estándares de seguridad para la viabilidad del trabajo común. Durante la operación de

producción, el robot y la persona realizan tareas simultáneamente dentro del espacio de trabajo colaborativo. Esta mayor interacción y cooperación en el sistema hombre-máquina tiene repercusión en la seguridad general. En primer lugar, las medidas de seguridad se centran en la persona que se encuentra en la zona de acción operativa del robot.

Existen medidas de seguridad y protección reguladas que deben seguirse a la hora de organizar la colaboración humano-robot de acuerdo con la norma ISO 15066:2016-02 (e) Robots y aparatos robóticos – Robots colaborativos (2016).



*Figura 8: Esquema del espacio operativo incluyendo al espacio colaborativo de la interacción hombre-máquina (Galin and Meshcheryakov, 2019)*

#### 3.2.4. Automatización Robótica de Procesos, RPA.

La disponibilidad de servicios digitales se considera una tendencia creciente a nivel empresarial, teniendo en cuenta el mayor uso de la proliferación de sistemas de información en la sociedad y la evolución tecnológica que estamos presenciando a distintos niveles. La forma de comunicación entre ciudadanos, empresas e instituciones empieza a ser

mayoritariamente a través del intercambio de información digital. Esto crea un elevado volumen de información y documentación digital que termina siendo humanamente imposible responder en tiempo y forma al tratamiento de toda la información y hacer un seguimiento interno de los procesos (Ribeiro et al, 2021).

Debido a esto, resalta la importancia de la Automatización Robótica de Procesos (Robotic, Process Automation, RPA), que se puede definir como una “técnica que da lugar a la ejecución automática de tareas administrativas, científicas o industriales, que utiliza la robótica como un conjunto de técnicas relativas al funcionamiento y utilización de autómatas en la ejecución de tareas en lugar del hombre” (Ribeiro et al, 2021). Además del uso de RPA, al complementarlo con la Inteligencia Artificial (IA) conseguimos una mejoría en la precisión de ejecución de los procesos automatizados

En esta RPA, el desarrollador establece las instrucciones de la tarea mediante algún tipo de pantalla en el que define las variables. Estas tareas incluyen acciones como iniciar sesión en aplicaciones, copiar y pegar datos, abrir correos electrónicos, entre otras cosas. Van der Aalst et al. (2018) afirman que RPA es un término paraguas para herramientas que operan en la interfaz de usuario de otros sistemas informáticos.

Proveedores comerciales de herramientas de RPA afirma que, desde 2016, existe un aumento exponencial de la demanda, utilizando esta herramienta para algunos campos como la auditoría o la industria.

### 3.2.5. Inteligencia Artificial

Actualmente, la IA está en boca de todos debido al “boom” de aplicaciones que utilizan la tecnología para resolvernos dudas, o facilitar

nuestro trabajo. Para un uso educativo, o de ocio, las IAs han crecido exponencialmente en este último año, y como muestra de ello tenemos la explosión de algunos softwares de IA como ChatGPT o Dall-E. El primero, ChatGPT, consiste en un chatbot de IA desarrollado por la empresa OpenAI y lanzado en noviembre de 2022. Desde su lanzamiento, su uso y popularidad han crecido hasta niveles insospechados, poniendo en jaque a metodologías tradicionales, haciendo que estas tengan que ser revisadas. Desde pedirle un resumen de un libro, a la fórmula y pasos necesarios para crear una empresa de éxito; todo es posible para este software de IA. El segundo ejemplo que poníamos, Dall-E, es otro programa de IA creado por la misma empresa, OpenAI, que crea imágenes a partir de descripciones textuales. El abanico de posibilidades de estas herramientas es infinito, por lo que personalidades como Elon Musk o Bill Gates han llegado a alabar esta tecnología. Este último decía textualmente: “El desarrollo de la IA es tan fundamental como la creación del microprocesador, el ordenador personal, Internet y el teléfono móvil. Cambiará la forma en que las personas trabajan, aprenden, viajan, reciben atención médica y se comunican entre sí. Industrias enteras se reorientarán en torno a él. Las empresas se distinguirán por lo bien que lo usan.”

Hace tiempo, la Inteligencia Artificial (IA) era un concepto dividido en grandes campos de aplicación. Algunos de ellos eran el procesamiento del lenguaje natural, la programación automática, la robótica, la visión por ordenador, la demostración automática de teoremas, la recuperación inteligente de datos, etc. Hoy en día, estos campos de aplicación son tan amplios que cada uno podría considerarse un campo en sí mismo. En la actualidad se describe mejor como un grupo de ideas básicas que subyacen a muchas de estas aplicaciones. El uso de la IA por las máquinas para completar tareas complejas, reducir costes y mejorar la calidad de los bienes y servicios es el principio básico de las fábricas inteligentes y la industria 4.0.

La IA es una tecnología clave en la Industria 4.0, ya que permite una mayor automatización y mejora en la toma de decisiones en la producción. Esta se utiliza en una variedad de aplicaciones en la Industria 4.0, tales como la predicción de fallos antes de que ocurran, la optimización de procesos y reducción de costos, controles de calidad y toma de decisiones, entre otras muchas. Como explican los autores I. Ahmed, G. Jeon y F. Piccialli en su estudio sobre la IA en la industria 4.0, podemos encontrar distintos subgrupos dentro del mundo de las IAs:

#### 3.2.5.1. Machine Learning

El Machine Learning es un subgrupo dentro de las IAs que describe uno de los principios básicos de la IA, el aprendizaje automático. Aprende de experiencias o conjuntos de datos en lugar de solo instrucciones. Los métodos basados en Machine Learning aprenden y mejoran automáticamente los resultados del sistema mediante el entrenamiento. Estos métodos estudian el resultado final de cada patrón reconocible y buscan aspectos de ingeniería inversa para proporcionar un resultado. Desarrolla un sistema de cómo tomar decisiones y conclusiones basado en experiencias previas.

#### 3.2.5.2. Deep Learning

El Deep Learning va un paso más allá, siendo un subconjunto dentro de las IAs y del Machine Learning. Dirige un sistema o máquina para manejar información a través de capas, para clasificar, interpretar y predecir el resultado. Algunos enfoques del Deep Learning utilizados principalmente son las redes neuronales convolucionales (CNN), redes neuronales recurrentes (RNN) y las redes neuronales generativas (GNN). Las redes neuronales del Deep Learning funcionan casi con los mismos principios que las células neuronales humanas. Un grupo de métodos o algoritmos obtiene la correlación entre diferentes variables subyacentes y prepara los datos como lo haría un cerebro humano. El Deep Learning está creciendo con éxito a medida que los sistemas o modelos pueden ofrecer

una precisión de última generación. Autores como Diez et al. utilizaron métodos basados en el Deep Learning para el mantenimiento y análisis descriptivos, predictivos y prescriptivos en la Industria 4.0. Otros investigadores presentaron un modelo basado en CNN para sistemas de inspección en tiempo real y detección temprana de fallos para la industria manufacturera.

#### 3.2.5.3. Procesamiento Natural del Lenguaje (NLP)

El procesamiento natural del lenguaje (Natural Language Processing, NLP) consiste en una tecnología de comprensión, interpretación y lectura de un lenguaje por una máquina o un sistema. Una vez que el sistema entiende lo que el usuario trata de comunicar, actúa de forma acorde. Por tanto, podríamos decir que el objetivo de la tecnología NLP es reconocer y entender el lenguaje humano para presentar un resultado de manera concluyente. La mayoría de los métodos de NLP, hoy en día, usan tecnologías basadas en el Machine Learning y Deep Learning para extraer información del lenguaje humano. Algunos autores acercaron esta tecnología al ambiente industrial, como Zhou et al, que estudiaron un método basado en el NLP llamado Latent Dirichlet Allocation para trabajar en la cadena de suministros multiniveles en aplicaciones industriales.

#### 3.2.5.4. Computer Vision (CV)

El CV es un área de investigación actual donde se producen sistemas que permiten a los ordenadores ver, interpretar y entender videos e imágenes. El objetivo de esto es sacar conclusiones a partir de referencias visuales y utilizarlas para resolver problemas del mundo real. Actualmente hay muchas aplicaciones del CV, y se prevé que en el futuro estas crezcan exponencialmente. Algunas organizaciones industriales utilizan esta tecnología para la detección de fallos. Otras organizaciones financieras para la prevención de fraude, permitir depósitos móviles y mostrar información visualmente. Como ejemplo real encontramos el proyecto de la empresa Sadako Technologies, que han creado una tecnología de visión por

computador aplicable en el ámbito del reciclaje. Entre otras cosas, dotan de ojos inteligentes al robot separador de residuos Max-AI, un producto de la empresa estadounidense Bulk Handling Systems (BHS) con la que están asociados desde hace 3 años. Introduciendo esta tecnología en las líneas y cadenas de reciclaje, la maquinaria con visión computacional puede detectar, reconocer y distinguir los residuos de manera selectiva. La primera unidad de Max-AI Autonomous QC está en funcionamiento desde abril de 2017 en una planta de tratamiento de residuos de Sun Valley (California), y su lanzamiento ha tenido un gran impacto en el sector. La revolución ha sido tal, que han sido galardonados con NVIDIA Early Stage Challenge 2016; el Premio R de ECOEMBES 2015, el Seal of Excellence Certificate del Programa Horizonte Europa 2020 de la Comisión Europea; y el sello «Pyme Innovadora» del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

Tras haber estudiado de manera pormenorizada las tecnologías más importantes de la Industria 4.0, se puede observar en la siguiente figura un resumen de estas con sus características más relevantes:

Tecnología	Características principales
Internet de las Cosas (IoT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexión entre dispositivos mediante sensores y dispositivos de comunicación.</li> <li>- Recopilación e intercambio de datos.</li> <li>- Tecnologías: RFID, WSN, Computación en la nube.</li> </ul>
Big Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento y tratamiento de datos a gran escala.</li> <li>- Caracterizado por las 7 V: Volumen, Variedad, Velocidad, Veracidad, Valor, Viabilidad y Visualización.</li> <li>- Software de Big Data: Hadoop, Cassandra, SimpleDB, MongoDB...</li> </ul>
Robótica Avanzada y Colaborativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cooperación humano – robot.</li> <li>- Industrial, colaborativa y de servicios.</li> </ul>

Automatización Robótica de Procesos (RPA)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ejecución automática de tareas administrativas, científicas o industriales.</li><li>- Utilización de autómatas en la ejecución de tareas en lugar del hombre</li></ul>
Inteligencia Artificial (AI)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Es aplicada a maquinaria para completar tareas, reducir costes y mejorar la calidad de bienes y servicios.</li><li>- Trae consigo una mayor automatización y mejor toma de decisiones.</li><li>- Aplicaciones de la IA: Machine Learning, Procesamiento Natural del Lenguaje, Computer Vision...</li></ul>

*Figura 9: Tabla resumen de las tecnologías principales de la Industria 4.0 (Fuente: Elaboración propia)*





# Segunda Parte

---



#### 4. La almazara como industria del siglo XXI

Tras haber estudiado qué es el concepto “Smart”, la Industria 4.0 y las tecnologías que la forman, el siguiente paso será estudiar un proceso productivo de forma pormenorizada para, después, intentar aplicarle algunas mejoras relacionadas con la Industria 4.0, y conocer de primera mano si es posible conseguir una mayor eficiencia y un mayor ahorro en todo el proceso.

El proceso elegido para su estudio, y posterior mejora será el sistema productivo de una almazara tipo, desde la llegada de la aceituna por parte de los proveedores, hasta el envasado, etiquetado final del aceite, y puesta en el mercado.

El concepto de almazara o trujal apareció hace miles de años, incluso los romanos utilizaban un proceso similar de prensa y molienda de la aceituna. No fue hasta la época árabe que tomó su nombre actual: Almazara, del árabe *al-ma'sara* (del verbo 'asar', exprimir), "la que extrae". En sentido estricto la palabra determina tanto el conjunto de instrumentos que componen su función como el edificio que los alberga.

Este proceso ha ido evolucionando hasta lo que entendemos hoy día como almazara de aceite. Actualmente, representa una industria muy importante a nivel nacional. Tanto es así que el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación cataloga este sector como un pilar fundamental en el sistema agroalimentario español. España es líder mundial en superficie, producción y comercio exterior del aceite de oliva, gracias a tradición olivarera de nuestro país, y a una industria tecnológicamente avanzada y profesional.

Para ponernos en contexto de la importancia del sector olivarero español, podemos observar los siguientes datos:

- La producción nacional de aceite de oliva supone el 70 % de la producción total de la UE, y el 45% de la mundial (Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

- En valores absolutos, España produce de media 1,324 millones de toneladas por año, con algún año puntual llegando a superar los 1,780 millones de toneladas (Fuente: International Olive Council, 2022).

