

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería de
Telecomunicación**

**ESTUDIO DE MEJORA EN SISTEMA DE
ALMACENAJE BASADO EN RFID Y
OTRAS TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS
EN UN ENTORNO ALTAMENTE
METÁLICO**

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN: Sistemas de telecomunicaciones

Autor: Alcaraz González, Francisco José.
Director: Hontoria Hernández, Eloy.

Codirector: Quesada Pereira, Fernando Daniel.
Cartagena, 20/09/2020.

Autor	Alcaraz González, Francisco José
Email	franciscoalcar@hotmail.com
Director	Hontoria Hernández, Eloy
Email	eloy.hontoria@upct.es
Codirector	Quesada Pereira, Fernando Daniel
Email	fernando.quesada@upct.es
Título	Estudio de mejora en sistema de almacenaje basado en RFID y otras tecnologías alternativas en un entorno altamente metálico.
Resumen	<p>La Empresa X (en adelante la empresa), dispone de un almacén externo de materias primas metálicas con elevado grado de desinformación en cuanto al contenido (referencia y cantidad), así como una deficiente operatividad. Para la mejora de dicha empresa, este proyecto se centrará en tres de los conceptos más importantes en la industria: competitividad, eficiencia y eficacia. Estos tres conceptos mencionados están muy asociados con el objetivo principal de este proyecto que puede definirse como: Implementación de una mejora tecnológica con la que se persigue solventar la situación anterior que constituye uno de los agentes limitantes de la empresa, permitiendo un control total de la cadena de suministro para conocer en tiempo real: qué se tiene, dónde se tiene, y su antigüedad (cálculo de necesidades óptimo). Este control total a nivel de almacén, servirá además para: Incrementar la eficiencia en todos los puntos de la cadena de suministro y por tanto, permitir un ahorro de coste monetario y de tiempo que a su vez conlleve a ser mucho más competitivo en el sector de la industria actual. Otro objetivo adicional es conocer nuevos conceptos tecnológicos y de gestión de almacenes con los que la empresa no se encuentra actualizada y con los que pueda trabajar en un futuro. En este aspecto destacar herramientas asociadas a la industria 4.0 y/o la detección de los llamados elementos disruptivos. Para ello se estudiarán nuevas formas de gestión del almacenaje existentes que vinculados a sistemas RFID en un entorno altamente metálico, permitan cumplir con los objetivos establecidos de eficiencia en el almacén de la empresa.</p>
Grado	Ingeniería en Sistemas de telecomunicaciones.
Departamentos	Tecnologías de la información y las comunicaciones.
	Economía de la Empresa.
Fecha de entrega	20 / 09 / 2020

Contenido

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.....	1
1- Objetivos:	4
2- Introducción	5
2.1- La Empresa X	5
2.2- Necesidades y fundamentos del estudio desarrollado	5
2.3-Resumen	7
3- Análisis de la situación:.....	8
3.1- Situación futura deseada.....	11
4- Planteamiento de mejoras en el sistema de gestión de almacenes:	13
4.1- Almacén 4.0/automatización del almacenaje	13
4.2-Modelo de almacenaje y plan de actuación	15
4.3-Estructura de trabajo:	17
4.4-Procesos afectados	23
5- Búsqueda de herramientas de gestión para mitigar las deficiencias operativas detectadas:	28
6- Búsqueda de sistemas basados en RFID y otras tecnologías para captura, almacenamiento y transmisión de la señal en un entorno altamente metálico:	32
6.1- Tecnologías ópticas de captura y su codificación:	32
6.2- Tecnologías de radiofrecuencia para la captura de información:	35
7- Selección de la alternativa de gestión más adecuada para la mejora operativa de la empresa:.....	43
7.1- Análisis para la elección del RFID frente a otras alternativas tecnológicas	43
7.2- Explicación técnica de la problemática y como RFID ayuda a solventarlo:	45
8- Análisis económico de la solución:.....	47
8.1-Presupuesto de materiales.....	47
8.2-Presupuesto de recursos humanos.....	49
8.3-Análisis de inversión inicial	50
8.4-Análisis de rentabilidad y recuperación de la inversión.....	51
9- Calendario y responsables de la implantación:	54
10- Conclusiones:	56
11- Índice de figuras:	58
12- Bibliografía:.....	59

1- Objetivos:

La Empresa X (en adelante La Empresa), dedicada a la manufacturación de productos metalúrgicos, dispone actualmente de un sistema de almacenaje obsoleto que impacta negativamente en la gestión y control de la cadena de suministro, afectando también al resto de procesos productivos de La Empresa.

El objetivo de este estudio es la implementación de una serie de mejoras basadas en RFID- **Radio Frequency Identification o identificación por radiofrecuencia**, que modifique la estructura operativa y de control del actual sistema de almacenaje. Como valor añadido del trabajo, mencionar que el sistema propuesto debe cumplir con el objetivo anterior, **solventando el problema del deficiente funcionamiento de esta tecnología en un entorno altamente metálico.**

El resultado esperado es un aumento en la eficiencia de los procesos de la Empresa que haga posible alcanzar mayores niveles de competitividad dentro de su sector.

Adicionalmente y como consecuencia de los grandes y rápidos avances tecnológicos que acontecen cada día, se realizará **un breve estudio sobre las posibles alternativas** que se podrían implementar tanto en este tipo de almacenes, así como diferentes tecnologías aplicables en la cadena de suministro.

2- Introducción

2.1- La Empresa X

Esta empresa especializada en la fabricación de elementos de alta seguridad se encuentra ubicada en el sudeste de España. Comenzó su andadura en 1987 y, desde entonces, ha venido afianzándose hasta convertirse en la actual líder del mercado nacional y cuarto a nivel internacional. El éxito de esta empresa joven y dinámica se debe a una firme apuesta por la especialización y la eficacia dentro de un sector muy competitivo, siendo su razón de ser, dar la mejor respuesta a sus clientes. Esta filosofía, le ha llevado a consolidarse en España y en el extranjero, como una de las mejores y más cualificadas compañías de producción de este sector.

En relación al mercado, mencionar la gran importancia de la exportación en una empresa moderna y en este aspecto, la empresa tiene una fuerte presencia en diferentes mercados internacionales como Francia, Polonia, Italia, Portugal, Grecia, Rusia, Marruecos, Turquía y Oriente Medio.

Además, cabe destacar que la Empresa X no solo tiene una gran presencia comercial en estos países, sino que además se han inaugurado sedes internacionales en países como Polonia, Marruecos, Italia, y Francia, convirtiéndose así en una empresa multinacional con fuerte presencia productiva dentro y fuera de España.

2.2- Necesidades y fundamentos del estudio desarrollado

“las referencias del contenido de este apartado, se encuentran incluidas en la bibliografía – 10”

La aplicación de nuevas tecnologías en los sistemas de suministro y almacenaje, se encuentra ligada históricamente a la necesidad de avanzar y competir en los mercados con otras compañías del sector.

Existe un reconocimiento público de que la **Información** y la **Tecnología** son hoy en día, **dos puntos** clave que convergen en el aumento de la **competitividad**, de la eficiencia y la eficacia:

- La **información**: Gracias a los distintos mecanismos de captación de información (ejemplo: Análisis de impacto, creación y gestión de bases de datos, MRP), una empresa puede mantenerse actualizada, posibilitando focalizar todos los recursos en aquellos objetivos clave de la manera más óptima posible.

Destacar en este punto la gran importancia que en los últimos años han adquirido disciplinas de análisis de información como Data Science y Data Analytics, cuyo uso correcto o incorrecto, puede generar grandes diferencias entre empresas de un mismo sector.

Por tanto, se deduce que la adecuada captura y almacenamiento de la información gracias al uso de estas herramientas, permite tomar las mejores decisiones en el momento adecuado.

- Las nuevas fuentes de **tecnología**, van a permitir aplicar los conocimientos obtenidos en el anterior punto, surgiendo así conceptos que se verán a continuación como es el caso de la **industria 4.0**, y crear o aplicar nuevos procesos productivos capaces de adaptarse a las necesidades actuales y futuras de La Empresa.

La rápida evolución en la cadena de suministro de las empresas, origina nuevas necesidades empresariales, es decir, existe un “**cambio**”, y se requiere una adaptación a esos cambios para permanecer activos dentro del sector.

Es entonces cuando surge la denominada industria 4.0 o **industria inteligente** que busca aprovecharse de las mejoras tecnológicas actuales para **automatizar los procesos**, obteniendo así **información** (una de las mayores dificultades de la industria actual) **útil, precisa y real**, además de unos **procesos** mucho más **eficaces**.

Para comprender el proyecto es necesaria la introducción de un concepto conocido como **“elemento disruptivo”**:

Este concepto es relativamente moderno, se basa en tomar el concepto de tecnología como un elemento/herramienta que va a producir un gran cambio en su campo de actuación solucionando una problemática existente.

Por tanto, los elementos disruptivos tienen un gran impacto diferenciador añadiendo un gran potencial a la cadena de valor de dicho sector, mediante la creación de nuevos servicios, o mejorando los existentes.

Mediante la realización de un estudio de impacto previo a la implantación de cualquier nueva tecnología o proceso, las empresas tienen la posibilidad de cuantificar de manera simulada el impacto que produciría la implantación de cualquier solución, evitando gastos en inversiones que no se adecuan a las necesidades a cubrir.

2.3-Resumen

Podemos resumir lo mencionado en el punto 2.2, en un objetivo principal, y un objetivo adicional con el que aportar una mayor visión de futuro a la empresa:

- Implementación de una mejora tecnológica con la que se persigue solventar uno de los agentes limitantes de la empresa, permitiendo un control total de la cadena de suministro para **conocer en tiempo real**: qué se tiene, dónde se tiene, y su antigüedad (cálculo de necesidades óptimo).

Mediante el cumplimiento de estos objetivos se intentará alcanzar el **objetivo principal** de este proyecto: Incrementar significativamente la eficiencia en todos los puntos de la cadena de suministro y por tanto, permitir un ahorro de costes y de tiempo que a su vez permita a La Empresa ser mucho más competitiva.

- **Objetivo adicional:** Conocer y analizar nuevos conceptos tecnológicos y de gestión con los que la empresa no se encuentra familiarizada. En este sentido, se realizará la búsqueda de una serie de herramientas asociadas a la industria 4.0 y/o la detección de elementos disruptivos aplicables para la consecución de los objetivos marcados.

Para ello, se estudiarán nuevas formas de gestión del almacenaje existentes que vinculados a sistemas de captura de información en un entorno altamente metálico (principalmente RFID), que permitan cumplir con las necesidades de la empresa.

3- Análisis de la situación:

Actualmente La Empresa pertenece al sector de la metalurgia, existiendo una gran variedad de componentes de gran volumen y de muy diversas naturalezas, haciendo complicada su gestión en un almacén.

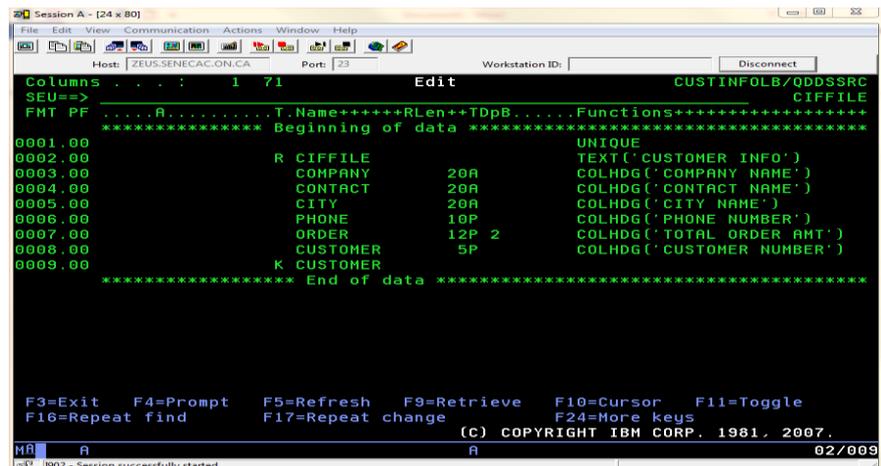
A nivel físico, la estructura de almacén se encuentra dividida, ya que se dispone de dos almacenes ubicados uno de ellos dentro de la propia fábrica y el segundo en otra localización cercana, en este último caso se trata de un almacén de materia prima.

Para su gestión, la empresa X tiene implementado a nivel informático y operativo una serie de terminales con los softwares **RunTimeQS (Quality management System)**¹ en su versión más obsoleta, y que actúa en la gestión de logística, almacenamiento y gestión financiera. Permite una codificación con un **máximo de trece dígitos**, esta limitación se debe a que dicho sistema se planteó para cubrir unas necesidades de inventario mucho menores que las actuales por lo que con 13 dígitos ya no se es capaz de contemplar todos los productos dentro del sistema, con las características de cada uno (peso, medida, color...etc.). En adelante nos referimos a este software como **QS**.