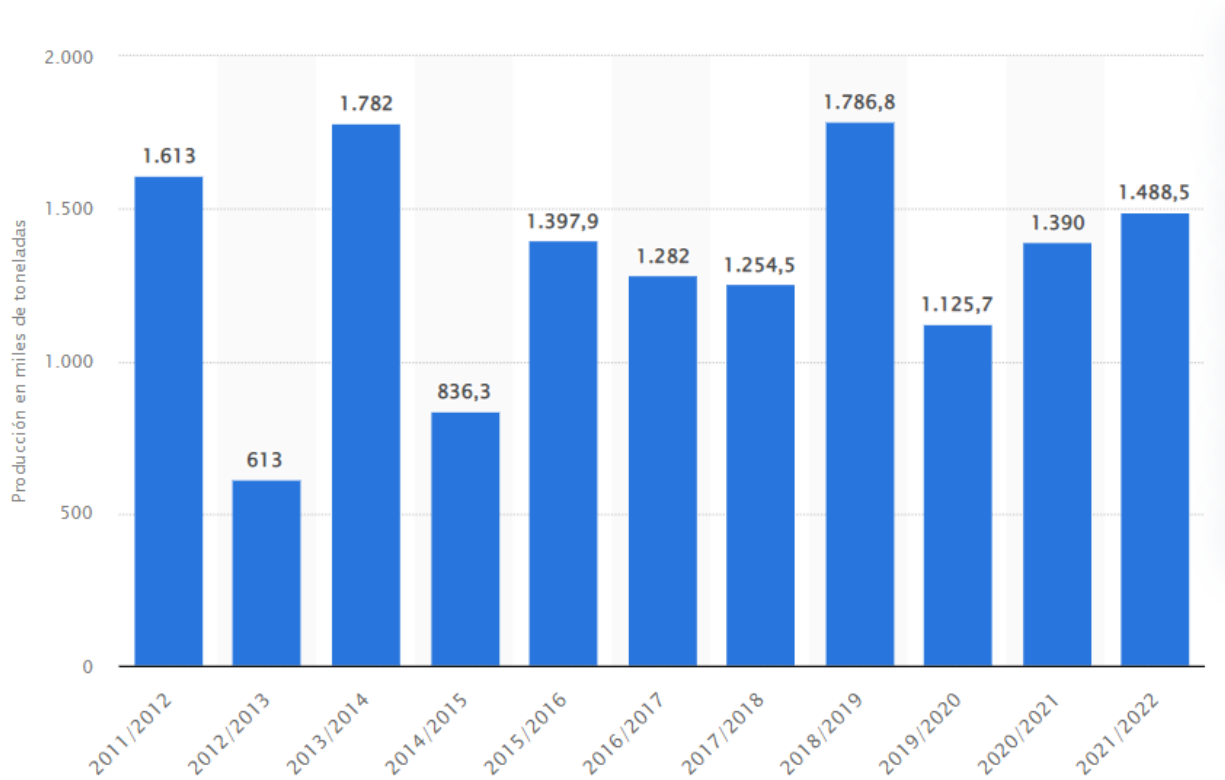


Figura 10: Producción por años de aceite de oliva en España (Statistica, 2023)

- Andalucía es la comunidad autónoma española que más aceite de oliva produce, con alrededor del 80% de la producción total del país. (Fuente: Junta de Andalucía).
- En España hay alrededor de 1.700 almazaras (fábricas de aceite de oliva) registradas, de las cuales más del 70% se encuentran en Andalucía. (Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023)

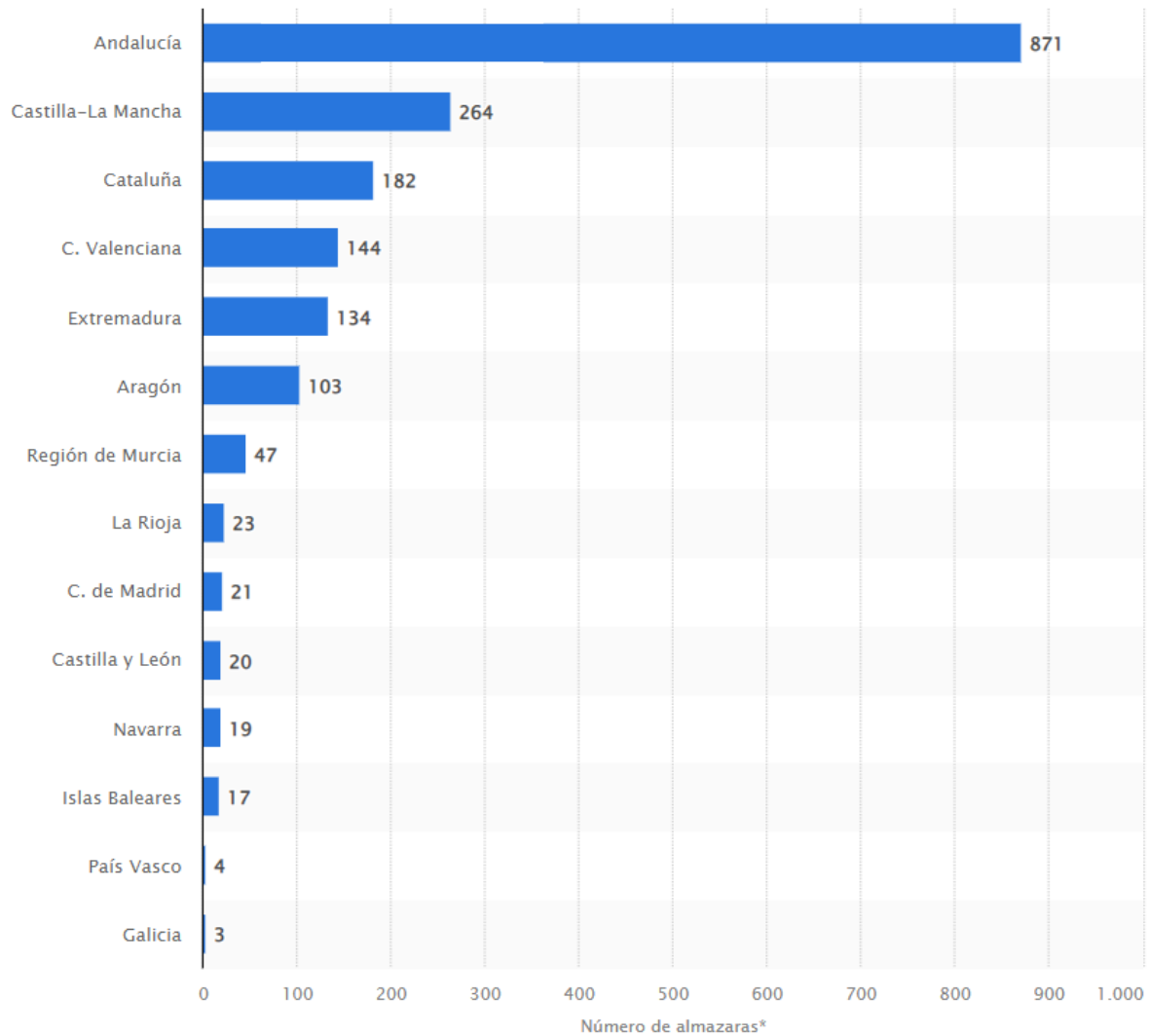


Figura 11: Número de almazara por Comunidad Autónoma en España (Statistica, 2023)

- En 2020, con una cuota de mercado del 30%, España exportó más de 1,2 millones de toneladas de aceite de oliva por un valor de más de 3.000 millones de euros. (Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

Sin embargo, aunque se hable de grandes cifras económicas, el inicio del proceso no deja de ser en su gran mayoría un pequeño o mediano agricultor que recoge su producción de aceitunas de sus olivos y lo transporta a estos molinos de aceite (almazaras). En definitiva, este sector que tiene una alta relevancia en el Producto Interior Bruto nacional, y se exporta desde nuestro país a casi todo el mundo, empieza con algo tan tradicional y "simple" como una almazara.

Por la importancia del sector en nuestro país, y sobre todo en Andalucía; por ser un proceso que, a lo largo de la historia, ha evolucionado de forma moderada; y que termina siendo un proceso productivo “manejable” para su estudio, son las razones por la que este proceso productivo ha sido elegido para su estudio y posterior mejora a través de las tecnologías de la industria 4.0, en el intento de poder conseguir una almazara inteligente y conectada.

## 5. Parámetros de la aceituna y el aceite

Para estudiar el proceso productivo del aceite, y mejorar la obtención de este, tanto su eficacia como calidad, es importante conocer los parámetros clave a la hora de trabajar con el producto. En la obtención del aceite hay dos parámetros que son fundamentales para sacar el máximo provecho a la aceituna y obtener el resultado de mayor calidad. Estos son la humedad de la aceituna y la acidez del aceite resultante.

### 5.1. Humedad de la aceituna:

El olivar es, tradicionalmente, un cultivo propio de clima mediterráneo, por lo que es considerado de secano. Esto no quita que tenga sus necesidades hídricas para su correcto desarrollo. Dependiendo de la fase del ciclo en la que se encuentre la aceituna, el efecto de las lluvias, y por lo tanto de la humedad, es beneficioso o perjudicial. Durante los primeros meses de floración y cuajado de la aceituna, es importante que el campo reciba una alta dosis de agua, ya que de lo contrario se reduciría el proceso de floración y formación de la aceituna, afectando gravemente a la cosecha. El punto más crítico de la aceituna es la fase conocida como maduración. En este momento es cuando se van a consolidar los porcentajes de agua y aceite de los frutos, y no interesa ni que la aceituna sufra ausencia de aguas y por tanto no madure de la manera correcta, ni que sufra un exceso de agua que altere el reparto porcentual de agua y aceite, disminuyendo el rendimiento de la cosecha.

Estos datos y porcentajes serán imprescindibles, como veremos más adelante, para estudiar el rendimiento que tendrá la cosecha que llega a la almazara y poder estimar un volumen final de aceite que se obtendrá.

## 5.2. Acidez del aceite:

El aceite se genera de manera natural dentro de la aceituna formando triglicéridos. Cada uno de estos es un paquete formado por tres ácidos grasos unidos por una molécula llamada glicerol. La unión de esta molécula con los tres ácidos grasos no es muy fuerte, por lo que ante cualquier ambiente agresivo se rompe y deja libre estos ácidos, lo que hace que se degrade ese aceite. La acidez del aceite mide la cantidad de ácidos grasos libres que hay en el aceite, por ello el parámetro de la acidez es un indicador general de la calidad de los aceites de oliva vírgenes.

En España, la organización que establece los estándares de calidad del aceite de oliva es el Consejo Oleícola Internacional. Este establece unos valores exactos para la clasificación del aceite de oliva, que vienen a ser los siguientes:

- Aceite de oliva virgen extra: Acidez máxima de 0,8%.
- Aceite de oliva virgen: Acidez máxima de 2%.
- Aceite de oliva refinado: Acidez máxima de 0,3%.

Todo aceite que supere los 2% de acidez es considerado aceite lampante.

La acidez puede aumentar por muchos motivos: oxidación de la aceituna antes de su tratamiento, oxidación de la pasta en medio del proceso o en la conservación del aceite resultante.

Por ello, será de vital importancia controlar estos parámetros (humedad y acidez) para asegurar la buena calidad del producto final.

## 6. Estudio del proceso productivo de una almazara

Tras exponer la importancia del sector olivarero español, y del concepto de la almazara desde hace miles de años, nos dispondremos a estudiar de forma pormenorizada el proceso productivo que se lleva a cabo en una almazara hasta la obtención del aceite.

Se deben distinguir tres procesos fundamentales: la recepción de la aceituna y su limpieza para ser tratada, el tratamiento de la aceituna hasta conseguir el aceite, y la producción de aceite lampante.

A la llegada de los agricultores con la aceituna, se tomará la decisión de hacer un aceite propio o el genérico de la almazara. Si la elección del agricultor es hacer un aceite propio se deberá esperar a que haya una tolva vacía, para que este aceite no se mezcle con el genérico que se está llevando a cabo. Aun así, la aceituna seguirá, más tarde o más temprano, los mismos pasos que aquellas destinadas para hacer el aceite genérico de la almazara. Véase la Figura 9, en el que se representa desde la llegada de los camiones con el cargamento de aceitunas, la toma de decisiones y las salidas pertinentes.

Tras la llegada de la aceituna, estas pasarán a una de las 3 líneas separadas de recepción, donde se diferenciarán en función de la suciedad de la aceituna. El responsable de llevar a cabo esta separación es un auxiliar de recepción que, tras un breve vistazo a la llegada del cargamento, decidirá cuál es el camino que deberá tomar la aceituna y, por tanto, donde deberá el agricultor dejar el cargamento. Si en la línea adjudicada hay cola, deberá esperar, y si no, se depositará la aceituna con ayuda de este auxiliar.

Una vez depositado el cargamento, el siguiente paso será tomar los datos de esta, y del cliente. Se pedirán datos del propietario, si es cliente de la almazara o no, escritura de la titularidad de la finca de procedencia de la aceituna, etc.

Ya tomados los datos, se calcula el volumen de aceite que el cliente obtendrá. La almazara se queda con un 3% de lo depositado. Por tanto, para conocer lo que realmente obtendrá según el rendimiento de la aceituna se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{rendimiento} - 3)}{100} \times \text{kg depositados}$$

El resultado, en kilogramos, se pasará a litros a través de la equivalencia 1 Litro = 0.92 kilogramos.



El rendimiento de la aceituna se sabrá tras un proceso de estudio del muestreo, enviando este a un laboratorio que tarda 48h en proporcionar los resultados, debido a que la almazara de estudio no dispone de las herramientas necesarias para su cálculo. Por tanto, los clientes dejan la aceituna sin saber los litros de aceite que obtendrán, y volverán días después para conocerlo.

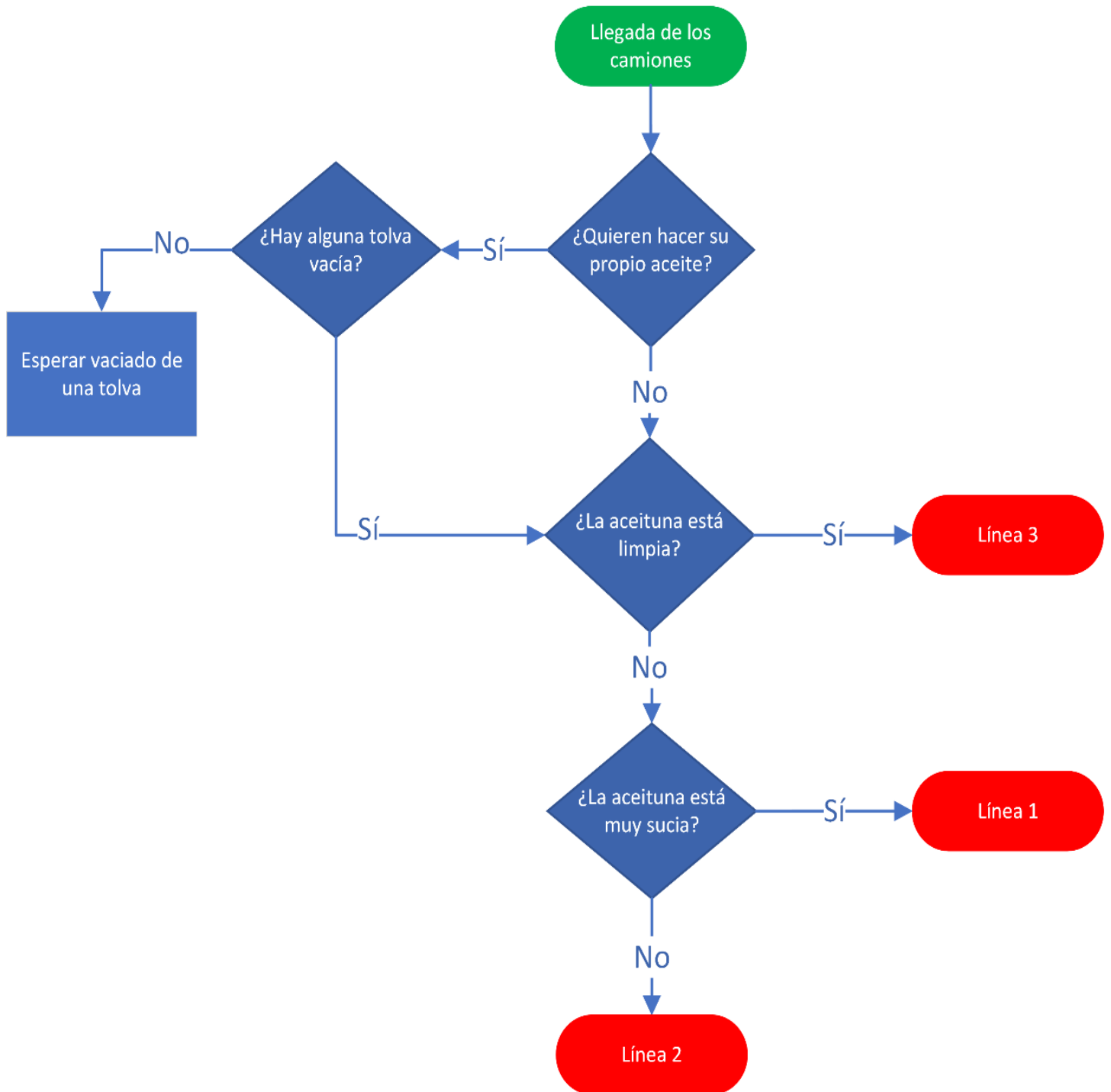


Figura 12: Llegada de la aceituna y toma de decisiones inicial (Elaboración propia)

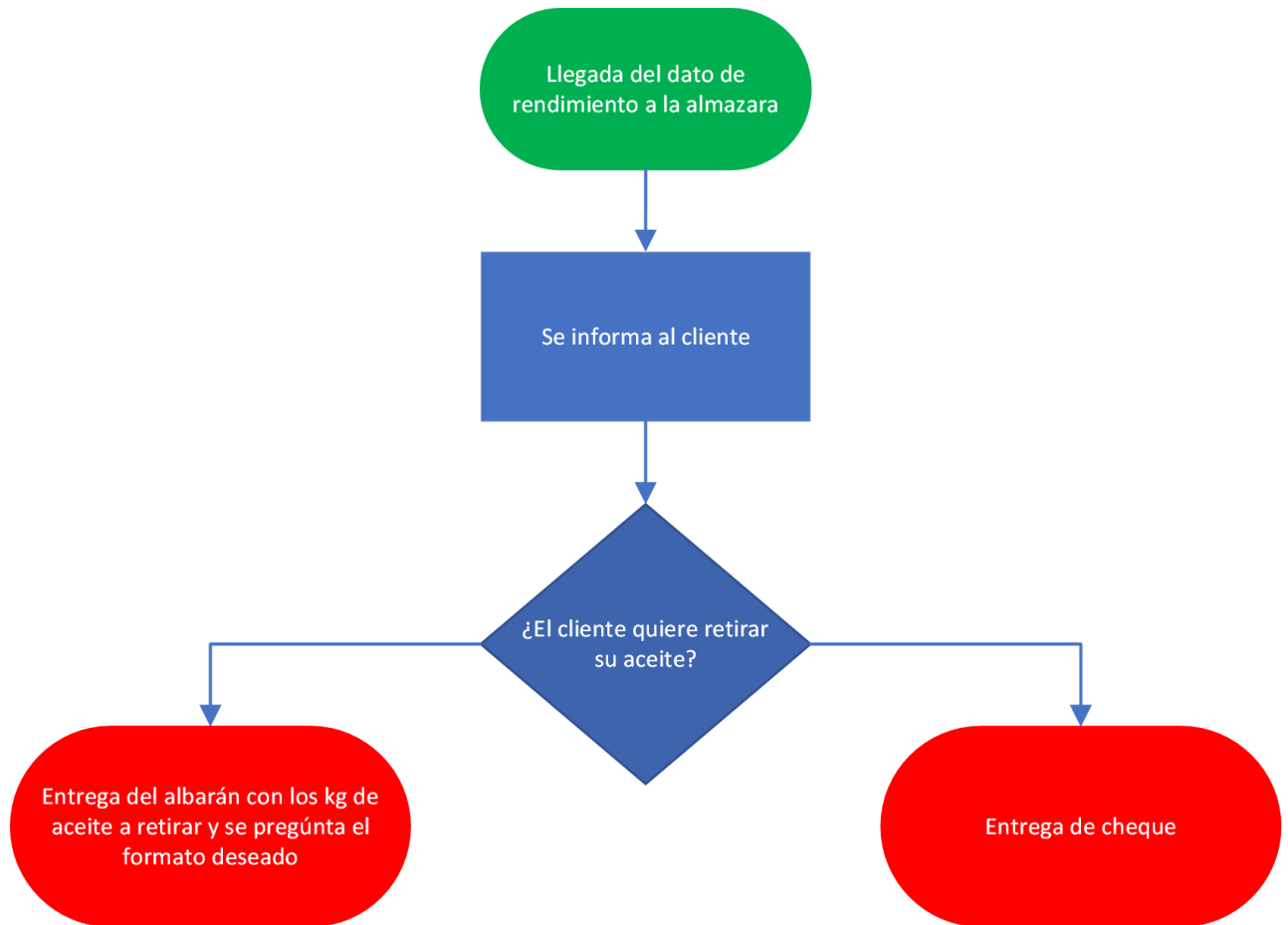


Figura 13: Llegada del resultado del rendimiento y decisión sobre la retirada de aceite  
(Elaboración propia)

### 6.1. Diagrama de procesos de la aceituna

Como hemos comentado anteriormente, las líneas de recepción son tres líneas diferenciadas dependiendo de la suciedad de la aceituna. La idea del proceso es prácticamente idéntica para cualquiera de las tres líneas de recepción, con la singularidad de que, para las líneas 1 y 2 (aceituna muy sucia y aceituna sucia), añadiremos el paso de estas por las sopladoras/ablenadoras 1 y 2 respectivamente, para desprendernos de las hojas que puedan acompañar a las aceitunas. Además, para la línea 1

también se añadirá el paso por la lavadora, una vez hayan pasado por la noria, para terminar de limpiarla.

Por tanto, el proceso normal de la aceituna comenzaría a partir de la llegada de la aceituna a la tolva. Tras esto, como hemos dicho, las líneas 1 y 2 añadirán el paso de la sopladora/ablentadora, para después seguir su curso pasando por la noria. Esta noria tiene como objetivo dosificar la caída de la aceituna en la cinta, para evitar que esta vaya amontonada. Este momento es el elegido por el auxiliar para recoger la muestra necesaria para conocer el rendimiento de la aceituna. Estas muestras recogidas al azar se retirarán a una bolsa, y quedarán a la espera de recibir una etiqueta con un número de lote que será asignado por el encargado de recepción a partir de que el cargamento de las aceitunas pase a la báscula, que será el siguiente paso del proceso para las líneas 2 y 3, y el paso siguiente a la lavadora para la línea 1. Este número de lote es necesario para que, al enviar la muestra al laboratorio, este no tenga datos de la aceituna en cuanto al cliente, sino en cuanto al cargamento únicamente.

Tras el pesaje de las aceitunas en sus respectivas líneas, todas van a parar a las tolvas de almacenamiento. Estas se diferenciarán de la siguiente manera:

- Tolva nº 1: aceituna limpia propia de las fincas de la almazara.
- Tolva nº 2: aceituna más sucia, ya sea de la finca propia o externa.
- Tolva nº 3: aceituna limpia externa.
- Tolva nº 4: reservada a clientes importantes con grandes cargamentos.

Tras la báscula, el auxiliar de recepción dirigirá la aceituna a una de estas tolvas. Una vez almacenada la aceituna, esta seguirá una de las tres líneas de producción de aceite, dos de ellas para la producción de aceite de oliva y la tercera para la producción de aceite lampante de la aceituna molturada, orujo.

Hasta aquí, el proceso es al aire libre, como se puede observar en el plano que se aportará más adelante.