Por otro lado, para la gestión de ventas y compras se utiliza el conocido sistema AS400² (*Application System 400*). Aunque funcional y muy extendido, es bastante anticuado, poco intuitivo, y más limitado que muchos de los sistemas actuales. La integración de ambos AS400+QS daban hasta ahora el conjunto completo de gestión para La Empresa. El módulo que se verá afectado principalmente para este proyecto es el del sistema QS por ser este como mencionábamos la parte de almacenamiento y gestión de logística.

¹RunTimeQS <https://www.globalsuksessolusi.com/quality-management/>

²AS400 ERP DE IBM <https://www.ibm.com/es-es>



```

Columns . . . . : 1 71          Edit          CUSTINF0LB/QDDSSRC
SEU==>
FMT PF . . . . .T.Name+++++RLen++TdPb. . . . .Functions+++++
***** Beginning of data *****
0001.00          R CIFFILE          UNIQUE
0002.00          COMPANY          TEXT('CUSTOMER INFO')
0003.00          CONTACT          COLHDG('COMPANY NAME')
0004.00          CITY            COLHDG('CONTACT NAME')
0005.00          PHONE          COLHDG('CITY NAME')
0006.00          ORDER          COLHDG('PHONE NUMBER')
0007.00          CUSTOMER        COLHDG('TOTAL ORDER AMT')
0008.00          K CUSTOMER      COLHDG('CUSTOMER NUMBER')
0009.00
***** End of data *****

F3=Exit   F4=Prompt   F5=Refresh  F9=Retrieve  F10=Cursor  F11=Toggle
F16=Repeat find   F17=Repeat change   F24=More keys

(C) COPYRIGHT IBM CORP. 1981, 2007.
  
```

FIGURE 1-CAPTURA SISTEMA AS400

En cuanto a la gestión de dichos almacenes, actualmente se contemplan **dos procesos** de gestión diferenciados:

- **Productos terminados:** En este caso se paletizan todos los productos y se marca el conjunto como inventariable mediante un código de barras, se hacen lotes que posteriormente se **incluirán en el sistema QS** para su control. Aunque como veremos este proceso es ineficaz.
- **Materia prima:** Actualmente los elementos que componen el producto terminado no se contemplan en el sistema informático ya que sobrepasamos los trece dígitos disponibles para su codificación e integración. Es por ello que La Empresa mantiene un inventario “vivo” en hojas de cálculo de Excel⁴ que se van actualizando mensualmente en el almacén de materia prima, y diariamente es el encargado de producción quien lleva un control sobre la materia en la fábrica. Este proceso puede por tanto alterarse en algún punto sin que ninguna herramienta nos ayude a corregirlo.

En ocasiones se contemplan, por falta de espacio, **traspasos de mercancía** entre ambas ubicaciones, desde fábrica al almacén principal de materia prima, así como en sentido inverso por cuestiones de aprovisionamiento.

³ <https://dba.stackexchange.com/questions/101071/how-to-correctly-use-pfile-keyword-in-dds-logical-file-as400>

⁴ <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel>

Para ello se dispone de un **almacén intermedio** que es tan solo **virtual**, en el mencionado sistema de gestión, de forma que estas operaciones internas no afecten a la de los verdaderos clientes.

Una vez se confirman los trasposos de mercancía desde uno de los terminales se elimina el contenido de este “almacén”, también manualmente, es decir un operario revisa los pedidos y compara los albaranes para confirmar los trasposos.

Estos trasposos de material se realizan normalmente a petición del mando superior desde las oficinas, aunque para un caso urgente de aprovisionamiento, el encargado de zona puede pedir vía telefónica los materiales que necesite y se incluirán en el siguiente envío. Actualmente este proceso de aprovisionamiento es ineficaz, dado que puede ocurrir que se realice un pedido ya sea interno o externo, pero no exista la materia prima necesaria para fabricar el producto final, dado que **los inventarios son manuales** y pueden estar desactualizados.

Esta situación se agrava cuando además **no existen terminales o sistemas que nos permitan conocer la ubicación y cantidad exacta de los materiales**. El mismo problema surge con la ubicación de los productos terminados, dado que en el sistema solo se registran lotes completos y tipo de traspaso.

A modo de resumen de la problemática existente en materia de gestión de almacenes se puede concluir que **la empresa desconoce lo que tiene y dónde lo tiene en cada momento**, siendo los **procesos manuales, con procedimientos escasos y alejados de un concepto primordial hoy en día como es “en tiempo real”**.

Es por ello, que en el siguiente apartado **se va a diseñar cuál es la situación futura** deseada para que la empresa X adapte su gestión de almacenes al de una “Industria 4.0”.

3.1- Situación futura deseada

Tras un análisis preliminar y detallado del tipo de entorno, flujo de movimientos, tipologías de almacenaje y tipos de productos, la solución al problema planteado parece inclinarse por la implantación de una tecnología de captura de información tipo **RFID⁵ principalmente.**

Esta tecnología parece ser la más adecuada para dar solución a las necesidades de la Empresa X detectadas en el punto anterior, debido a las superficies metálicas de los productos con los que se trabaja.

No obstante, se estudiarán otras posibilidades; También se analizará y explicará posteriormente la **inviabilidad de una solución mediante un único tipo** de tecnología por radiofrecuencia.

Se desea así tener un **control total de los almacenes y sus stocks**, con el objetivo de reducir o por lo menos no añadir más recursos humanos de los necesarios y de esta manera hacer más eficiente la gestión de la mercancía.

En cuanto al sistema de gestión *QS⁶*, se llegó a la conclusión de que **era totalmente aprovechable** a corto y medio **plazo siendo compatible en la actualidad con uno de los sistemas ERP (planificación de recursos empresariales) más potentes del sector:** El SAP (sistemas, aplicaciones y productos) *Business One* (SAP BO⁷).

En relación al SAP BO, destacar que la Empresa tiene intención de implementar de forma total dicho sistema, al encontrarse ya en uso algunos módulos del mismo para algunos procesos/departamentos determinados de la empresa y siendo, por tanto, el coste de adaptación bajo. En resumen, en cuanto a los sistemas integrados se pretende a lo largo de uno o dos años que SAP sea el único ERP en La Empresa, para evitar un cambio demasiado brusco y la consecuente paralización de la producción, se llevará a cabo en dos fases la primera en la que QS seguirá teniendo parte integrado con SAP, Esta fase es la actual. Y una segunda fase en la que se terminará de realizar la migración completa hacía SAP.

5 <https://telectronica.com/cual-es-el-origen-de-la-tecnologia-rfid/>

6 IntegraQS (integra quality Service)

7 (c) SAP SE- <https://www.sap.com/spain/products/bi-platform.html>

Por esta razón, se buscará una solución compatible a largo plazo con otros módulos de gestión si la empresa decidiese cambiar de ERP o añadir módulos.

A continuación, se detallan las necesidades a cubrir:

- Recepción de mercancía: Se pretende que mediante el uso de RFID/u otros sistemas de identificación, se pueda facilitar la trazabilidad de la mercancía.
- Trasposos desde almacén de materia prima a almacén virtual (intermedio): Se pretende tener control sobre la entrada y salida de mercancía utilizando dispositivos de captura más efectivos y que proporcionen más detalle, se crearán tablas anexas que recogerán los datos de los ficheros generados y los listarán, solventando así la limitación de 13 dígitos mencionada anteriormente y que imposibilita tener mayor control sobre la mercancía en este instante y en un futuro.
- Trasposos desde almacén virtual (intermedio) a materia prima: Proceso análogo al anterior, cambiando el destinatario.
- Recuentos de inventario: Se pretende usar el método de captura o *TAG* estándar para facilitar el cálculo de inventario, y almacenar la información en el sistema.
- Movimiento entre ubicaciones: Dentro del propio almacén podría reasignarse una ubicación dependiendo de si se encuentra en suelo o estantería (**multiubicación**).

Por último y debido al creciente desarrollo logístico de la Empresa X, se comprobó que era necesario implementar una solución que permitiese almacenar una gran cantidad de productos, la mayoría de ellos componentes o materias primas de uso diario en una localización donde estuviese accesible de forma rápida, cómoda y en definitiva eficiente. Esta solución evitaría a los operarios a realizar una **parada** demasiado **destructiva** para la cadena de producción, debida a un aprovisionamiento incorrecto o a no encontrar el material necesario en su zona; estas paradas conllevan una gran repercusión en coste y tiempo de servicio al cliente final.

4- Planteamiento de mejoras en el sistema de gestión de almacenes:

“Referencias a la información contenida en los subapartados 4.1 y 4.2 en bibliografía puntos 3, 5, 7, 8, 9, 10 y 13”

4.1- Almacén 4.0/automatización del almacenaje

Dadas las necesidades mencionadas anteriormente:

Se añadirá un tipo innovador de almacenaje que consiste en el uso de un **almacén automático**.



⁸ FIGURE 2-ESQUEMA ALMACÉN AUTOMÁTICO

Sus características principales, así como la inclusión de capturas de cómo se llevan a cabo algunas de estas funciones son expuestas a continuación:

- Dispone de una serie de bandejas dispuestas en vertical en el interior de este almacén, hasta un total de 52.
- Cada bandeja puede ser llamada individualmente para que un elevador automático nos la transporte a la entrada/salida de este almacén.
- Una vez tenemos la bandeja podemos cargar en ella lo que se desee y presionando la tecla correspondiente, almacenar la bandeja en su ubicación.

⁸ https://lh3.googleusercontent.com/proxy/l1T9fCJ8v8Znpvt2gyD_9meFFAOeeg4FOwg0W1vJ6cw-yq2eQC4prQpfsUJ-QkDJdxvz6XgHulyx2IXWPIYIGuUxXTyVf6_q7W3DIHFcChhaDd5h2il8qC-QHQ7X6nhxE6TtNCRxDF8I58YEo1pUQ

- Estos almacenes disponen además de la ubicación de la bandeja, de posiciones dentro de la misma, pudiendo identificar la posición exacta de cada artículo en cada bandeja. La forma de identificación se hará mediante códigos EAN (*European article number*) o conocido comúnmente como código de barras una codificación de la que hablaremos más adelante en detalle, y un lector sencillo para los mismos, que estará disponible en el puesto.
- Cada artículo además de estar identificado por su código, lo estará por un nombre que se asignará cuando se lea el código antes de ubicarlo.
- Después simplemente podemos leer los códigos de una hoja de la que dispondrán los operarios, o bien buscar en el sistema el nombre/código del producto deseado para su posterior extracción.
- Además, dispone de opciones para la cantidad exacta que será introducida inicialmente mediante el teclado del sistema. Por tanto, cuando se haga su extracción, se puede restar o sumar unidades asignadas a un artículo, teniendo así un control de inventario más eficiente, y actualizado.

Cabe destacar que para que esto sea posible se asignará a uno o varios operarios la tarea de esta gestión.

A continuación, se muestra alguno de los ejemplos de estas operaciones tomadas durante su uso en una aplicación real:⁹

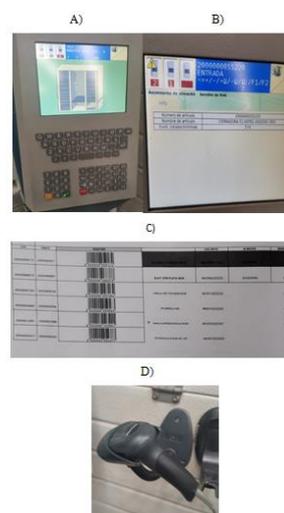
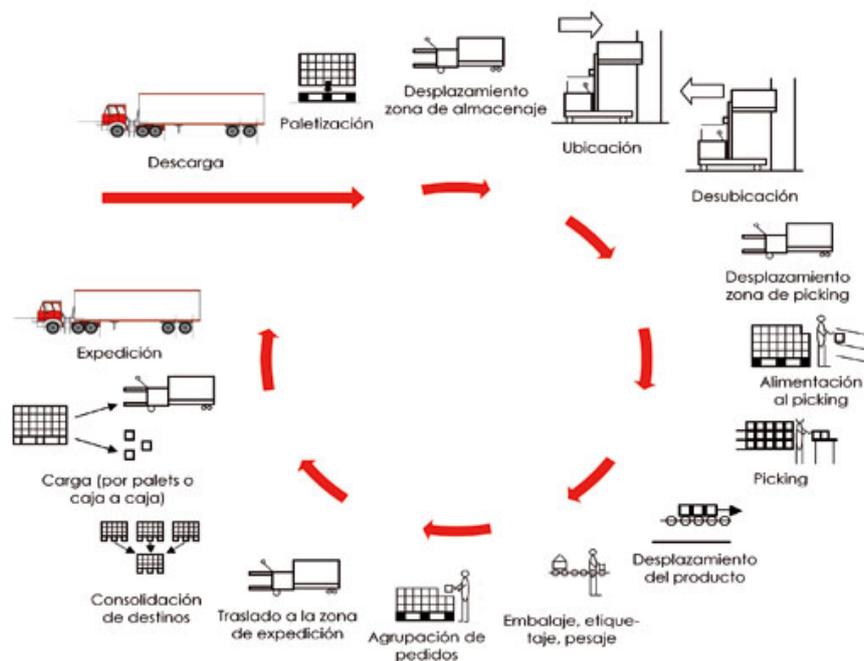


FIGURE 3-A) ALMACENAMIENTO DE ESTANDEFÍA, B) RESUMEN CARGA, C) IMPRESO CON CODIFICACIONES EAN, D) SISTEMA DE LECTURA.

⁹ Fotografías tomadas en las instalaciones

4.2-Modelo de almacenaje y plan de actuación

Introducimos este concepto para dar una correlación mayor al estudio, ya que vamos a crear una nueva estructura de trabajo, por tanto necesitamos una base de apoyo, es decir un ciclo de trabajo básico que luego iremos mejorando tecnológicamente y extendiendo. El ciclo principal deseado de funcionamiento se muestra en la siguiente figura:



¹⁰FIGURE 4-CICLO DE OPERACIONES DE UN ALMACÉN

Los pasos mostrados en la figura se resumen en:

1. **Descarga:** Operación mediante la cual los productos cruzan la puerta del almacén.
2. **Paletización:** Suele ocurrir que los productos llegan en unidades de carga distintas a las que necesitamos. Para solucionarlo se cambiarán a una unidad de carga adecuada los productos para el movimiento y el almacenaje.

¹⁰ <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/130660-Las-15-operaciones-basicas-en-el-almacen.html>

3. **Desplazamiento a la zona de almacenaje:** Una vez descargado el producto, desplazaremos el mismo a la zona de almacenaje.
4. **Ubicación o colocación de la mercancía:** Mediante estanterías y medios móviles (carretillas).
5. **Desubicación o extracción de la mercancía de la zona de almacenaje:** Serán los mismos procesos que utilizemos en la ubicación de los productos.
6. **Picking (preparación de pedidos):** Consiste en saber realmente la cantidad de unidades demandadas en el pedido este se puede realizar de formas distintas ya sea mediante recuento manual o informático con la ayuda de las herramientas necesarias.
7. **Desplazamiento a la zona de picking:** Desplazamos los productos desde la zona de almacenaje hasta la zona de preparación de pedidos (zona *picking*).
8. **Entrada de picking:** El tipo de entrada dependerá fundamentalmente de la unidad de carga que se desee utilizar (palé, caja o unidad de consumo).
9. **Desplazamiento del producto:** Esta operación unida a la anterior, son las que configuran la preparación del pedido: coger y mover
10. **Embalaje, etiquetaje, pesaje y control.**
11. **Agrupación de pedidos:** En la que todos los paquetes destinados a un mismo cliente son agrupados, lo cual nos permite una mayor eficiencia a la hora del control y del movimiento.
12. **Traslado a la zona de expedición:** Es el desplazamiento de los pedidos preparados y agrupados hasta la zona donde se cargarán los pedidos para su envío.
13. **Consolidación de destinos:** Se hace una revisión extra para ver si se puede agrupar pedidos según el destino y ahorrar así en transporte.

14. **Carga:** Los pedidos preparados son cargados en los vehículos.

Cargaremos por palés para mantener la unidad de carga que se utilizó en preparación y minimizar así la manipulación en las operaciones de carga y/o descarga.

15. **Expedición:** Es el eslabón final de la Cadena de Suministro, tras el proceso de contratación del transporte y carga. Mediante este proceso de Expedición, la mercancía se envía finalmente al cliente.

El objetivo es que la mayoría de estos procesos, se vean afectados de manera positiva tras la implementación de nuestro sistema basado en captura.

Una vez explicado este apartado, se procederá en el siguiente a desarrollar la operativa de cómo se trabajaría en los distintos almacenes, basándonos en cumplir el mencionado ciclo.

4.3-Estructura de trabajo:

A continuación, se van a detallar **las mejoras y nuevo funcionamiento** incluidos en la estructura de trabajo planteada para optimizar procesos de gestión:

Cabe destacar que se van a utilizar principalmente dos sistemas:

- Por una parte, SAP¹¹, que por el momento funcionará como software de **apoyo** pasando a ser la **principal base de tratamiento de datos**.
- Por otro lado, tenemos **QS** que será el sistema encargado de realizar las **operaciones intermedias de transmisión y comunicación** entre terminales. Aunque en un futuro existirá la posibilidad de migrar a SAP, se trata de una migración gradual.

¹¹ (c) SAP SE- <https://www.sap.com/spain/products/bi-platform.html>



FIGURE 5- TERMINALES MULTIUSO

Todos los archivos que se generan **durante el siguiente proceso** son accesibles desde cualquier dispositivo por los operarios encargados de esta tarea.

A continuación, se va a detallar la secuencia de tareas a realizar por los operarios desde la recepción de la mercancía hasta la validación final de los pedidos.

- **Recepción de mercancía:**

- **Se realiza un pedido:**

Se incluyen únicamente los datos necesarios para la comprobación del pedido (ej. Proveedor o cliente, cantidad, tipo, y código de producto), se comprobará si hay material suficiente en fábrica, y en caso contrario se hará un pedido interno para reaprovisionar la fábrica.

- **Llegada de mercancía al almacén:** El operario accede a los pedidos desde su terminal móvil disponible en el puesto, para **validar/comprobar** el albarán del proveedor, **pegaría los TAG sin codificar** sobre los lotes recibidos, y dará de alta el/los pedidos/s. Finalmente **se mostrará un resumen** de todas las líneas del **albarán generado para compararlo con el de proveedor** y para más tarde en una validación final disponer de ambos albaranes.



12

FIGURE 7-LECTOR UHF PARA RFID DE GRAN RANGO

- **Validación final:**

Si el producto no está en el pedido o no coinciden completamente los albaranes, se informará debidamente al departamento de compras para el estudio de esa discrepancia. Para ello, se enviará el albarán generado anteriormente a modo de resumen junto al albarán del proveedor.

• **Trasposos desde almacén de materia prima a almacén virtual (intermedio):**

Estos trasposos sirven principalmente para preparar un reaprovisionamiento sin interferir con las operaciones de otros clientes, ya que es un proceso con carácter interno de la empresa. Es decir, el **almacén intermedio**, que es virtual, **sirve como un espacio para diferenciar los pedidos de traspaso de materia entre almacenes de la propia empresa de los de sus clientes.**

Para ello se realiza un pedido indicando a La Empresa como cliente generándose así un fichero de pedido.

En este fichero se indicarán las cantidades necesarias por aprovisionamiento, para ello es necesaria previamente la realización de un **MRP**:

La **planificación de los materiales** o MRP es un sistema de planificación y administración, normalmente asociado con un software (en este caso SAPBO ¹³) que planifica la producción para un periodo de tiempo determinado y un sistema de control de inventarios.

¹² TODAS LAS IMÁGENES DE PRODUCTOS UTILIZADAS SE ENCUENTRAN REFERENCIADAS EN EL PRESUPUESTO

¹³ (c) SAP SE- <https://www.sap.com/spain/products/bi-platform.html>

Tiene el propósito de cumplir tres objetivos clave:

- Asegurar que los materiales y productos estén disponibles para producción y entrega a los clientes.
- Mantener los niveles de inventario.
- Planificar las actividades de producción, horarios de entrega y actividades de compra/venta.

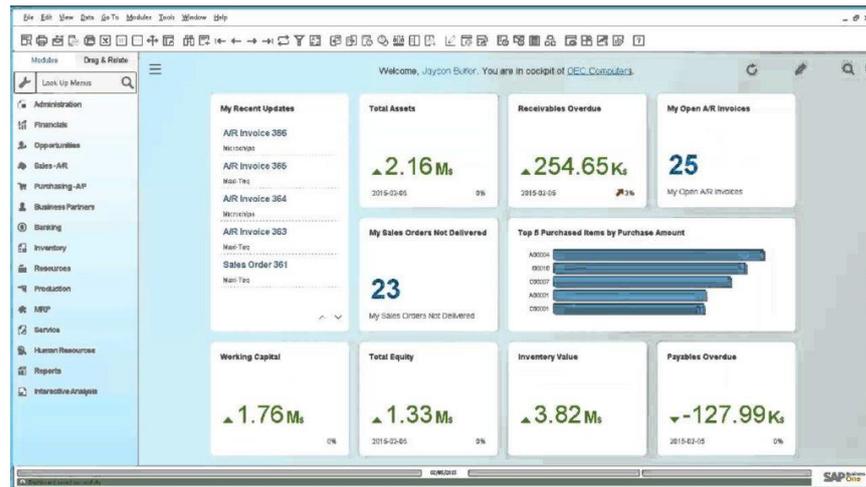


FIGURE 8-CAPTURA DE PANTALLA DE SISTEMA MRP EN SAP

Finalmente, el fichero generado se cargará en el terminal y se preparará para ser comprobado en la zona de carga. El operario con el lector de etiquetas y teniendo la información del pedido en el mismo irá validando durante la carga que todo se encuentra correcto y se actualizará el fichero con los posibles cambios o fallos en el pedido. El pedido se grabará completo durante la validación, por si la cantidad final servida fuese distinta a la pedida, por motivo de error.

Si no hay ningún cambio en el pedido, se procederá después al proceso de recepción, pudiéndose dar el caso de devolución de material sobrante o dañado como veremos a continuación.

Se realizaría el **mismo proceso para:**

Almacén de fábrica → intermedio, siendo el de materia prima el cliente.

- **Trasposos desde almacén virtual (intermedio) a materia prima (movimiento de devolución):**

Es el proceso análogo e inverso al anterior punto, grabándose un pedido que tendrá ahora como cliente al almacén de materia prima previamente dado de alta.

Si por algún motivo fuese necesario devolver el pedido de reaprovisionamiento completo, podemos aprovechar el movimiento del anterior punto marcando como “rechazado el pedido”.

Automáticamente se generará el informe de devolución correcto. Si no se da este caso, se seguirá el mismo proceso que en recepción de materia prima; esta transacción se verá diferenciada de los pedidos del proveedor (ya que es **una orden de traspaso/devolución y por tanto aparecerá en la zona de almacén intermedio**), se pegarán los *TAG* nuevos con su correspondiente información codificada, y se genera **resumen del albarán para comprobar con el de traspaso y validar**.

Por último, se cargará en los terminales QS el fichero y se actualizarán los datos del pedido (**automático tras la importación**).

- **Movimiento entre ubicaciones:**

En gestión se necesita saber la ubicación actual del lote, quedando esta información grabada dentro de una tabla anexa en el terminal, que genera una entrada con la información cada vez que se lee una etiqueta. La asignación de ubicación la realizará el operario, bien con el terminal de la carretilla si el artículo es de estantería (ubicación fija) o con el lector móvil si es de suelo. Para ello, el proceso que se debe seguir es el siguiente:

El operario selecciona el lote o producto final en caso de haberlo, y marca en el terminal “movimiento de ubicación”. A continuación de este movimiento, se usa el *TAG* para registrar la nueva ubicación y generar un fichero con los datos actualizados.

- **Recuentos e inventario:**

Los artículos a recontar se marcarán. Es decir, se bloquearán los lotes a recontar. Se grabará después un pedido teniendo como proveedor el almacén de fábrica y como consecuencia, se genera un fichero con pedidos pendientes que contendrán los lotes seleccionados. Este fichero será exportado a la aplicación del terminal para que no pueda usarse por otras operaciones mientras dure el proceso de recuento.

- La cantidad contada y el stock existente, será el sumatorio de las cantidades de los lotes.
- Mediante lectura de los *TAG* se validará el recuento de producto final, informando de las diferencias existentes.
- Finalmente quedará un informe en el que podemos ver si falta o sobra algún elemento. Al cargar de nuevo el archivo en el terminal, se actualizarán los datos.
- Como excepción si en algún momento uno de los lotes de materia prima tuviese material restante, se grabaría la cantidad restante en la etiqueta fija de su ubicación en estantería. Es un proceso simple en el que cogemos una información la modificamos y la volvemos a dejar donde estaba.

- **Como excepciones:**

- Si en algún momento uno de los lotes de materia prima tuviese material restante, se grabaría la cantidad restante en la etiqueta fija de su ubicación en estantería.
- Si se tratase de lote de producto final para exportar, puede comprobarse a que lote pertenece cada producto individualmente al ir también etiquetado.