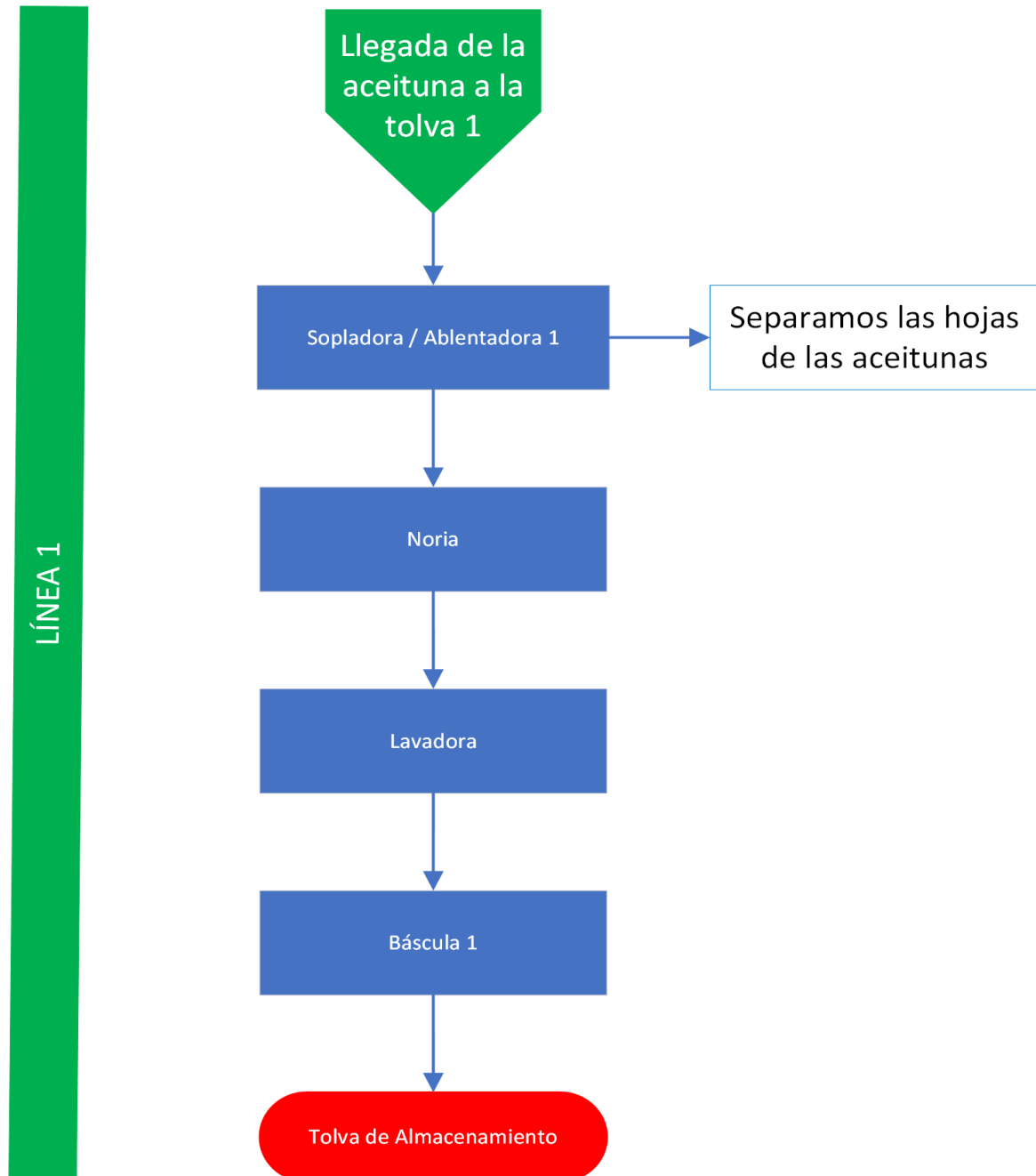


Figura 14: Proceso de la línea de recepción 1 para la aceituna muy sucia (Fuente: Elaboración propia).

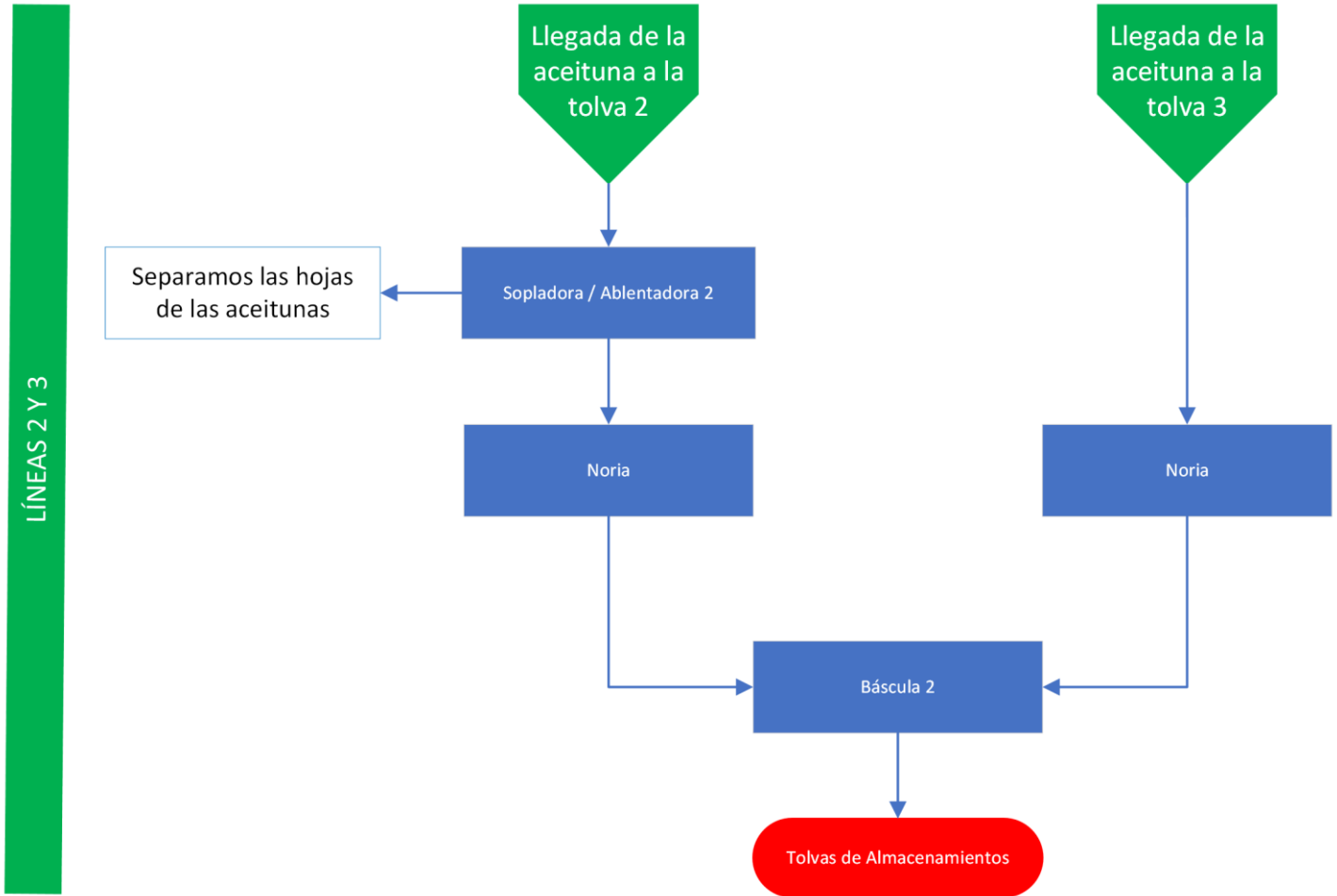
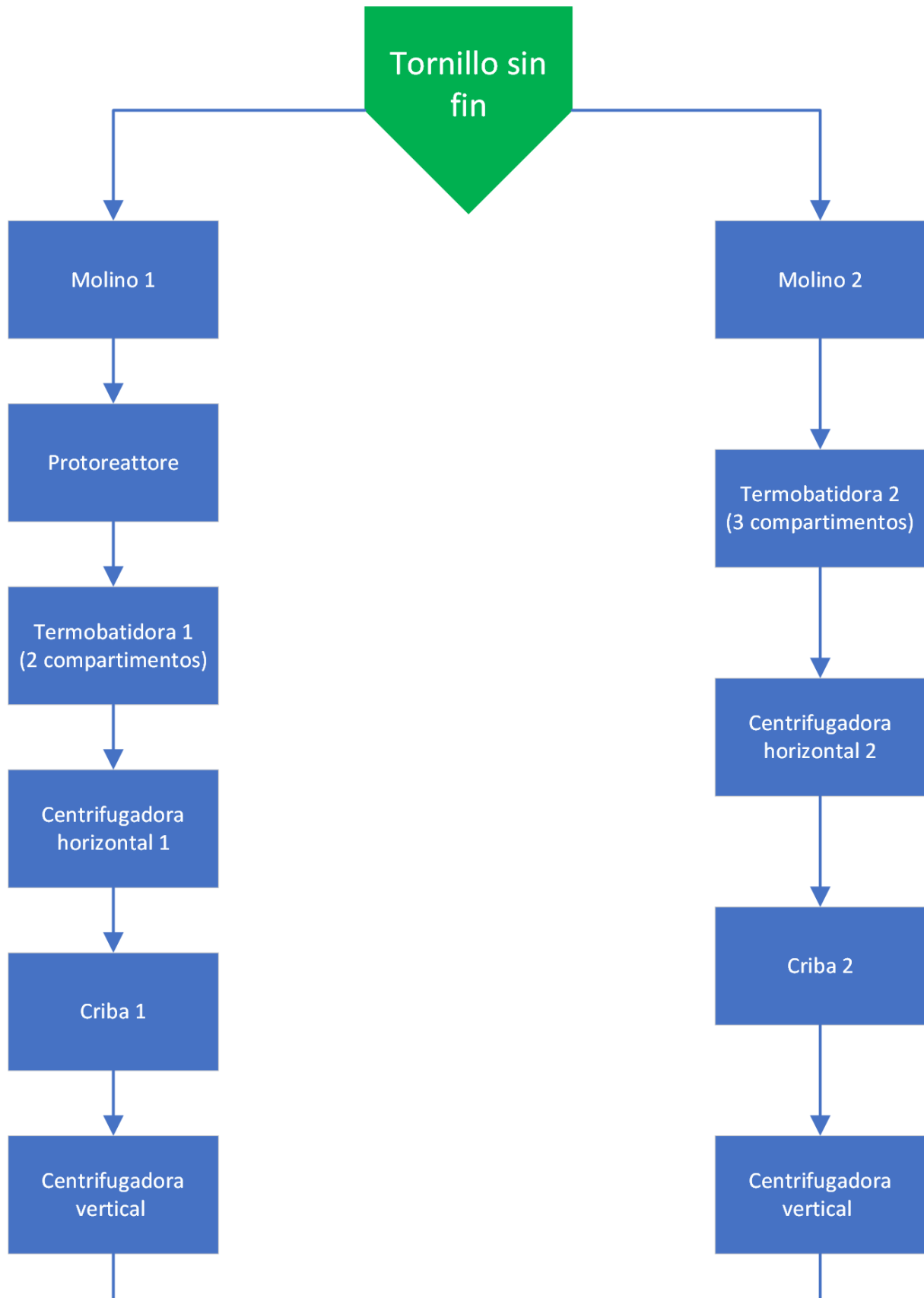
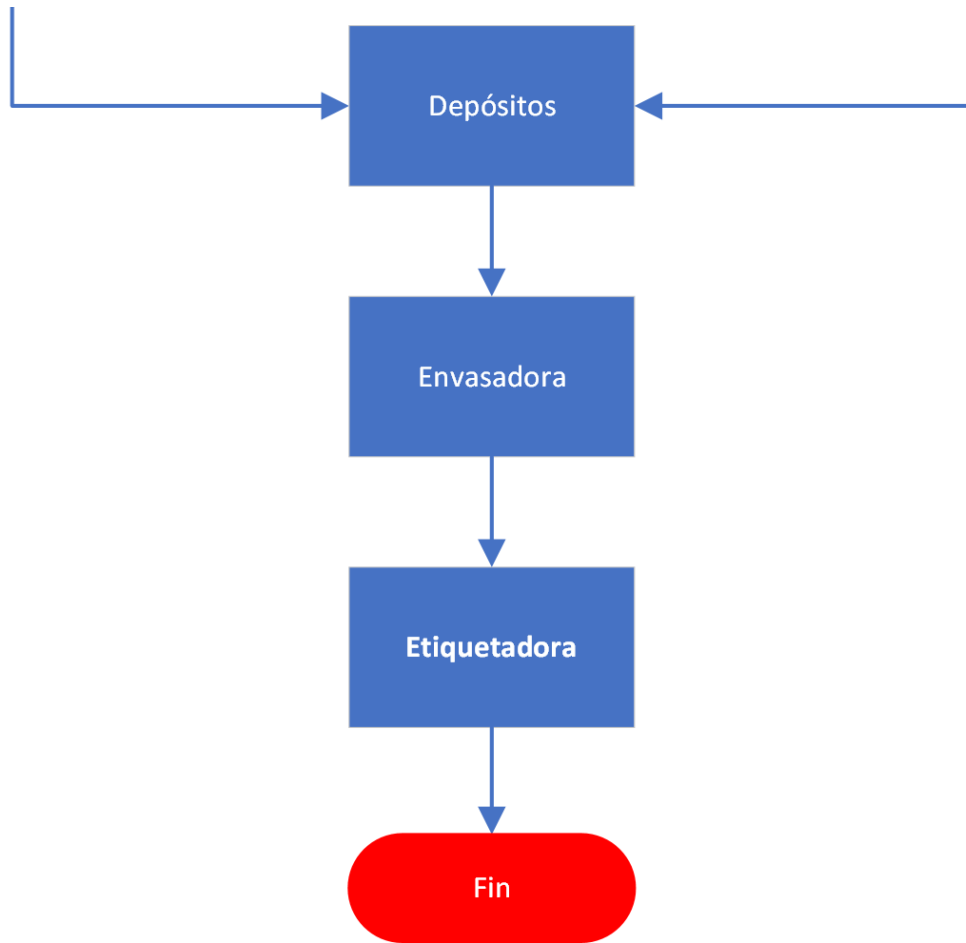


Figura 15: Proceso de las líneas de recepción 2 y 3 para las aceitunas más limpias  
(Elaboración propia).