4.4-Procesos afectados

A continuación, veremos un resumen de qué procesos se ven más afectados por esta nueva estructura y cómo se organizarán los trabajadores para llevar a cabo dichos procesos.

- **Gestión de ubicaciones:** En el almacén de materia prima los productos se desglosan en lotes y cada lote tiene una ubicación. Este esquema de trabajo tiene que integrarse dentro de la gestión de ubicaciones usando los enlaces que tiene cada lote (artículo, ubicación y situación).

Los procesos de integración con RFID deben tener en cuenta la actualización de las ubicaciones.

- **Fichero de control:** Donde recoger parámetros de las distintas transacciones (clientes y almacén para traspasos, tipos de traspasos y dos almacenes virtuales para recuentos RFID).
- **Lote:** La estructura de la codificación de productos de materia prima actual no permite el uso de los lotes como se explicaba en el punto 3, el sistema de gestión actual no permite añadir nuevos productos ya que existe un límite de 13 dígitos para almacenarlos, y por consecuencia, tampoco se permiten conjuntos de artículos que forman un lote.

Es por ello que se opta por crear una tabla paralela a la ficha del artículo donde se recoja información de los lotes y productos individuales en modo texto evitando codificaciones extra por lotes. Los datos que recogerá serán los siguientes:

- Código de artículo.
- Proveedor.
- Ubicación.
- Almacén de entrada.
- Lote de proveedor: Estados (disponible, traspasado, baja, asignado a carga).

Obviamente, los productos finales de forma individual dentro de cada lote deberán contener los mismos datos comunes al lote al que pertenecen.

Es en este punto donde se hace necesario puntualizar el término de **obsolescencia de inventario:**

Se denomina **inventario obsoleto** a aquella mercancía de una empresa que se encuentra almacenada durante un tiempo excesivo o que ya no se necesita en el proceso productivo. Con el paso del tiempo esta mercancía va disminuyendo su valor, generando un coste por almacenaje, ocupando un espacio y requiriendo una servidumbre de operarios (recuentos, movimientos, limpieza, etc.) que no generarán beneficio alguno.

Este concepto se considera como una **señal de que no se han estado siguiendo las mejores prácticas** en cuanto a gestión de inventario, y por tanto y para **evitar esta obsolescencia** será necesario recoger también los siguientes datos:

- Fecha de entrada.
- Fecha de salida.

- Código de recuento (pendiente, validado, contado y existente, validado, contado y falta).

Estos datos serían modificables si se encontrará la necesidad de añadir o quitar alguno de ellos.

- **Exportación desde QS de albarán de compra:** Los pedidos de compra marcados como “Almacén de lotes RFID” generarán un fichero con los datos necesarios para importarse a la aplicación móvil.
- **Importación desde QS de albarán de compra y lotes:** Se grabará un albarán de entrada, que actualizará el pedido y dará de alta en QS los lotes generados por el terminal.
- **Exportación desde QS de los pedidos propios:** Generación de datos necesarios para preparar la expedición, en adelante se marcarán los lotes en el momento de llevarlos a la zona de transporte, para dar de baja un pedido. Es aquí donde nos interesa recontar los productos finales antes de enviarlos.
- **Importación desde QS del movimiento de traspaso desde materia prima a fábrica:** Se grabará el movimiento de traspaso desde el almacén de materia prima al de fábrica.
- **Impreso de documento de traspaso:** Impreso Actual en formato *spool*, se trata de un formato de visualización en cola o secuencial, es decir veremos cada artículo del documento en líneas diferentes, es muy usado en empresas que integran sistemas como el conocido AS400¹⁴ hoy día muy limitado. Estos impresos contienen la información relativa sobre las órdenes de traspaso. En cada línea del documento se imprime su código de barras en formato GTIN 13, correspondiente a los artículos que se van a transportar. Estos impresos se pueden pasar gracias al nuevo sistema SAP a formato *pdf* (*portable document format*), consiguiendo así una ventaja respecto al anterior sistema. Permitiendo la agrupación de esas líneas independientes y haciendo más cómoda y rápida la visualización.

¹⁴ Aplication System 400(AS400)-
https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/rochester/rochester_4010.html



15

FIGURE 9- EJEMPLO CODIFICACIÓN GTIN 13

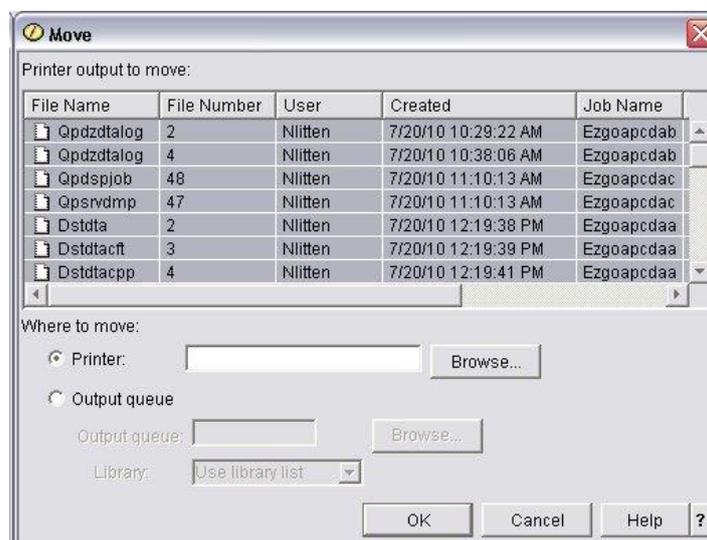


FIGURE 10-EJEMPLO DE ÓRDENES EN FORMATO SPOOL

- **Pedidos para trasposos desde almacén intermedio a materia prima e importación del fichero generado:** Mismo proceso que para otros movimientos siendo necesario un informe con el mismo formato que el documento de traspaso.
- **Proceso de inventario inicial:** Opciones de cancelar albaranes y borrar ficheros manteniendo movimientos.
- **Movimiento entre ubicaciones:** Integración del fichero que actualiza las ubicaciones.

¹⁵ <https://todosobre codigos de barras.wordpress.com/2016/10/30/que-significan-los-numeros-en-un-ean-13/>

- **Consulta de artículos:** Habría que añadir opciones para acceder a los lotes asignados a un artículo y ver los disponibles y sus ubicaciones.
- **Generación de recuento de lotes y ficheros.**
- **Integración de recuento:** Actualización con el fichero del punto anterior y los lotes validados quedarían marcados como “válidos” /”no válidos”.
- **Proceso de actualización de recuento:** Si el lote no es válido en recuento lo marca como baja y se graba el movimiento de salida. Por el contrario, y si es válido, se borra su entrada en el recuento y se deja el lote disponible.
- **Borrado de recuentos:** Actualiza la información del punto anterior.
- **Reconstrucción de existencias por lote:** Determinar y ajustar las diferencias por descuadres de inventario.
- **Gestión de lotes desde movimientos de entrada, salida y albaranes de compra:** Para los movimientos y albaranes de almacenes marcados como RFID se bloqueará la cantidad en la modificación y se abre una pantalla para dar de alta o baja, actualizándose y borrándose lotes si es un albarán o cambiando la ubicación si es un traspaso.
- **Integración con la gestión de ubicaciones:** Tienen que definirse todas las ubicaciones existentes para poder seleccionarlas desde los terminales, lo que afectará al resto de opciones del sistema.

5- Búsqueda de herramientas de gestión para mitigar las deficiencias operativas detectadas:

“La información contenida en este apartado se encuentra referenciada en la bibliografía mediante los puntos: 9, 16 y las imágenes son de dominio público”.

Mediante el análisis detallado de esta nueva estructura, observamos que pueden surgir errores no previstos derivados principalmente de nosotros mismos, es decir, errores humanos de los operarios. La forma de mitigar estas deficiencias operativas va de la mano también de ofrecer facilidad y comodidad a los operarios, los cuáles no tienen actualmente herramienta alguna que les ayude a saber si han cometido un error en algún momento o lo van a cometer.

Póngase como ejemplo la retirada de un lote de un determinado producto donde se comete el error de no marcar bien su nueva ubicación o el dar salida a un lote más reciente en vez de otro más antiguo del mismo producto, incumpléndose la norma FIFO de almacenaje (**First In, First Out**). En este último caso, el sistema debería de avisar al operario cuando éste lee el código de barras, de la existencia de un lote más antiguo, así como su ubicación, evitando de esta manera el problema mencionado anteriormente de la obsolescencia.

Otras deficiencias pueden venir debidas a la gran cantidad de diferentes elementos con diferente antigüedad. Es decir, es posible que se cambie la versión o formato de uno o varios artículos que se utilizan, pero que aún tengamos guardada una cantidad considerable de los ya en desuso. Esta situación puede producir el consumo por error en algún pedido donde ya no corresponde. En este caso y para evitar errores, los artículos en desuso deberían de ser marcado como **“bloqueados”** en el sistema, no permitiendo o avisando al operario de la indisponibilidad de los mismos.

Por todo lo mencionado, vamos a ver las **posibilidades que tenemos** y qué sería posible instalar en un futuro a modo de medida/herramienta disruptiva, **complementando** a la **tecnología** finalmente seleccionada:

- Se instalará un **método de control por usuario y contraseña** para que el **encargado de la zona** en un **turno determinado** se registre en el terminal tanto móvil como de carretilla. Con este proceso, quedaría constancia de quién y cuándo se han registrado los movimientos de los lotes, **evitándose así en primera instancia** que cualquier operario sea capaz de acceder al material de otras zonas sin previo aviso al encargado. Adicionalmente, se obtendría un histórico de

movimientos de inventarios, actividades de los operarios, errores, etc., que permitiría a los gestores de almacén, analizar y posteriormente optimizar la operativa del mismo.

- Cada producto terminado llevará también una etiqueta RFID con el número de lote grabado además de la información disponible para el cliente, de forma que evitamos errores a la hora de paletizar un lote de producto terminado.
- Por otro lado, para evitar movimientos indeseados que pueden no quedar registrados, se recurrirá a una serie de sistemas interesantes, como el ya mencionado almacén 4.0/automatizado.

El objetivo de estas herramientas es obligarnos o avisarnos sobre si un movimiento se ha realizado de forma correcta.

La opción del almacenaje automático nos sirve únicamente para ciertos productos de materia prima como pueden ser accesorios de pequeño tamaño debido al espacio y el peso soportable que ofrecen.

Es por esto que se barajará la inclusión de otras tecnologías como las siguientes:

1- **Picking mediante leds:**

Conocidos como sistemas *PICK TO LIGHT* para la entrada y *PUT TO LIGHT* para salida de mercancía.

Estos sistemas son sencillos ya que los huecos del almacén tienen instalados distintos sensores, de manera que el sistema le indica al operario en su dispositivo lector donde está situado el producto. Además, estos sensores pueden configurarse para que queden en un color determinado mientras la ubicación no haya cambiado, **Cumple por tanto la doble función de facilitar el trabajo y prevención de errores.**

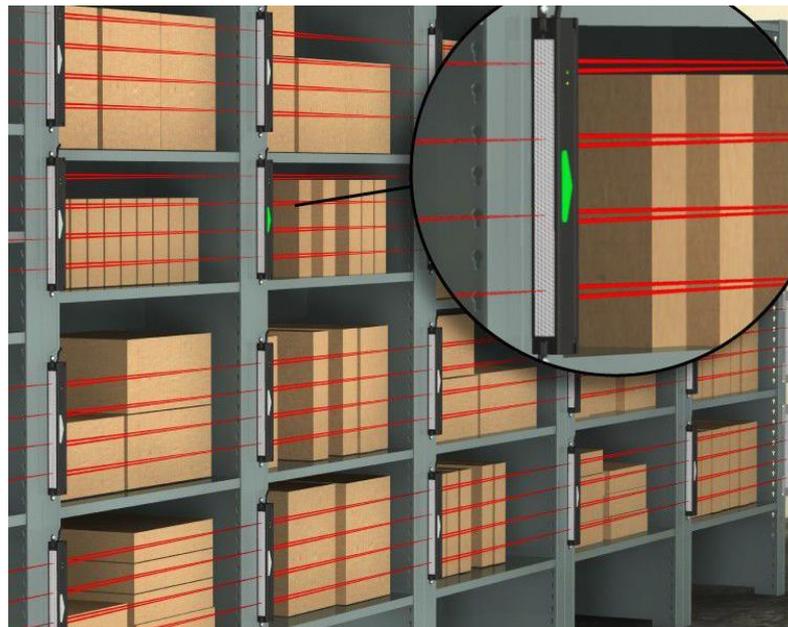


FIGURE 11- EJEMPLO DE SISTEMA PICK TO LIGHT

- 2- **Tecnologías 4.0:** Denominamos así a tecnologías que todavía son escasas pero que en un futuro serán habituales como son la realidad virtual incorporada en unas gafas.

Estos sistemas de realidad aumentada permiten cargar en las gafas los pedidos, y el operario puede ir directamente a la zona donde se encuentra el producto para hacer el pedido. Sigue siendo una tecnología cara, empresas como DHL, están actualmente incorporando estas tecnologías.



FIGURE 12- EJEMPLO DE SISTEMA PICKING-VR

- 3- Existen otros sistemas similares basados en pantallas colocadas en las estanterías, pero debido al volumen y dimensiones de los almacenes, se hacen inviables.
- 4- Podemos tener en cuenta la utilidad de los robots AGV/VCR, que permiten automatizar algunos movimientos entre ubicaciones utilizando lectores de QR y sensores que le permiten depositar la mercancía en el lugar adecuado. Debido a que son materiales pesados y peligrosos, se está planteando aún como llevarlo a cabo. Pero no es una opción descartada en un futuro cercano.



FIGURE 13- EJEMPLO DE SISTEMA PICK CON BOTONERAS Y PANTALLAS LCD.

- Por último y como medida de seguridad adicional podemos utilizar herramientas gráficas que nos eviten un error de identificación de producto, ya sea mediante una aplicación móvil, AutoCAD, u otros sistemas industriales de representación, de manera que ante cualquier duda se pueda comprobar visualmente que el producto es el adecuado. Para ahorrar coste de inversión, se puede incluir en los terminales móviles que llevarán los operarios, el manual técnico reducido en formato pdf.

6- Búsqueda de sistemas basados en RFID y otras tecnologías para captura, almacenamiento y transmisión de la señal en un entorno altamente metálico:

“La información de este apartado se encuentra totalmente referenciada en la bibliografía mediante los puntos: 1, 2, 4, 11, 16, 17, 18.”

En los últimos años han ido surgiendo nuevas herramientas para tomar y manipular la información de cualquier producto y en diversas condiciones. Por esta razón, es posible hacer una **división en función de la naturaleza de la tecnología** que utilizan para lograr su objetivo.

Para ello, se explicará previamente en qué consisten los llamados “sistemas de captura”, y analizaremos las opciones que existen actualmente.

El **control** de la información se basa en conocer el estado de un objeto, producto, o dato en cualquier momento, pero estas tecnologías no buscan únicamente conocer los estados en un instante actual, sino guardar suficientes datos como para conocer el estado pasado y en algún momento ayudarnos incluso a predecir posibles estados futuros de un producto. Por ejemplo: Predecir una rotura de stock antes de que ocurra, o un fallo mecánico gracias a que se detectaron defectos en algún producto.

Esta capacidad de conocer, **recopilar, y analizar** la información capturada es lo que se puede definir como **trazabilidad**.

Cualquier sistema de captura comparte elementos necesarios para comunicarse de forma bidireccional con los equipos del entorno en el que se encuentren. Por tanto, existirán también formas distintas de codificar la información, almacenarla y registrarla de la forma indicada según la situación.

A continuación, se muestran algunas de las tecnologías más usadas por su efectividad.

6.1- Tecnologías ópticas de captura y su codificación:

Estas tecnologías se basan en el uso de lectores, y etiquetas, es decir, necesitamos una “line of light”, o línea de visión directa con la etiqueta a leer. Esta lectura se puede realizar de forma bidimensional o de forma lineal.

Dentro de este punto entran tecnologías como el RFID o el NFC, así como otras no tan conocidas.

A continuación, se van a detallar algunos de los mecanismos que permiten almacenar información para luego ser comprobada por el usuario (**tipo de codificación**) mediante el uso de algunas de las tecnologías más utilizadas, como puede ser la tecnología NFC.

1- GS1-128:

GS1-128 fue desarrollado para proporcionar un estándar global para el intercambio de datos entre diferentes compañías. GS1-128 no solo codifica los datos, sino que proporciona un método para definir el significado de estos datos mediante “identificadores de aplicación” (AI). Además, es capaz de utilizar todos los caracteres del código ASCII. Es un código “modular”, es decir, podemos añadir información posteriormente, facilitando así y por ejemplo la tarea de trazabilidad. Su estructura es la siguiente:



FIGURE 14- ESTRUCTURA CÓDIGO GS1-128

2- PDF -417

Se trata de una codificación 2D que puede almacenar como máximo 1.800 caracteres a ASCII o bien, 1.100 códigos binarios por cada símbolo (w_1, w_2, \dots, w_n).

Su altura depende de la cantidad de información.

Si la cantidad de información a almacenar es mayor de la que cabe en un símbolo, pueden utilizarse varios de estos símbolos. Se utiliza en etiquetas de transporte cuando la información conviene que esté disponible en cualquier momento (por ejemplo: Amazon). Cada elemento de un símbolo tiene un tamaño mínimo de 0,2 milímetros de ancho y 0,25 milímetros de alto, lo que hace que tengamos unos 177 caracteres imprimibles para leer el código son necesarios lectores de códigos 2-D o escáneres con un software especial, lo cual supone una desventaja debido al sobrecoste y razón por la que se ha ido dejando de lado por otros sistemas más eficaces.

Para imprimir el código PDF-417 sirven la mayor parte de las impresoras láser. Este tipo de códigos se usan mucho para facturas electrónicas. Además, incorpora un algoritmo de corrección de errores que permite leer la etiqueta cuando esta se encuentra dañada en hasta un 60% de su estructura.

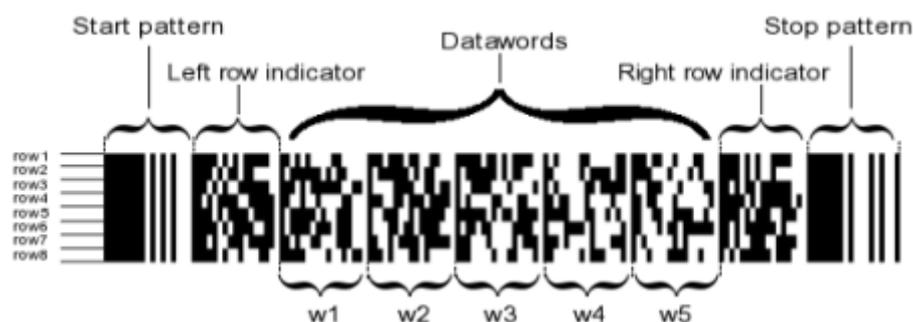


FIGURE 15-CODIFICACIÓN PDF-417

3- ECC2000 (DATA MATRIX)

Se trata de un código de barras bidimensional, capaz de codificar texto o datos sin procesar con un diseño de modular similar al PDF 417, el tamaño de datos va hasta unos hasta 2 kilobytes. Incluye códigos de corrección de errores en su versión ECC2000 que asegura la lectura incluso con la etiqueta dañada en un 60%.

La gran diferencia con el PDF 417 radica en hacer en un tamaño más reducido siendo adecuado para la trazabilidad de elementos pequeños o en los casos donde hay múltiples elementos como en la automoción o aeronáutica.



FIGURE 16-CODIFICACIÓN ECC2000

6.2- Tecnologías de radiofrecuencia para la captura de información:

6.2.1- RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)

Se trata de una tecnología que funciona mediante el **uso de ondas de radiofrecuencia** para transferir información. Para ello, se utilizan transpondedores o TAGS que se pegan sobre todo tipo de objetos permitiendo al usuario obtener la información deseada de un objeto en concreto. Algunos de sus usos son la capacidad de generar inventarios, trazabilidad y conteo de materiales, identificación animal, y muchas otras funciones.

El RFID como tecnología, avanza cada día más, permitiendo actualmente trabajar en distintos **rangos de radiofrecuencia**, consiguiendo funcionar a distancias de entre 10 cm. y 20 metros, y leer de forma automática varios objetos en un área, lo cual es una gran ventaja dentro de la industria pudiéndose adaptar a casi todas las circunstancias.



¹⁶FIGURE 17-EJEMPLO DE RFID PASIVO

¹⁶ https://es.made-in-china.com/co_sailscard/product_Alien-H3-9662-RFID-Antenna-RFID-Tag-Label-for-Logistics-Management_rg0eeonrg.html

Como se menciona en el párrafo anterior, existen diferentes rangos de funcionamiento para RFID cada uno con unas características. Los cuales se pueden englobar en las siguientes cuatro familias:

a) **LF o Low Frequency:**

Se trata de la versión a bajas frecuencias de RFID, encontrándose en la franja de 125-140 kHz, con un rango de funcionamiento de 10 cm. Funciona bien en metales y líquidos. Además, es muy poco sensible a las interferencias de radio, aunque queda un poco limitado por su baja velocidad de transferencia. Actualmente se usa en el ámbito de producción y en los chips de identificación para animales o incluso en algunas carreras populares de cronometraje.

b) **HF o High Frequency:**

Sus diferencias principales con LF son las siguientes:

- Admite una tasa de datos mayor que el anterior.
- Aumenta el rango de lectura hasta 1m.
- Se sitúa a la frecuencia de 13,52 MHz.
- Es poco sensible a las interferencias y capaz de funcionar con metales.
- Tiene capacidad anticolidión, tecnología que permite leer varios *TAGS* a la vez, en una pequeña área dentro de su alcance.
- Es muy usado en la trazabilidad de productos y en los accesos a edificios mediante tarjetas. Su uso es global y está normalizado por la norma ISO 14443 e ISO 15693.

c) **UHF o ultra high frequency:**

Admite una tasa mayor de datos, el rango aumenta considerablemente hasta los 20 m, en cambio es mucho más sensible a interferencias de radio y no funciona bien en metales, ya que estos producen un efecto de cortocircuito en las antenas en esta banda de frecuencia [868 – 915 MHz]. Incluye un mecanismo de lectura múltiple y sin colisiones mucho más útil que en HF debido al gran rango de acción.

d) **Frecuencia activa:**

Se sitúa en el rango de frecuencias 2,45-5,8 GHz, permite el uso de dispositivos activos, es decir puede transmitir información almacenada en un

chip usando su propia energía mediante el uso de baterías, por tanto sirve para configurar dispositivos inalámbricos que funcionan en estas frecuencias, y tiene un alcance de hasta 100m con grandes tasas de datos.

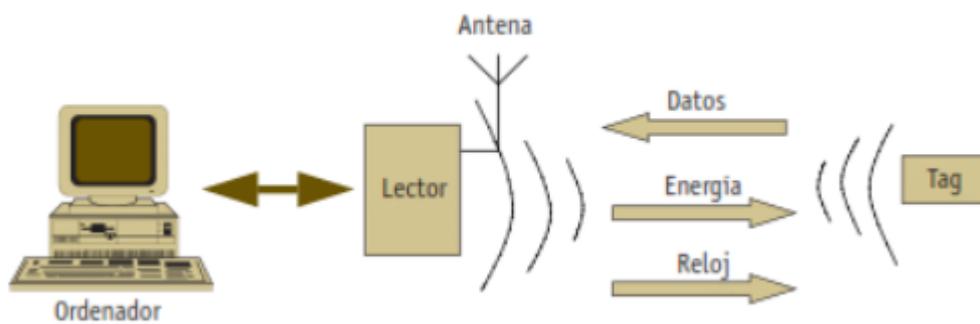
Una vez visto que posibilidades tenemos dentro de la tecnología RFID, vamos a ver los **elementos que permiten su uso** en aplicaciones reales:

Por un lado, se encuentran los transpondedores o TAGS. Se trata de dispositivos con un chip integrado y una antena para la transmisión o recepción de datos. Además, algunos poseen memoria interna de unas decenas de bytes y pueden usarse para lectura y/o escritura de datos. Podemos **agruparlos en dos familias**:

- **Tags pasivos**: Son aquellos que no disponen de baterías ni pueden transmitir información por sí mismos.
En su lugar Aprovechan la energía que el lector le suministra gracias al fenómeno *backscatter* el cual aprovecha la energía de las ondas de radiofrecuencia para activar el circuito integrado del *tag* y devolver una señal de respuesta con información.
- **Tags activos**: Cuentan con una batería propia, su tamaño es mayor y su señal alcanza hasta 200 m, el acoplamiento con el lector puede ser inductivo o electromagnético, a diferencia de los pasivos que suelen ser siempre inductivos.

En cuanto a los lectores cabe destacar que hoy día existen tanto lectores fijos o de proximidad que detectan los TAGS cercanos mediante una antena, o lectores con capacidad de lectura por visión directa, y escritura en el mismo dispositivo (tipo pda), como los que utilizaremos en este proyecto.

En general el RFID funciona siguiendo **tres etapas esenciales**:



17

FIGURE 18-ESQUEMA RFID

- 1- Emisión: El lector emite una señal en una frecuencia determinada hacia el TAG.
- 2- El TAG capta la señal y añade los datos para enviarlos al lector de nuevo.
- 3- Se recibe la información y se almacena.