## 6.2. Diagrama de procesos del aceite de oliva





*Figura 16: Proceso de obtención, envasado y etiquetado del aceite de oliva mediante dos líneas de producción (Elaboración propia).*

Tras el almacenaje de la aceituna en las tolvas comentadas, comienza después el proceso de adquisición del aceite de oliva. Estas aceitunas dejan las tolvas entrando en un tornillo sin fin que las llevará a una de las dos líneas de producción de aceite de oliva. Ambas tienen como resultado final el envasado y etiquetado del aceite producido, sin embargo, la línea 1 consta de un paso extra que se comentará a continuación.

El tornillo sin fin tiene como finalidad dosificar la caída de la aceituna antes de llegar al molino, donde se machacará para separar la masa y desprenderse del hueso.

Tras el paso de la aceituna por el molino, en la línea 1 llegamos al protoreactor, una revolucionaria amasadora de la pasta de las aceitunas capaz de optimizar tiempos, reducir costes del proceso y mejorar la calidad del proceso final. Consigue homogeneizar la pasta más rápidamente que el proceso convencional a presión constante, y de forma que el trabajo con la aceituna se produzca en condiciones herméticas que hagan que no pierda sabor ni olor.

Esta masa que sale del protoreactor pasa a una termobatidora de 2 compartimentos. La masa que saldría del molino 2, sin pasar por el Protoreactor, irá directa a la termo batidora 2. Aquí podremos observar otra diferencia más debido al uso de esta moderna máquina. Mientras que la masa del proceso de la línea 2 se trabaja en los dos compartimentos de la termobatidora 2, la que sale de la línea 1 será trabajada en un solo compartimento de la termobatidora 1, por lo que, aparte de mejorar el rendimiento, el aceite extraído es de mejor calidad.

Las centrifugadoras horizontales (1 y 2) serán el siguiente paso de la masa, en su camino a convertirse en aceite de oliva. Aquí, nos encontramos con una máquina de dos fases. El líquido obtenido, que consta de una mezcla entre agua y aceite, es separado del sobrante de masa, conocido como orujo, mediante unos dientes giratorios. Este líquido es posteriormente enviado a unas cribas, donde se separa de nuevo del posible sobrante que haya, sean huesos o masa.

Tras este cribado, la mezcla líquida heterogénea de agua y aceite pasa a otras centrifugadoras, esta vez verticales, cuya función será separar por decantación el agua del aceite. Mediante unas tuberías, este aceite será enviado a unos depósitos de extracción en frío. Allí, será embotellado y etiquetado de la forma pertinente.

El proceso de embotellado es apoyado por un operario (dos si la carga de trabajo es alta, como por ejemplo en plena campaña), interviniendo en dos ocasiones:

- Colocando la garrafa de 5 L en la cinta transportadora de la envasadora.

- Retirándola tras el llenado y etiquetado para colocarla en su caja.

Lo restante del último proceso de separación y que, por tanto, no vale para la producción de aceite de oliva, se filtra a dos depósitos consiguiendo el conocido aceite de repaso mediante extracción en caliente. Este se venderá a orujeras ya que la almazara que estamos estudiando no trabaja este producto.

### 6.3. Diagrama de procesos del aceite lampante

Como hemos visto en el estudio del proceso de producción del aceite de oliva, tras el paso por la centrifugadora horizontal se separa una parte líquida y otra sólida. Esta parte sólida se aprovecha para obtener otro tipo de aceite, llamado aceite lampante, que no es apto para el consumo. Este aceite, hace muchos años, era el usado en las lámparas de aceite, de ahí su nombre. Era un aceite de costosa producción y que carecía de interés al no servir para el consumo. Sin embargo, tras la creciente importancia del aceite de oliva virgen y el aceite de oliva virgen extra, se ha encontrado una manera de aprovechar este aceite, refinándolo y consiguiendo reducir sus valores de acidez y su fuerte olor, para mezclarlo con otras variedades de aceite de oliva y conseguir un producto de menor calidad, pero también más atractivo económicamente para el consumidor.

Por tanto, la tercera línea de producción de la almazara trabaja este aceite desde su separación en la centrifugadora hasta el producto final, que será comercializado a las refinerías.

Tras la salida de la centrifugadora, la materia pasa por otro protoreactor. De este, seguirá su camino hacia un decantador Leopard, y seguidamente, a una centrifugadora horizontal de tres fases. En esta, se

separará el aceite lampante del agua u de la masa no grasa (hueso, pulpa y orujo).

La cantidad de aceite sustraído de todo este proceso supone un 1,5% de la producción total de la almazara, por lo que podemos concluir que es una cantidad mínima en comparación con la producción de aceite que se obtiene.

La masa que se extrae de aquí pasa a un separador de hueso. La masa sobrante se venderá a una orujera, y el hueso se consumirá en las propias calderas de la almazara. El agua, por otro lado, se reutilizará para regadío. Por último, el alpechín, que es un líquido oscuro, con un olor muy desagradable, se embalsa para que se vaya evaporando.

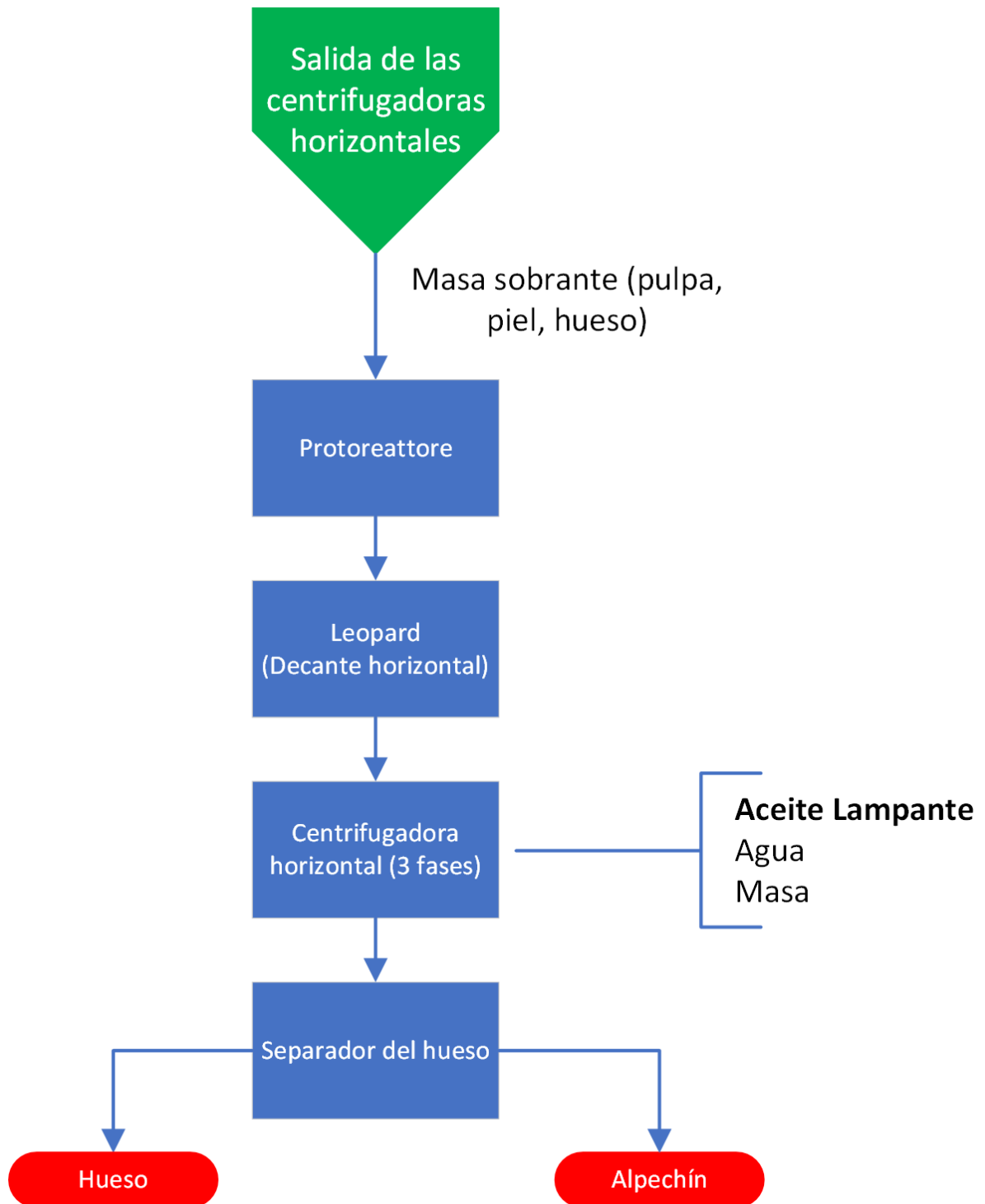
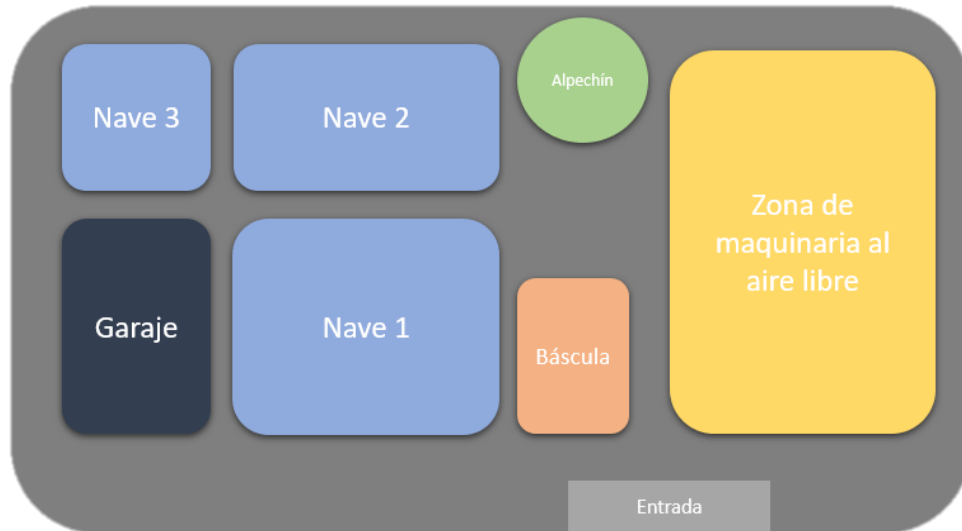


Figura 17: Proceso de obtención del aceite lampante (Elaboración propia).

Para clarificar cómo estaría compuesta la almazara, y su disposición, se mostrarán varios esquemas explicativos de la distribución de esta empresa tipo que estamos estudiando.



*Figura 18: Esquema de distribución de la almazara (Elaboración propia).*

Como podemos ver, justo a la entrada de la almazara encontramos la báscula, donde los camiones cisterna se pesarán, tanto vacíos como una vez llenos, para calcular la cantidad de aceite que retiran. Además, encontramos justo a su lado la zona de maquinaria al aire libre. En esta zona se llevará a cabo todo el proceso de limpieza y lavado de la aceituna mediante las tres líneas de recepción que comentamos anteriormente. En primer lugar, se ubicarán las tolvas de recepción, que es donde llega el cliente una vez esperada la cola, y a través de las cintas la aceituna va siguiendo el recorrido hasta depositarse en las tolvas de almacenaje.

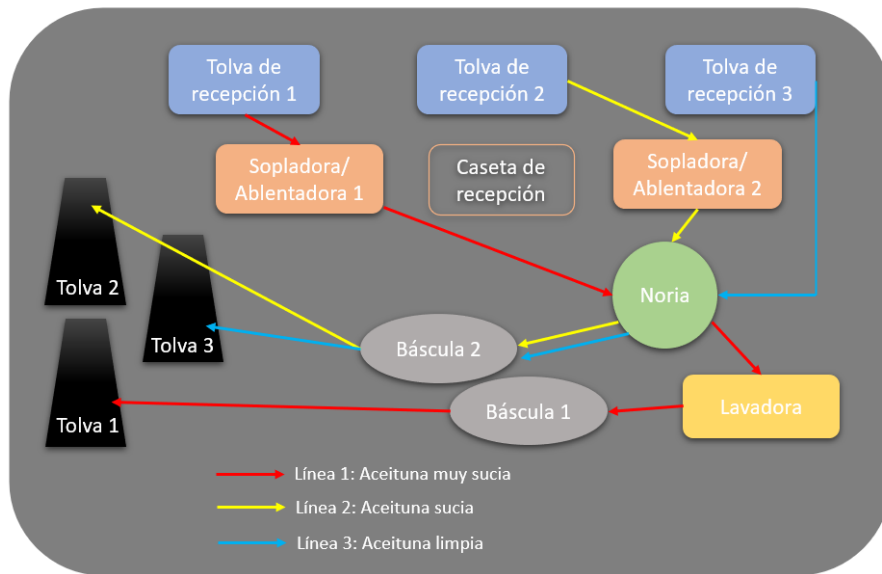


Figura 19: Esquema de distribución de las líneas de recepción (Elaboración propia).

De la distribución de la nave 1 es importante destacar la posición del tornillo sin fin y las centrifugadoras horizontales. Mientras que el primero debe estar lo más cerca posible a la zona al aire libre para que la aceituna llegue desde las tolvas de almacenaje recorriendo el camino mínimo, las centrifugadoras horizontales deben estar próximas a las naves 2 y 3 para continuar con el proceso de envasado y etiquetado (nave 3), y aquel aceite que no sirve, tome el camino hacia la nave 2 para tratarlo como aceite lampante y poder aprovecharlo al máximo.

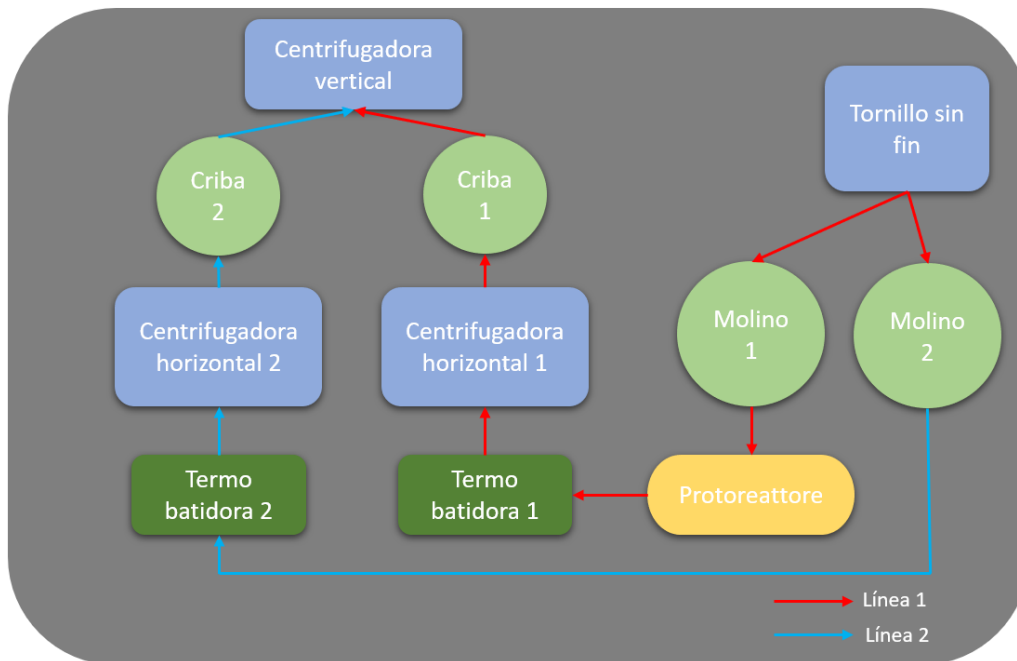
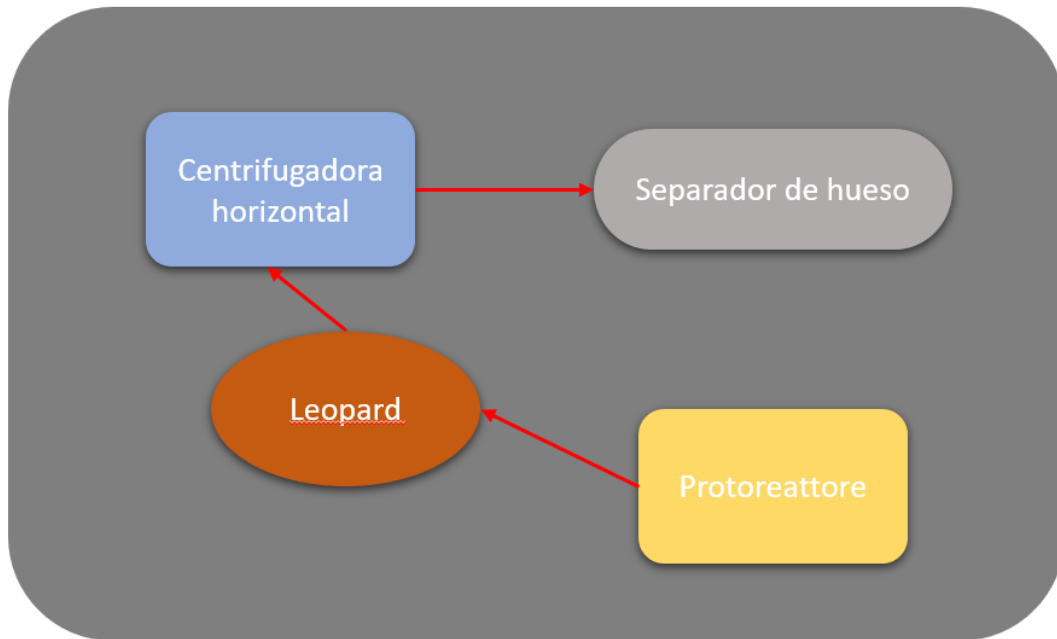


Figura 20: Esquema de distribución de la nave 1 (Elaboración propia).

En la nave 2, como hemos comentado se realizaría el tratamiento del aceite lampante, obteniendo además agua para regadío, hueso para la calefacción y alpechín, que será depositado en la balsa que se encuentra al lado de la nave.



*Figura 21: Esquema de distribución de la nave 2 (Elaboración propia).*

Por último, en la nave 3 encontraríamos los depósitos que, a través de tuberías conectan con la envasadora cuando el operario abra las llaves de paso correspondientes. A continuación, llegaría a la etiquetadora y después a la zona de embalaje para ser embalado y preparado para la retirada por parte del cliente.

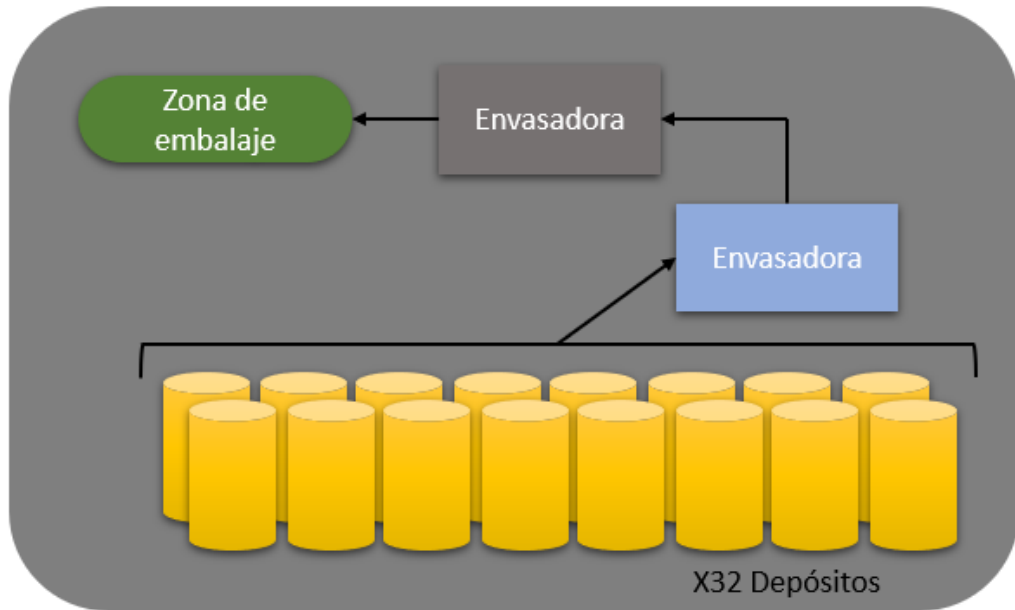


Figura 22: Esquema de distribución de la nave 3 (Elaboración propia).





# Tercera Parte

---



## 7. Mejoras propuestas

Tras haber estudiado de forma pormenorizada qué es y qué conforma la Industria 4.0, y haber desgranado y entendido cómo funciona el proceso productivo del aceite de oliva en una almazara tipo, es momento de tratar de aplicar esas mejoras estudiadas en la primera parte en la producción de aceite. Para ello, trataremos de encontrar aquellos puntos donde exista la posibilidad de mejorar el rendimiento y la eficiencia a través de la automatización y el control, y trabajaremos en una mejora general del proceso para hacer de este un proceso conectado, que se nutra de la información recopilada y trabaje con ella a tiempo real.

La idea será convertir un proceso productivo simple, como es el de la producción del aceite de oliva, en un proceso inteligente, conectado mediante sensores que informen de los parámetros más importantes de la materia prima y el producto. A partir de esta información, se podrá monitorizar la producción de toda la línea, aplicar cambios en el momento y asegurar que el resultado es el esperado. Además, estos sensores trabajarán con el IoT para mandar esa información de manera instantánea a las bases de datos, que serán capaces de predecir mediante IAs cuál será el resultado.

Algunas de las mejoras propuestas serán las siguientes:

### 7.1. Control instantáneo del rendimiento graso:

Para calcular la cantidad de aceite que le corresponde a cada agricultor se sigue una ecuación matemática en la que interviene el componente de rendimiento graso de la aceituna, que varía cada año y en cada lote ya que depende de muchos factores como el clima, lluvia, humedad, temperatura, etc. Para ello se mandaba una muestra a un laboratorio que era el encargado de obtener ese dato y proporcionárselo a la almazara, para hacer el cálculo de la cantidad de aceite final.

Como hemos podido entender tras la explicación del proceso productivo de una almazara, una muestra de las aceitunas traídas por el agricultor es cogida por el operario, y posteriormente enviada al laboratorio para su análisis y estudio, finalmente obteniendo el rendimiento graso de la

aceituna. Este proceso hace que el cliente abandone la almazara sin conocer la calidad de su aceite ni los litros que le corresponde retirar.

Uno de los cambios que propondremos para mejorar el proceso se llevará a cabo a la hora de obtener una muestra y mandarla a un laboratorio para estudiar el rendimiento de la aceituna, y a partir de ahí calcular la cantidad final de aceite que será producido. Este proceso, actualmente se produce fuera de la almazara, tardando 48 horas, y haciendo que el cliente se vaya de las instalaciones sin saber cuánto aceite obtendrá de sus aceitunas.

La mejora consistiría en realizar este control del rendimiento graso in situ, para que así el cliente conociese la calidad obtenida en el momento, y en caso de venderla a la almazara en lugar de retirarla para consumo propio, se le podría abonar su factura sin hacerle volver a los días.

El concepto de la mejora consistiría en la implementación dentro del proceso productivo general de un medidor de rendimiento y acidez de aceituna, que a través del análisis de una muestra de aceitunas tenga la capacidad de obtener el rendimiento graso, humedad y acidez de estas.

Además, se aprovecharía toda esta información a nuestro alcance para crear una base de datos que trabaje con todos los parámetros que han afectado de alguna manera a esa muestra de aceitunas (lluvias, clima, humedad, temperatura, ...), y los resultados obtenidos para crear una solución capaz de “anticipar” con cierta precisión los resultados posiblemente obtenidos de una muestra a partir de los parámetros que han afectado previamente a la aceituna. Su ubicación final sería en la cinta previa a la báscula.