6.2.2- NFC

Esta tecnología es de corto alcance normalmente haciendo contacto con el dispositivo de lectura, y trabaja en la banda HF podríamos englobarlo dentro de las tecnologías RFID HF, aunque sus funciones son algo distintas y limitadas. Por lo que casi podemos decir que se trata de otro tipo de tecnología. Es muy utilizado para transacciones y acceso a servicios informáticos como la banca online, así como para intercambiar información entre dos dispositivos.

Existen dos modos de funcionamiento:

- **Modo activo:** Ambos dispositivos generan su propio campo electromagnético para poder intercambiar la información.
- **Pasivo:** Uno de los dispositivos genera el campo y el otro utiliza la energía para transmitir los datos.

El método para comunicarse entre dos dispositivos es igual al modo en el que nos comunicamos con RFID. La frecuencia utilizada es de HF - 13,56 MHz, no tiene restricciones de uso por ninguna norma o licencia. Es capaz de transmitir pocos bits de información a una tasa alta para validar las operaciones de forma rápida y segura.

¹⁷ <https://www.researchgate.net/>

Existen cuatro tipos de TAG NFC que proporcionan diferentes velocidades de comunicación y capacidades (seguridad, retención de información...etc.).

Los dispositivos compatibles con estos TAGS NFC son los chips fabricados con tecnología *Mifare Ultralight*, *Mifare Ultralight C* y *Desfire*¹⁸.

Todos fabricados bajo el estándar NFC.

6.2.3- TECNOLOGÍA MIFARE

La tecnología Mifare¹⁹ es la más extendida, trabaja en la banda de HF 13.56 MHz, y con ella se puede escribir y leer datos, siendo normalmente de tipo tarjeta. Cumple las normas ISO correspondientes y existen modelos diferentes en función de la cantidad de información que se desea escribir. Los datos almacenados en la tarjeta están protegidos, la información se separa en bloques, y se utilizan algoritmos que ofrecen seguridad para la identificación única.

El proceso de lectura sigue las tres normas de RFID (envío, respuesta, recepción de la señal), la principal diferencia es la siguiente:

- **El lector será fijo** y será el usuario quien aproxime el *TAG* a él, en ese momento se inicia una **comunicación cifrada** y transmitiremos nuestros datos.

Aunque los usos más habituales de estas tarjetas los encontramos en las empresas para el control de acceso de los empleados o en los hoteles. En los últimos años el transporte público, está adaptando este sistema para su uso en metro y autobús. (Por ejemplo, en el País vasco cualquier pago en el transporte público se realiza con la mediante una sola tarjeta). Aporta ventajas como la reducción de tiempo al no imprimir tickets y el poder grabar cualquier tipo de información del usuario en estas tarjetas.

¹⁸ <https://www.mifare.net/es/productos/ics-de-tarjetas-con-chip/familia-mifare-ultralight/>

¹⁹ <https://www.mifare.net/es>

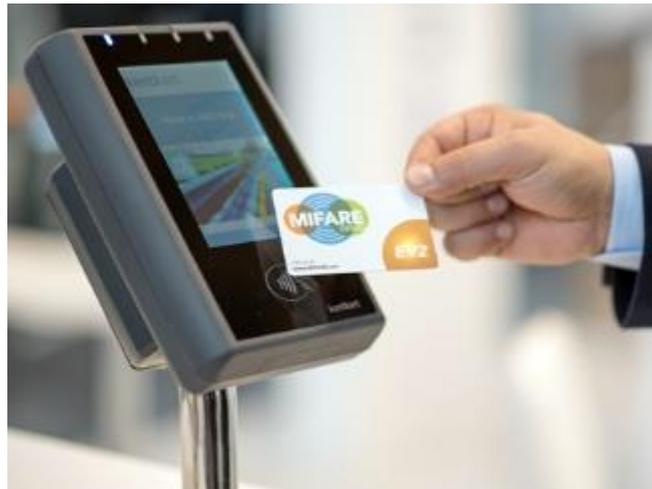


FIGURE 19-TARJETA TECNOLOGÍA MIFARE

6.2.4- TECNOLOGÍA MIFARE ULTRALIGHT

Se trata de una tecnología diseñada para tener un bajo coste y gran utilidad en aplicaciones que requieran una cantidad pequeña de información. Dispone tan solo 512 bits y sigue la normativa ISO 14443. La gran diferencia con la tecnología Mifare radica en que no disponemos de información cifrada y la memoria es mucho menor. Se suele utilizar para el transporte público, o tarjetas de socio.

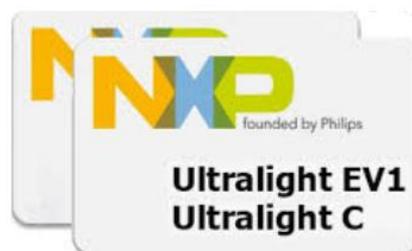


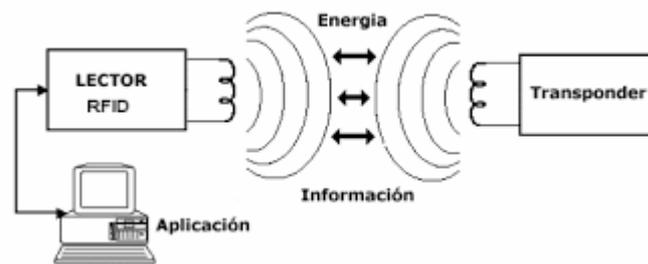
FIGURE 20-TARJETA TECNOLOGÍA MIFARE ULTRALIGHT

6.2.5- RFID ACTIVA (MICROONDAS-SHF)

Se trata de una tecnología que trabaja en el campo de las microondas o SHF (2,45GHz), como se ha mencionado en el punto 6.2.1, considero que es importante desarrollarla ya

que su uso es cada vez más amplio e importante. Aprovecha las ventajas de la tecnología RFID con componentes activos a una frecuencia superior a las anteriormente mencionadas. Las señales emitidas por los *TAG* activos son leídas por un lector RFID activo. Ambos dispositivos deben estar en la misma frecuencia.

El principal uso de este tipo de tecnología es para identificar personas y objetos no metálicos, a no ser que se utilicen elementos que sobrepasen este tipo de entornos metálicos. Cada uno de los *TAG* emite un código único y así puede asociarse cada *TAG* a una persona u objeto, tiene capacidad anticolidión para poder leer varios *TAG* en un área.



20

FIGURE 21-ESQUEMA RED RFID ACTIVA

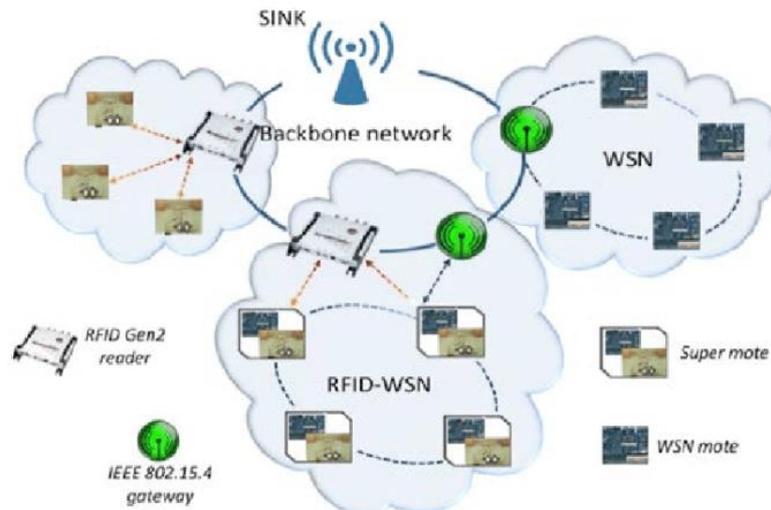
6.2.6- WSN (WIRELESS SENSOR NETWORK):

Esta tecnología consiste en una red formada por sensores y microcontroladores, en la que al menos existirán dos nodos comunicándose inalámbricamente.

Principalmente consiste en ser capaz de recopilar la información de todos los sensores o controladores que se hallan en la red y luego enrutar esta información a los destinatarios adecuados para el procesamiento de la misma. Para esto normalmente tenemos dos tipos de subredes:

- Red de recopilación de datos.
- Red de distribución de datos.

²⁰ <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3552/40883-2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>



²¹FIGURE 22-ESQUEMA RED WSN

Cada nodo de la red dispone de sensores, microcontroladores y radio, por lo que si unimos las capacidades de RFID con las características de este tipo de redes se obtiene una tecnología totalmente innovadora y en pleno desarrollo.

Para ello los *TAG* o etiquetas activas son sensorizadas, entonces la red usa éstas etiquetas para enrutar datos, y a su vez los *TAG* utilizan la red de sensores para obtener información física de los dispositivos. También permite obtener, no solo estado sino la información contenida en las etiquetas. Logramos así, la unión de ambas tecnologías. Esto sería posible dado que el rango de frecuencias de UHF-RFID es similar al de las redes WSN, ya que uno de los requerimientos de una red de este tipo consiste en dotar a todos los dispositivos de la misma frecuencia de funcionamiento.

²¹ www.researchgate.net

7- Selección de la alternativa de gestión más adecuada para la mejora operativa de la empresa:

Tras haber analizado en profundidad las alternativas para un proyecto de trazabilidad, deducimos una serie de conclusiones que hacen que finalmente la elección sea el uso combinado de dos familias de RFID, su versión HF, y su versión UHF. A continuación, se detallará los puntos a favor y en contra que encontramos. En primer lugar, escogemos esta tecnología por su menor coste y mayor versatilidad y/o utilidad. A continuación, detallaremos también de forma técnica la problemática más grave, y por qué en este caso se considera totalmente disruptivo el uso de un RFID mixto (versiones HF y UHF para cubrir las necesidades).

7.1- Análisis para la elección del RFID frente a otras alternativas tecnológicas

- **La solución económica:** Se trataría del uso de códigos de barras con el estándar GTIN 13 como los ya utilizados en el almacén automático. Esta opción es rápidamente descartada, dado que la codificación GTIN 13 es fija, solo identifica al producto y no nos ofrece más información. En este punto, se hace necesario recordar que al inicio del proyecto se mencionaba como requisito imprescindible en el nuevo sistema, la capacidad de multiubicación. para ello es necesario una memoria y que ésta sea editable, característica que sí incluye RFID. Por otra parte, la versión UHF de RFID nos da la posibilidad de hacer un recuento masivo de las estanterías, cosa que es imposible con GTIN 13. Por último, otra característica importante es la velocidad de lectura, siendo esta mucho mayor en RFID. Así mismo el rango de lectura, aunque no es decisivo en su totalidad, también lo hemos tenido en cuenta. Como aspecto negativo, destacar que se trata de una tecnología de mayor coste.
- **La solución más similar:** En este caso hablamos de la tecnología NFC. Aunque se encuentra dentro de la familia RFID funcionando incluso en el rango HF. Esta tecnología que aprovecha el corto rango en frecuencias más bajas de RFID para hacerlo una característica propia, es más usada en aplicaciones donde prácticamente se requiera un contacto leve o estar muy cerca del lector.

Ventajas:

- Proporciona un traspaso de datos más seguro dado que dispone de cifrado y un rango de lectura muy pequeño.

Desventajas:

Tiene como inconveniente que encontrar tarjetas regrabables o de uso industrial es más complejo. En este proyecto no se aprovecharía la ventaja de seguridad que ofrece. El rango de lectura puede ser también una desventaja dependiendo del uso que se quiera dar.

En cualquier caso, debido a la frecuencia de funcionamiento, nada impide utilizar esta tecnología con lectores RFID-HF si se estimase necesario.

- Otras soluciones similares: Como se comentaba antes, las tecnologías Mifare van a tener las mismas limitaciones que NFC. Por otro lado, el *picking* por luz o botoneras lo hemos descartado, ya que la luz puede reflejarse en los productos que se utilizan, produciendo fallas. Además, las botoneras a gran altura dificultarían gravemente el acceso.
- Redes WSN: Sin duda más que una alternativa se ve como una ayuda o mejora dada la capacidad de formar una red en base a sensores RFID. Se puede pensar en un futuro una vez la empresa decida comenzar a canalizar múltiples tipos de datos para su estudio, añadir una WSN-RFID capaz de recoger todo tipo de información, e interconectar todos los puntos de almacenaje. Por tanto, esta solución no queda descartada, sino únicamente, aplazada hasta disponer de los medios necesarios.

En resumen, con RFID se gana en velocidad de lectura, capacidad de lectura en área, disponibilidad y compatibilidad con la mayoría de recursos que se deseen añadir en un futuro, siendo además su uso sencillo y completo. Para concluir los beneficios de esta tecnología que han sido claves para su elección frente a las otras, hemos de mencionar su mayor memoria y reutilización. Este último, aunque en menor medida, también hará que se use menos papel que si usásemos etiquetas no regrabables tipo EAN 13.