Esto, además de hacer ganar tiempo a la hora de darle al cliente una respuesta, supondría una reducción en la labor de los operarios que están continuamente retirando las muestras de la noria y colocando las etiquetas con el número de lote. Y, además se aseguraría que la muestra no sufre, en su camino al laboratorio, ninguna circunstancia que haga variar sus propiedades. Por tanto, el ahorro vendría de la reducción de la labor de los operarios (que podrían dedicar ese tiempo a otra labor que genere valor al

producto), y además del ahorro que supondría deshacerse del coste del cálculo de cada muestra por parte del laboratorio.

La máquina en cuestión sería una parecida a los analizadores de rendimiento y humedad en aceite y orujo de las siguientes imágenes (Figuras 23 y 24). Añadiéndoles además la conectividad con todo el proceso productivo, y la capacidad para generar bases de datos y trabajar con programas de predicción.



*Figura 23: Analizador de rendimiento y humedad en aceituna y orujo: con PC incorporado (Agrotronik Analizadores S.L.)*



*Figura 24: T-38 OliveAnalyzer para el análisis de aceituna y orujo (Tecnilab)*

## 7.2. Control de caudal a la salida de las termo batidoras y centrifugadoras:

Las máquinas como la termo batidora o las centrifugadoras (horizontal y vertical) basan su rendimiento en función de la cantidad de masa que contengan. Además, para su correcto mantenimiento es fundamental el cuidado de la maquinaria. Para ello, es aconsejable no saturarlas, ni dejarlas vacías. Actualmente, el control de entrada y salida de material forma parte de la labor del encargado de producción, haciendo de este paso una técnica muy rudimentaria que nos hace no ser capaces de llegar a una mayor efectividad y eficiencia. Por ello es importante llevar un control de la masa que se introduce en ellas, y automatizar la entrada y salida del producto en las máquinas.

Esto traerá consigo varias mejoras. Primero, se incrementará el rendimiento de la maquinaria ajustando la materia que entra y sale de esta. Segundo, nos aseguraremos de no sobrecargar la termo batidora o las centrifugadoras, consiguiendo evitar averías en ellas que obligarían a parar la producción el tiempo necesario para llevar a cabo la reparación, o incluso reducir su vida útil.

El dispositivo pensado para esta mejora serían caudalímetros conectados con IoT que nos ofrezca las ventajas de, aparte de medir el flujo volumétrico de líquidos en el proceso productivo como un caudalímetro tradicional, sea capaz de transmitir los datos medidos de forma inalámbrica a sistemas de gestión en tiempo real, lo que permitirá un monitoreo y control más eficientes. Gracias a esta conexión IoT, estos caudalímetros podrán enviar datos de flujo, presión, temperatura, etc. a plataformas de análisis y control, lo que facilitará la toma de decisiones y la optimización de los procesos.

Como funcionalidad extra, el caudalímetro podría hasta informar de anomalías o fugas, alertar automáticamente en caso de condiciones anormales, y tener la capacidad de ajustar o controlar el flujo en tiempo real.

Además de estos caudalímetros inteligentes que nos informan del flujo volumétrico que entra o sale, también incorporaríamos válvulas

inteligentes, conectadas al sistema y que, mediante señales automáticas que generen estos caudalímetros, sean capaces de abrir o cerrar el paso a la distinta maquinaria según la respuesta de flujo obtenida. Con esto, obtendremos un sistema conectado e inteligente, que conseguirá autocontrolarse según el flujo de cada máquina, dotando así al sistema general de auto mantenimiento, y una eficiencia extra, al asegurar que en las máquinas no hay exceso ni déficit de masa, y las entradas y salidas son en el momento y de la manera exacta para sacar el mayor rendimiento.



Figura 25: Caudalímetro magneto-inductivo con tecnología IO-Link

(Endress+Hauser, 2019)

### 7.3. Clasificación de aceitunas por visión artificial

A la llegada de la aceituna a la almazara, un auxiliar de recepción es el encargado de revisar el producto y clasificarlo según la suciedad del cargamento para, inmediatamente después, dirigirlo a una de las tres líneas de recepción según su grado de limpieza. Esta revisión y posterior clasificación se hace a partir de un vistazo general de un operario encargado a ello, lo que puede generar algún tipo de fallo en la revisión, y la obligación

de tener a un operario llevando a cabo una tarea que no genera valor en el proceso productivo.

La mejora que proponemos será llevar a cabo la revisión y clasificación de las aceitunas mediante maquinaria equipada con visión artificial y programas de clasificación automatizados. Las máquinas de clasificación de aceitunas estarán equipadas con cámaras y sensores que capturan imágenes de las aceitunas en movimiento. Estas imágenes serán procesadas por algoritmos de visión artificial que analizarán la apariencia de las aceitunas y determinarán su nivel de limpieza.

Los algoritmos de clasificación podrán identificar diversos parámetros relacionados con la limpieza de las aceitunas, como manchas, residuos o impurezas presentes en la superficie. Basándose en estos parámetros, las máquinas clasificadoras podrán separar las aceitunas en diferentes categorías según su nivel de limpieza.

Con la implantación de esta máquina y estos programas de clasificación automatizada, la almazara será capaz de llevar a cabo una clasificación rápida y precisa, mejorando la eficiencia y calidad del proceso de selección. Además, la máquina proporcionará una ayuda muy valiosa al auxiliar de recepción, que podrá dedicar su tiempo a otras labores con mucho más valor para el proceso final.



*Figura 26: Máquina clasificadora de aceitunas por visión artificial (MultiScan Technologies)*

#### **7.4. Embotellado, etiquetado y almacenamiento inteligente:**

Como se ha explicado anteriormente, tras obtener el aceite de oliva en el proceso productivo, este es embotellado y etiquetado, para posteriormente ser almacenado hasta que sea entregado al cliente. El paso del embotellamiento y etiquetado requiere de un operario (o dos en caso de que la carga de trabajo sea alta) para colocar las garrafas en la cinta transportadora de la envasadora, y retirarlas después del embotellado y etiquetados, para almacenarlas.

Se podría incrementar la eficiencia de estos procesos llevando a cabo varias mejoras:

- **Instalación de robots de pick and place (colocación y retirada) de las garrafas:** Estos robots tendrían las funciones de retirar la garrafa anterior cuando el llenado esté completo, y la posterior colocación de una garrafa vacía que será llenada. Los robots de pick and place pueden estar equipados con

sistemas de visión artificial que les permitan reconocer objetos en tiempo real para que les sea posible ubicar y agarrar los objetos de manera precisa, además de reconocer cuándo la garrafa está llena y lista para recoger. Con esta mejora conseguiríamos automatizar el embotellado del aceite, prescindiendo de tener a un operario dedicado exclusivamente a esto, y que podrá trabajar en otra posición que le permitirá ser más relevante.

- **Etiquetado inteligente con tecnología RFID:** La etiquetación de las garrafas se mejoraría con la tecnología RFID (Identificación por radiofrecuencia) para identificar y rastrear los productos. Estas etiquetas podrían contener información detallada sobre el lote, fecha de producción, origen, etc. Además, se instalarían en la almazara lectores RFID en diferentes puntos del proceso de etiquetado para capturar automáticamente los datos de las etiquetas y agilizar la identificación y el registro de los productos. Finalmente, se buscaría integrar esto con los sistemas de gestión de la propia almazara para poder sincronizar automáticamente los datos de etiquetado con el resto de procesos, como el control de inventario y la trazabilidad.
- **Almacenamiento inteligente:** Para convertir el almacenamiento en un proceso inteligente se podría implantar una gestión de inventario automatizada gracias al IoT, conectada con el proceso de etiquetado y otros procesos productivos haciendo que sea posible un seguimiento en tiempo real de los niveles de inventario, y se pueda llevar a cabo una planificación de la producción más eficiente. Además, también se podrían instalar sensores de seguimiento en las áreas de almacenamiento que sean capaces de

monitorear las condiciones ambientales, como temperatura o humedad, y así garantizar que se mantengan en niveles adecuados para el almacenamiento del aceite.



*Figura 27: Sensor de monitorización ambiental Milesight IoT AM107 Sensor ambiental LoRaWAN (Milesight,2020).*

### **7.5. Desarrollo de una app para el control de la llegada de camiones**

La llegada de los clientes en camiones con cargamentos de aceitunas es uno de los puntos críticos en el proceso productivo de la almazara, ya que puede llegar a ser un cuello de botella en el que se encuentren varios camiones preparados para dejar el cargamento de aceitunas, y no haya ninguna tolva vacía. Esto causaría tiempos de espera para los clientes y una ineficiencia logística.

Con el desarrollo y aplicación práctica de una app de control y trazabilidad de los camiones, se podría mejorar sustancialmente la planificación logística de la llegada, y el uso eficiente de los recursos. Con ella se podría llevar un registro centralizado de los camiones que llegan, lo que permitiría una mayor organización y distribución de las tareas en la almazara, aparte de optimizar el tiempo de espera de los camiones en la almazara.

Además, esta aplicación podría capturar información importante sobre los camiones, como número de matrícula, transportista o tipo de carga. Esto proporcionaría un registro digital completo y transparente, lo que facilita el seguimiento y la trazabilidad de los productos y materiales que ingresan en la almazara. Esta información es valiosa para fines de control de calidad, gestión de inventario y cumplimiento de regulaciones.

Por último, esta aplicación podría generar informes y análisis basados en los datos recopilados. Esto proporciona una visión general de las actividades de llegada de los camiones, tiempos promedio de espera y otros indicadores clave. Con esta información se podrían identificar nuevas áreas de mejora, optimizar procesos y tomar decisiones basadas en datos.

Tras exponer varias mejoras posibles en el proceso productivo del aceite de oliva, podemos observar la siguiente tabla-resumen para entender la relación entre el dispositivo de mejora propuesto, la tecnología de la Industria 4.0 aplicada, las ventajas que supondrá, y el coste aproximado de instalación, para estudiar así su rentabilidad.

<b>Dispositivo propuesto</b>	<b>Aplicación de la industria 4.0 en la almazara</b>	<b>Ventajas obtenidas</b>	<b>Coste de instalación</b>
Analizador de rendimiento graso y humedad en la aceituna.	Big Data	- Creación de una base de datos que trabaje con los parámetros que han afectado a la aceituna.	2.000€
	Machine Learning	- Predicción temprana de los resultados del análisis a través de los datos obtenidos y la base de datos creada.	
	IoT	- Lectura a tiempo real del caudal de trabajo	

Medición de caudal de flujo aceite sin refinar		- Transmisión de los datos a un sistema de gestión en tiempo real que monitoree y controle el proceso productivo.	465 € por caudalímetro instalado
	Monitoreo virtual	- Mayor facilidad en la toma de decisiones y optimización de procesos. - Mejora del mantenimiento de la maquinaria, haciéndolo prácticamente automático.	
Válvulas inteligentes conectadas al sistema	IoT	- Autocontrol del flujo entre maquinaria para la mejora de la eficiencia y el auto mantenimiento.	360€ por válvula instalada
Clasificación automatizada de aceitunas por Visión Artificial	Computer Vision	- Mejora de la eficiencia y rapidez de la clasificación de las aceitunas según su grado de limpieza. - Libera al auxiliar de recepción, que podrá trabajar en otra labor con más valor.	“MultiScan v20” (Precio sin confirmar)
Robot Pick & Place en el embotellado	Robótica avanzada	- Automatización del embotellado del aceite, liberando a un encargado de hacer esa función.	500.000€- 1.000.000€
	Computer Vision	- Reconocimiento de la ubicación de la garrafa, y del llenado.	
Etiquetado con tecnología RFID	RFID	- Rastreo e identificación automática de productos. - Agilización del registro de productos.	2.500€- 5.000€

		- Integración de la tecnología con los sistemas de gestión para la sincronización automática de datos de etiquetado.	
Sensores de monitoreo y gestión de condiciones ambientales en el almacén.	IoT	- Control de la humedad, temperatura, etc. para asegurar la calidad del producto almacenado.	545 €
App de control de llegada de camiones	IoT	- Mejora de la planificación logística de la llegada, y el uso eficiente de los recursos - Optimización del tiempo de espera de los camiones en la almazara.	5000-6000€
	Big Data	- Registro centralizado de camiones. - Registro digital que facilitaría el seguimiento y la trazabilidad de los productos y materiales que ingresan en la almazara. - Generación de informes y análisis basados en los datos recopilados. - Identificación de nuevas áreas de mejora, optimización de procesos y toma de decisiones basadas en datos.	