7.2- Explicación técnica de la problemática y como RFID ayuda a solventarlo:

Cuando se comienza el proyecto rápidamente es detectado cual va a ser el factor más limitante para la aplicación de una solución óptima: El metal.

Esto es debido a que además de tener el 90% de productos fabricados en distintos metales y distintos espesores todos de gran dimensión, me encuentro con el entorno (estanterías, maquinaria, techos...etc.) también en gran parte metálicos.

El problema surge cuando se observa que los TAGS RFID no funcionan como deben y producen múltiples fallas, además de no tener un sistema donde gestionar toda la información que recogen.

Estos fallos se deben a la frecuencia de operación de los dispositivos RFID sobre todo en la banda UHF (860 a 960 MHz). Esta frecuencia emitida por el lector frente a un metal produce una atenuación importante en la señal, dado que la antena pasiva es también metálica y puede comportarse como un “cortocircuito” al confundirse con el metal del producto. Por tanto, no nos llega información, es decir, existen reflexiones que producen las interferencias en este rango de frecuencias en concreto. Esta problemática también se puede observar en entornos con productos líquidos como por ejemplo la sangre.

Para solventar este gran problema se dispone de distintas soluciones como:

- El **uso de meta materiales**, el cual requiere un **diseño específico de antenas destinadas a una función determinada**, por lo que no nos serviría como estándar para todos los metales.

Consiste en el **uso de diversos materiales que forman un chip/antena capaz de mitigar algunas deficiencias**, es una tecnología similar a las llamadas “**etiquetas anti-metal**” que tienen un mayor coste respecto a las estandarizadas, por otro lado, no todas las impresoras son válidas para ser usadas con estas.

Otra posible solución sería usar soportes plásticos sobre los que pegamos los TAGS se consigue así aislar los metales de la etiqueta.

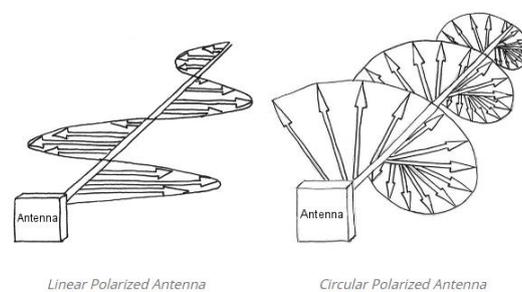
Es en este punto donde se toma la solución como válida, aunque debido al elevado coste que supone usar soportes en cada lote de producto, se usará únicamente en las estanterías

junto a etiquetas regrabables, para permitir el uso de la tecnología UHF y su capacidad de lectura en área.

Por otro lado, al ser necesario un funcionamiento efectivo y económico, observo que con el uso de una frecuencia más baja como puede ser HF a unos 13MHz, reducimos en gran medida las interferencias, y el funcionamiento es correcto en un 80% de los casos según datos recogidos entre la mayoría de materiales usados por la empresa. Esto lleva a que se opte por usar estas etiquetas y lectores HF para la trazabilidad de los productos/lotes de forma individual, ofreciendo multiubicación dentro de la fábrica. Por el contrario, el rango de lectura es menor y debe ser de un único elemento a la vez.

Por último, podemos comentar el uso de antenas polarizadas de forma circular frente a lineal, ya que de esta forma podemos colocar el lector en una zona intermedia entre 2 áreas y tener un mayor grado de lectura. Esto se debe, a que, si bien con una polarización lineal las antenas ofrecen un mayor rango de lectura, los elementos a leer deben estar en el mismo plano/orientación de esta antena. Por tanto, si deseamos tener una lectura en área como es el caso de las estanterías, necesitaremos polarización circular. Por otra parte, la polarización circular consiste en separar las ondas emitidas en diferentes planos de emisión lo que hace que perdamos unos 3dB de ganancia respecto a la polarización lineal. Para solucionar o mitigar este efecto se colocan 4 antenas en el lector UHF.

Otra opción pasaría por hacer un diseño propio de estas antenas y optimizar al máximo su uso, siendo esto otro tipo de proyecto más avanzado y el cual no es deseado actualmente por La Empresa.



²²FIGURE 23- POLARIZACIONES LINEAR Y CIRCULAR DE UNA ANTENA

²² <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/circular-polarization-vs-linear-polarization>

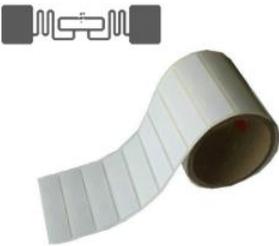
8- Análisis económico de la solución:

“La información para este estudio económico puede verse referenciada en la bibliografía en los puntos 12, 14, 15”.

A continuación, se muestra un análisis económico que incluye: Presupuesto de materiales y de recursos humanos necesarios, un análisis de la inversión inicial y por último el análisis de rentabilidad y recuperación de la inversión:

8.1-Presupuesto de materiales

PRODUCTO	IMAGEN	CANTIDAD (UNIDADES)	PRECIO UNIDAD x CANTIDAD (EUROS)	DETALLES/INFORMACIÓN
LECTOR CAENION UHF PARA RFID		3	5843,64	https://rfid4ustore.com/caen-ion-uhf-long-range-rfid-reader-with-wifi/
FUENTE DE ALIMENTACIÓN CAENION		3	299,4	https://rfid4ustore.com/caen-power-supply-for-r4301p-ion-rfid-reader/
ANTENAS UHF POLARIZADAS		12	1541,28	https://rfid4ustore.com/mpinj-slim-outdoor-uhf-rfid-antenna/
CABLE BAJA ATENUACIÓN SMA-RPTNC		12	210,72	https://rfid4ustore.com/tronrfid-antenna-cable-195-series-rp-tnc-male-to-sma-male/

TABLET ZEBRA RUGGED IPS68 CON W10		3	6234,48	https://rfid4ustore.com/zebra-l10-android-rugged-tablet-series-xbook/
SISTEMA PESAJE BLUETOOTH		3	17367,33	https://www.floorscalesdirect.com/ravas-iforks-50-forklift-scale.aspx
MONTANTES TAGS RFID FIJOS ANTI- METAL		2000	26340	https://rfid4ustore.com/hid-uhf-inline-ultra-curved-steel-ring-monza-4qt/
ETIQUETAS ANTI- METAL UHF REGRABABLES		6000	3300	https://www.alibaba.com/product-detail/clothing-retail-uhf-rfid-sticker-with-62010319903.html?spm=a2700.7724857.normalList.11.3e2e2e2b7irskb
ETIQUETAS HF ÉSTANDAR REGRABABLES		10000	435	https://spanish.alibaba.com/product-detail/rewritable-passive-rfid-tag-for-books-1600061286624.html?spm=a2700.8699010.normalList.103.62a94e9b1KOHA_Y
IMPRESORA DE ETIQUETAS PORTÁTIL ZEBRA		3	4762,77	https://www.etiden.com/bundle-zq52-rfid

IMPRESORA DE ESCRITORIO RFID		2	6666,02	https://rfid4ustore.com/zebra-zt610-4-inch-rfid-printer-us/
LECTOR UHF PORTÁTIL		3	3007,74	https://rfid4ustore.com/tsl-1153-bluetooth-wearable-uhf-rfid-reader/
LECTOR RFID HF		3	4110	https://rfid4ustore.com/tsl-2173-bluetooth-hf-lf-rfid-reader/
TOTAL/ EUROS			80118,38 €	

FIGURE 24-PRESUPUESTO MATERIALES

8.2-Presupuesto de recursos humanos

DEPARTAMENTO	Nº TRABAJADORES	COSTO	INCLUYE	TOTAL MESES
INGENIERÍA	3	1800€/MES/TRABAJADOR	Instalación de equipos, coordinación y control del proyecto, análisis, mantenimiento hasta final de proyecto.	3
SAP E INFORMÁTICA	NO INFLUYE	32000€/ESTIMADO	Instalación de software a medida y mantenimiento los 3 meses posteriores a finalización.	5
COSTE TOTAL		48.200 €		

FIGURE 25-PRESUPUESTO DE RECURSOS HUMANOS

El coste del equipo de SAP es una aproximación y podría variar dado que dicha empresa ya se encuentra asociada con la Empresa X, en otros proyectos y podrían aprovechar recursos de personal y de medios.

8.3-Análisis de inversión inicial

Para el análisis de la inversión inicial se ha contemplado el costo total de los recursos de materiales, software, y personales necesarios. La inversión inicial se planea de acuerdo al asesoramiento del personal encargado de la logística (en este caso el equipo de ingeniería), siendo en porcentajes repartidos entre Equipos, software, y personal como sigue:

- **Equipos:** $\text{COSTE TOTAL/COSTE EQUIPOS} \times 100 = 57,44\%$
- **Personal:** $\text{COSTE TOTAL/COSTE PERSONAL} \times 100 = 32,56\%$
- **Otros:** Aunque este 90% sería el grueso de la inversión total inicial, se deja un $\pm 10\%$ variable a otros costes relativos como materiales defectuosos, reparaciones durante el proyecto o costes de conectividad derivados de problemas ajenos al proyecto (por ejemplo: caídas de conexión en la red, averías, necesidad de contratación externa de sistemas de telecomunicaciones).
- **Resumen inversión:**

MATERIALES	REC.HUMANOS	VARIABLE	TOTAL	TOTAL, SIN VARIABLE
80.118,38 €	48.200 €	10%	141.150,22 €	128.318,38 €
80.118,38 €	48.200 €	-10%	115.486,54 €	

8.4-Análisis de rentabilidad y recuperación de la inversión

Para el análisis de rentabilidad, La Empresa exige una recuperación mínima del 5% para llevar a cabo el proyecto, por lo que, en primera instancia, se realiza una relación estimada, mediante los datos proporcionados sobre inventario/coste, entre los datos actuales y los que se espera obtener. Se calcula, por tanto, el ahorro estimado que se obtendrá anualmente, como se muestra a continuación:

- **Costes actuales:**
 - **Coste inventario:**
 - Número de ítems: **55000/año.**
 - Imprecisión inventario: **4%.**
 - Ítems reemplazados por imprecisión: **2200.**
 - Coste de oportunidad medio estimado: $2200 \times 60€ = \mathbf{132000€/año.}$
 - **Costes administrativos:**
 - Incremento de coste por reemplazo: $2200 \times 10€/ud = \mathbf{22000€/año.}$
 - Incremento por envíos urgentes de reemplazos: $2200 \times 5€/ud = \mathbf{11000€/año.}$
 - Auditorias y tiempo de Búsqueda por imprecisión: $2h/sem \times 52 \text{ semanas} \times 20€/h = \mathbf{2080€/año.}$
 - **Costes auxiliares:**
 - Penalizaciones estimadas del cliente: **13000€.**
 - Inventario anual: $80h/año \times 20€/h = \mathbf{1600€.}$
 - **Coste total estimado:** **181680€**
- **Costes estimados tras inversión:**
 - **Coste inventario:**
 - Número de ítems: **55000/año.**
 - Imprecisión inventario: **2%.**
 - Ítems reemplazados por imprecisión: **1100.**
 - Coste de oportunidad medio estimado: $1100 \times 60€ = \mathbf{66000€/año.}$
 - **Costes administrativos:**

- Incremento de coste por reemplazo: $1100 \times 10\text{€/ud} = \mathbf{11000\text{€/año}}$.
 - Incremento por envíos urgentes de reemplazos: $1100 \times 5\text{€/ud} = \mathbf{5500\text{€/año}}$.
 - Auditorias y tiempo de Búsqueda por imprecisión: $1\text{h/sem} \times 52 \text{semanas} \times 20\text{€/h} = \mathbf{1040\text{€/año}}$.
- **Costes auxiliares:**
 - Penalizaciones estimadas del cliente: **6500€**.
 - Inventario anual: $50\text{h/año} \times 20\text{€/h} = \mathbf{1000\text{€}}$.
 - Mantenimiento y materiales: **20000€/año**.
 - **Coste total estimado:** **110040€**.
 - **Ahorro:** $181680\text{€} - 110040\text{€} = \mathbf{71.640\text{ €/año}}$.
 - **Resumen:**

COSTE ACTUAL	COSTE FUTURO	AHORRO
181.680 €	110.040 €	71.640 €

De esta relación de costes hallamos la rentabilidad teniendo en cuenta los datos que se detallan, para los distintos escenarios que se presentan a continuación:

- **Ahorro anual:** Es la estimación hallada mediante la diferencia entre los costes totales antes y después de la inversión, representa el ahorro o beneficio obtenido anualmente por La Empresa.
- **Beneficio neto:** Es el beneficio obtenido tras la duración del proyecto.
- **Diferencia coste nulo:** Es la cantidad mínima a recuperar tras el primer año para recuperar la inversión (Es un dato que usaremos para calcular el tiempo de recuperación estimado).
- **Tasa de rentabilidad (TIR):** Indica en porcentaje la rentabilidad que vamos a obtener tras el proyecto, teniendo en cuenta los flujos de ingresos y egresos de liquidez. Si el indicador es superior a la tasa mínima exigida el proyecto será rentable.