*Figura 28: Tabla resumen de las mejoras propuestas (Elaboración propia).*

Alertando de que los costes descritos son una aproximación de este tipo de dispositivos. Cambiarán mucho en función del tamaño de la almazara y/o volumen de producción que mantenga.

Los costes de las mejoras pueden llegar a ser elevados en función del tamaño de la almazara, y puede parecer que la implantación de estas no llegue a ser rentable debido a la alta inversión necesaria. Sin embargo, debemos tener en cuenta que estas mejoras, a parte del resultado económico que nos ofrecen, también nos proveerán de un mayor control, seguridad, tiempo y conocimiento de nuestro proceso. Valores que no son medidos según el beneficio económico, pero que nos proveen de una capacidad de gestión y un nivel de información superior al anterior, que finalmente elevará la producción a un nuevo nivel.

## 8. Conclusiones

Tras haber estudiado de forma pormenorizada las herramientas inteligentes que conforman la Industria 4.0, las ventajas que estas nos podrían ofrecer al ser implantadas en los procesos productivos, y cómo pueden ser aplicadas en el caso práctico de una almazara de aceite de oliva, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Las mejoras que traen consigo las herramientas Smart de la industria 4.0 han demostrado dotar a los procesos productivos de un sinfín de ventajas significativas que elevan la capacidad de la industria a un nivel superior. La implementación de tecnologías como sensores, Internet de las cosas, automatización, realidad aumentada y análisis de datos en tiempo real puede llevar a una serie de beneficios clave como pueden ser una mayor monitorización, control, trazabilidad y automatización. Además, el uso y recopilación de los datos, y su análisis en tiempo real, facilitan la gestión y toma de decisiones, pudiendo identificar problemas tempranos y ajustes precisos para mejorar la calidad del producto.
- La aplicación de estas mejoras inteligentes en el proceso productivo de la almazara traería consigo gran cantidad de ventajas en varios ámbitos de la producción. Comenzando desde la llegada de la aceituna, hasta el etiquetado, embotellado y almacenaje final del aceite, se llevaría a cabo una conexión general de todas las partes de la línea de producción, añadiéndole a esto ciertas

mejoras puntuales que trabajen de forma automática según las señales captadas por sensores conectados al sistema. Finalmente, conseguiríamos con esto varias cosas:

- Mayor monitorización y control: Todo proceso de la almazara estaría monitorizado. Los valores relevantes de cada uno estarían siendo recolectados y guardados en el sistema, y a partir de ellos se tomarían decisiones (automáticas o deliberadas previamente) en busca de la mayor eficiencia y rentabilidad posible.
- Mayor automatización: Aquellos procesos que, antes de la aplicación de las mejoras, necesitasen de la ayuda de un encargado o supervisor para su completo funcionamiento, podrían ser automatizados de forma simple, para que este trabajador pudiese desempeñar otra función de mucho más valor para la empresa, ahorrando así costes innecesarios. Además, la automatización aseguraría el correcto resultado del proceso si se cumplen ciertas pautas, con una ínfima probabilidad de fallo.
- Más información: Gracias a la monitorización y control de los procesos, obtendremos gran cantidad de datos que podrán ser utilizados para un sinnúmero de tareas. Como hemos comentado, se podrían usar para ayudar a la toma de decisiones. Sin embargo, esta no es la única opción. Esta cantidad de datos podrían servir, por ejemplo, para predecir carga de trabajo de campañas venideras y poder preparar la almazara para la próxima temporada, anticipar la calidad del aceite según datos de campañas pasadas, etc. Se ha descubierto en los últimos años que la información es poder, ya que se puede obtener una ventaja competitiva frente a empresas del mismo sector, siempre y cuando se analicen y trabajen de forma correcta.

Queda demostrado, por tanto, que la aplicación de estas herramientas inteligentes en la almazara conformaría una gran mejora a nivel general de la

productividad y eficiencia de toda la planta. Quedaría por ver si, dependiendo del tamaño y cantidad de producto con la que trabaje la almazara en cuestión, resultaría viable económicamente llevar a cabo estos cambios. Esto puede llegar a plantear el mayor dilema que podemos encontrar con esta industria 4.0: si su elevado coste debido a la avanzada tecnología detrás de ella puede ser soportado por aquellas empresas que quieran implementar las mejoras en su línea de producción.

- La problemática que enfrentarán las almazaras de pequeños y medianos empresarios con la implementación de mejoras inteligentes es la necesidad de adaptarse y competir con otras empresas más grandes. Estas mejoras tecnológicas representarán un desafío económico considerable, ya que implicarán costos adicionales para implementar y mantener las nuevas tecnologías en sus almazaras. Los propietarios de estas empresas tradicionales podrían encontrarse en una posición desfavorable para hacer frente a estos gastos, lo que podría poner en peligro su viabilidad a largo plazo.

La aplicación de mejoras inteligentes, como sistemas de automatización, análisis de datos y optimización de procesos, requerirá inversiones significativas en equipos, software y capacitación especializada. Estos costos podrían ser prohibitivos para las almazaras más pequeñas y medianas, que no tienen la misma capacidad financiera que las grandes empresas del sector. Además, la falta de conocimientos y experiencia en tecnología avanzada puede dificultar aún más la adopción exitosa de estas mejoras.

Otro desafío al que se enfrentarán estas almazaras es la necesidad de escalar su producción para ser competitivas. Las mejoras inteligentes pueden aumentar la eficiencia y la productividad, lo que a su vez podría incrementar la demanda de aceite de oliva producido. Sin embargo, las almazaras más pequeñas pueden tener limitaciones en términos de recursos y capacidad de producción, lo que dificulta aprovechar al máximo estas mejoras. Esta situación podría generar una brecha competitiva entre las empresas más grandes y las más pequeñas, poniendo en riesgo la supervivencia de estas últimas en un mercado cada vez más exigente.

En vista de estas dificultades, muchas almazaras de pequeños y medianos empresarios se verán prácticamente obligadas a unirse en asociaciones o cooperativas para poder afrontar las mejoras inteligentes y competir de manera efectiva con las grandes empresas. Esta colaboración les permitirá compartir recursos, conocimientos y costos, lo que aumentará sus posibilidades de éxito en la implementación de estas mejoras tecnológicas. Además, al unirse, podrán acceder a economías de escala y negociar de manera más favorable con proveedores y distribuidores, fortaleciendo así su posición en el mercado.

En resumen, la aplicación de mejoras inteligentes en las almazaras de pequeños y medianos empresarios plantea desafíos significativos en términos de costos, capacidad de producción y competencia. Sin embargo, mediante la colaboración y la adopción estratégica de estas tecnologías, estas empresas tradicionales podrán modernizarse, mejorar su eficiencia y mantener su relevancia en un mercado en constante evolución.

- Según Min Xu et al (2018), la evolución de las industrias mundiales en esta nueva revolución industrial es a la vez emocionante y aterradora. La vida cambiará con la impresión 3D, el IoT y la fusión de tecnologías. La cuarta revolución industrial puede elevar los niveles de ingresos permitiendo a los emprendedores "correr" con sus nuevas ideas. Mejorará la calidad de vida de muchas personas en todo el mundo. Es probable que los consumidores sean los que más ganen con la cuarta revolución industrial. Se prevén mejoras en eficiencia y productividad, costes de transporte o de logística. A primera vista, todo es positivo, sin embargo, aunque son muchos los beneficios de la Industria 4.0, hay dos retos sociales que aguardan:
  - La revolución puede generar una mayor desigualdad, sobre todo por su potencial para alterar los mercados de trabajo. A medida que la automatización sustituya a la mano de obra en toda la economía, el desplazamiento de trabajadores por máquinas puede agravar la diferencia entre el rendimiento del capital y el del trabajo. El recurso más escaso y valioso en una era impulsada por las tecnologías digitales no será

ni la mano de obra ordinaria ni el capital ordinario, sino las personas capaces de crear nuevas ideas e innovaciones. En el futuro, el talento, más que el capital, representará el factor crítico de producción. Las personas con ideas, no los trabajadores ni los inversores, serán el recurso más escaso. (Brynjolfsson, McAfee y Spence 2014). La búsqueda de talento dará lugar a un mercado laboral que puede llegar a estar cada vez más segregado. Los empleos poco cualificados y con salarios bajos serán sustituidos por la informática y la digitalización. Los trabajos mejor pagados que requieren más habilidades tienen menos probabilidades de ser reemplazados. Esta mayor dicotomización puede conducir a un aumento de las tensiones sociales (Wolf, 2015).

- Surgen preocupaciones éticas. Dotados de inteligencia artificial y capacidad de aprendizaje automático, los robots se han convertido en máquinas más inteligentes y autónomas, pero siguen careciendo de una característica esencial: la capacidad de razonamiento moral. Esto limita su capacidad para tomar decisiones acertadas o éticas en situaciones complejas. Además, la cuestión más crítica es qué normas morales deben heredar los robots. Los valores morales difieren mucho de un individuo a otro, de un país a otro, de una religión a otra y de una ideología a otra. La incertidumbre sobre qué marco moral adoptar subyace a la dificultad y las limitaciones de atribuir valores morales a los sistemas artificiales (Al-Rodhan 2015).

Por estos conflictos de la Industria 4.0 con la sociedad, se empieza a hablar de una nueva Industria 5.0. Según la Unión Europea, este concepto «ofrece una visión de la industria que va más allá de la eficiencia y la productividad como únicos objetivos, y refuerza el papel y la contribución de la industria a la sociedad» y «sitúa el bienestar del trabajador en el centro del proceso de producción y utiliza las nuevas tecnologías para proporcionar prosperidad más allá del empleo y el crecimiento, respetando los límites de producción del planeta» (Jeroen kraaijenbrink, 2022). Se busca, por tanto, enfocar la



investigación y la innovación al servicio de la transición hacia una industria sostenible, centrada en el ser humano, y que refleje un cambio de mentalidad desde el valor económico hacia el valor social.

## Bibliografía

---

1. del Val Román, J. L. (2016, March). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*.
2. Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International journal of production research*, 56(8), 2941-2962.
3. Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International journal of financial research*, 9(2), 90-95.
4. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6, 239-242.
5. Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 41-44.
6. Farooq, M. U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A review on internet of things (IoT). *International journal of computer applications*, 113(1), 1-7.
7. Yan, J., Meng, Y., Lu, L., & Li, L. (2017). Industrial big data in an industry 4.0 environment: Challenges, schemes, and applications for predictive maintenance. *Ieee Access*, 5, 23484-23491.
8. Gölzer, P., Cato, P., & Amberg, M. (2015). Data processing requirements of industry 4.0-use cases for big data applications.
9. Schmarzo, B. (2013), *Big Data: Understanding How Data Powers Big Business*, John Wiley & Sons, Indianapolis.
10. Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. (2013), *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*, Frankfurt/Main.
11. Galin, R., & Meshcheryakov, R. (2019, May). Automation and robotics in the context of Industry 4.0: the shift to collaborative robots. In *IOP Conference*

*Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 537, No. 3, p. 032073). IOP Publishing.

12. Ribeiro, J., Lima, R., Eckhardt, T., & Paiva, S. (2021). Robotic process automation and artificial intelligence in industry 4.0—a literature review. *Procedia Computer Science*, 181, 51-58.
13. Ahmed, I., Jeon, G., & Piccialli, F. (2022). From artificial intelligence to explainable artificial intelligence in industry 4.0: a survey on what, how, and where. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18(8), 5031-5042.
14. Revaalo Labs (2020). *What is a Smart Factory and its Role in Manufacturing?*  
[https://What is a Smart Factory and its Role in Manufacturing?](https://What is a Smart Factory and its Role in Manufacturing? (revaalolabs.com))  
(revaalolabs.com)
15. Van der Aalst, W. M., Bichler, M., & Heinzl, A. (2018). *Robotic Process Automation*. *Bus Inf Syst Eng* 60, pp.269–272.
16. LORENZO, J. M. R. L. Y., & BARRIONUEVO, C. *Un capítulo casi olvidado en la historia alhameña: LAS ALMAZARAS Y EL ACEITE*.
17. Milesight (2020). *Ambience Monitoring Sensors: Milesight IoT AM107 Sensor ambiental LoRaWAN*  
<https://www.milesight-iot.com/lorawan/sensor/am100/>
18. Kraaijenbrink J. (2022). *Qué es la Industria 5.0 y cómo cambiará las empresas*.  
<https://forbes.es/empresas/167359/que-es-la-industria-5-0-y-como-cambiara-las-empresas/>