- Tiempo de recuperación: Se calcula utilizando el valor de **coste de diferencia nulo**, y relacionándolo con las ganancias/ahorro anual.

“Se adjunta una hoja de cálculo con los valores utilizados para llegar a las siguientes conclusiones”:

- **Escenario 1**: Caso neutral sin coste variable:

inversión inicial	-128.318,38 €
año 1	71.640 €
año 2	71.640 €
TIR:	8%

AHORRO ANUAL	BENEFICIO A LOS 2 AÑOS	DIFERENCIA COSTE NULO	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
71.640 €	14.962 €	56.678 €	1,6 AÑOS

- **Escenario 2**: Caso pesimista +10% coste variable:

AHORRO ANUAL	BENEFICIO A LOS 2 AÑOS	DIFERENCIA COSTE NULO	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
71.640 €	2.130 €	69.510 €	1,6 AÑOS

inversión inicial	-141.150,22 €
año 1	71.640 €
año 2	71.640 €
TIR:	1%

- **Escenario 3**: Caso optimista -10% coste variable:

AHORRO ANUAL	BENEFICIO A LOS 2 AÑOS	DIFERENCIA COSTE NULO	TIEMPO DE RECUPERACIÓN
71.640 €	27.793 €	43.847 €	1,6 AÑOS

inversión inicial	-115.486,54 €
año 1	71.640 €
año 2	71.640 €
TIR:	16%

De estos datos, concluimos que la **TIR es superior al 5% exigido (excepto en el caso pesimista)**, siendo así un proyecto rentable para La Empresa. Por otro lado, podemos observar cómo al mejorar la precisión del inventario, mejoramos también en calidad de

servicio al cliente, resultando además en una rotura de stock menor, y en una necesidad de horas de inventario menor.

Para el caso pesimista, **seguimos recuperando la inversión** en un año y medio, aunque el beneficio es escaso tras los dos años, habría que alargar seis meses el proyecto para lograr la tasa exigida. De esta forma garantizamos un ahorro significativo cada año, haciendo posible la recuperación en un año y medio aproximadamente, y obteniendo un beneficio del 8% tras dos años de implantación.

Este análisis es una estimación media en la que asumimos que el tipo de interés se mantendrá constante cosa que puede ser poco real, aunque la duración del proyecto sea relativamente corta, además en estos momentos el Euribor se sitúa en cifras negativas, por lo que se puede afirmar que se trata de un análisis optimista pero posible. Por otra parte, mencionar que el inventario no es constantemente igual pudiendo ser mucho más rentable el proyecto en ciertas épocas en las que la producción es mayor y por consecuencia el ahorro será mayor.

9- Calendario y responsables de la implantación:

Para llevar a cabo la implantación de los diferentes sistemas, debemos separar las responsabilidades en diferentes fases:

- **Fase 1:** En una primera fase, el **equipo de ingenieros** de la empresa hará un análisis con la **ayuda de los encargados** de las distintas zonas donde se desea implantar las medidas. Este análisis consistirá en identificar perfectamente la cantidad mínima necesaria de terminales, etiquetas, lectores y demás equipos útiles, así como su ubicación más accesible/cómoda para los operarios con el fin de garantizar que tras la implantación no solamente funcionen bien los equipos, sino que se trabaje con ellos de forma eficaz y ágil. Esta fase lleva una carga de trabajo de **1-2 semanas aproximadamente tras el comienzo de la implantación.**
- **Fase 2:** En esta fase, el **equipo de ingenieros** realizará la instalación de los equipos y procederá a explicar su funcionalidad a los operarios que serán responsables de su uso.

Esta fase **llevará una carga de unos 3 días** tras la primera fase.

- **Fase 3:** En esta tercera fase, serán el equipo de SAP los responsables de facilitar la programación e instalación del software a medida, para los diferentes equipos, trabajando conjuntamente con el equipo de ingenieros que deberá después asesorar a los operarios ante dudas del funcionamiento de los programas a usar y realizar un mantenimiento mínimo. Esta fase se llevará a cabo paralelamente a la fase 2. Se estima un tiempo hasta finalización de unas 3 semanas.
- **Fase 4:** En esta cuarta y última fase se llevará a cabo una serie de pruebas junto a **todo el equipo**, para confirmar que todo funciona como debe, detectar posibles fallas, y corregirlas en este caso. En caso de un fallo de software será responsabilidad de la empresa contratada el realizar la reparación hasta que todo quede listo y los operarios e ingenieros puedan comenzar a trabajar independientemente. Esta fase se estima que quede concluida en 3 días aproximadamente.

A modo de resumen podemos concluir que las responsabilidades se reparten en tres grupos, el equipo de ingenieros, los encargados de zona que usarán los equipos y ayudarán en el proceso de logística e instalación, y el equipo de SAP que se encargará de implantar la solución informática en los equipos.

El total del proyecto se estima que pueda realizarse en un periodo de entre uno y tres meses como máximo, teniendo así en cuenta cualquier inconveniente que pueda surgir durante la realización del mismo.

10- Conclusiones:

En el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado, se ha mostrado la problemática de una gran empresa que debe mejorar sus procesos internos logísticos tanto operativos como de almacenaje para poder seguir siendo competitiva en un entorno internacional.

Han sido, por tanto, dos los campos de actuación de este trabajo: Por una parte, el diseño para la mejora de los procesos productivos de la empresa que impacta colateralmente en la cada vez más obsoleta forma de trabajar de la empresa y por otra, la solución técnica que diese soporte a este diseño mediante una comunicación estable.

Como dificultad añadida para la elección de la mejor tecnología para la operativa del almacén, señalar la problemática existente en la transmisión de la señal en un entorno altamente metálico debido a las características del producto, así como de los elementos auxiliares como estanterías, máquinas, etc.

Después de un riguroso análisis de la operativa logística que se quiere alcanzar en un futuro, la solución adoptada en este TFG es la siguiente:

Seleccionar la tecnología RFID con una baja frecuencia de actuación de unos 13 MHz. Esta solución se caracteriza por su funcionamiento efectivo, además de económico, reduciendo en gran medida las interferencias, siendo su comportamiento efectivo y demostrado en un 80% de los materiales que la empresa manipula. Como ventaja operativa del uso de esta tecnología junto con etiquetas y lectores HF, tenemos control total de la trazabilidad de los productos, así como permitir la multiubicación dentro de la fábrica en aquellos casos donde no se disponga de una estantería.

Adicionalmente y teniendo en cuenta que la empresa no se caracteriza por tener una elevada producción en masa, se aconseja el uso de soportes plásticos donde pegar las etiquetas TAG los cuales aislarán y amortiguarán los efectos negativos del entorno metálico.

En el aspecto económico, la propuesta de solución requiere de una inversión estimada de unos 130.000 €. Esta cantidad aparentemente elevada, tiene un periodo de recuperación

de la inversión (PAY-BACK) de solo 7 meses, aconsejándose su implantación no solo por razones de tipo económico, sino también operativos o de tipo legal como es el control de la trazabilidad.

No podría concluir el desarrollo de este TFE sin un estudio pormenorizado de los equipos humanos necesarios, así como las fases y tiempo total de implantación. En relación a este último punto, destacar un período máximo de implantación estimado en 4 meses.

Por otra parte, y como apuesta de futuro en línea con la Industria 4.0, se aconseja a La Empresa un cambio hacia un modelo automatizado de procesos, que agilice un correcto flujo de los mismos. En este sentido, destacar propuestas como los almacenes robotizados o el uso cada vez más frecuente de tecnologías avanzadas para la captación de información y la explotación de la misma mediante técnicas de *Data Science*.

La importancia del análisis de datos o Big data se ve reflejada en los indicadores. Es decir, se pretende tener indicadores suficientes para contrastar cualquier información, detectar y corregir posibles errores, de ahí la creación de una estructura de trabajo con múltiples validaciones, primero en lote y también en producto final, donde como se ha comentado se informará de las diferencias aportándonos estos indicadores.

Además, otro dato importante a comentar es el margen de mejora alcanzable con estas tecnologías y que no tiene un carácter fijo, sino que se entrará en un bucle de mejora continua hasta lograr una adaptación completa del equipo de trabajo.

11- Índice de figuras:

La procedencia de las imágenes utilizadas se encuentra referenciada en la bibliografía, pies de página, y en el presupuesto mediante los enlaces correspondientes.

FIGURE 1-CAPTURA SISTEMA AS400	9
FIGURE 2-ESQUEMA ALMACÉN AUTOMÁTICO	13
FIGURE 3-A) ALMACENAMIENTO DE ESTANTERÍA, B) RESUMEN CARGA, C) IMPRESO CON CODIFICACIONES EAN, D) SISTEMA DE LECTURA.....	14
FIGURE 4-CICLO DE OPERACIONES DE UN ALMACÉN	15
FIGURE 5- TERMINALES MULTIUSO.....	18
FIGURE 6-TAGS ADHESIVOS UHF ANTI-METAL	19
FIGURE 7-LECTOR UHF PARA RFID DE GRAN RANGO.....	20
FIGURE 8-CAPTURA DE PANTALLA DE SISTEMA MRP EN SAP.....	21
FIGURE 9- EJEMPLO CODIFICACIÓN GTIN 13	26
FIGURE 10-EJEMPLO DE ÓRDENES EN FORMATO SPOOL.....	26
FIGURE 11- EJEMPLO DE SISTEMA PICK TO LIGHT	30
FIGURE 12- EJEMPLO DE SISTEMA PICKING-VR.....	30
FIGURE 13- EJEMPLO DE SISTEMA PICK CON BOTONERAS Y PANTALLAS LCD.	31
FIGURE 14- ESTRUCTURA CÓDIGO GS1-128	33
FIGURE 15-CODIFICACIÓN PDF-417	34
FIGURE 16-CODIFICACIÓN ECC2000.....	35
FIGURE 17-EJEMPLO DE RFID PASIVO	35
FIGURE 18-ESQUEMA RFID.....	38
FIGURE 19-TARJETA TECNOLOGÍA MIFARE	40
FIGURE 20-TARJETA TECNOLOGÍA MIFARE ULTRALIGHT	40
FIGURE 21-ESQUEMA RED RFID ACTIVA	41
FIGURE 22-ESQUEMA RED WSN.....	42
FIGURE 23- POLARIZACIONES LINEAR Y CIRCULAR DE UNA ANTENA	46
Figure 24-PRESUPUESTO MATERIALES.....	49
Figure 25-PRESUPUESTO DE RECURSOS HUMANOS.....	49

12- Bibliografía:

1. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19442/aplicaciones-de-las-nuevas-tecnologias-la-logistica-estado-de-situacion-y-tendencias-2007>
2. <https://telectronica.com/cual-es-el-origen-de-la-tecnologia-rfid/>
3. <https://www.equality.es/logistica/sistemas-de-almacenamiento-en-el-sector-logistico>
4. <https://searcherp.techtarget.com/feature/RFID-market-expanding-with-new-technology-options>
5. <https://www.supplychaindive.com/news/RFID-what-is-next/544108/>
6. <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/130660-Las-15-operaciones-basicas-en-el-almacen.html>
7. <https://www.interempresas.net/Logistica/Empresas/Sistemas-de-almacenaje-automatizados.html>
8. <https://www.interempresas.net/Naves/Articulos/257480-Plataformas-logisticas-multinivel-tendencia-de-futuro.html>
9. <https://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/240906-La-Industria-40-abre-la-automatizacion-a-los-almacenes-pequenos.html>
10. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7032607.pdf>
11. <https://rfid4u.com/explore/rfid-certification-prep/cheat-sheet-rfid-architecture-components/>
12. <http://informacionlogistica.com/la-automatizacion-de-los-procesos-es-la-solucion-para-eliminar-los-errores-humanos-en-los-almacenes-logisticos/>
13. <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/edicion-11-2/analisis-de-los-beneficios-de-la-identificacion-por-radiofrecuencia-en-un-centro-de-distribucion-textil-colombiano.pdf>
14. https://www.gs1.dk/media/2023/rfid-retail_study_-kurt-salmon.pdf
15. <https://www.gs1-128.info/>
16. <https://passive-components.eu/what-is-rfid-how-rfid-works-rfid-explained-in-detail/>
17. https://www.kimaldi.com/rfid_tecnologia_de_identificacion_por_radiofrecuencia/

18. <https://borealtech.com/factores-que-afecta-el-rango-de-lectura-rfid/>