



GRADO EN COMERCIO

TRABAJO FIN DE GRADO

**“Estudio de las aplicaciones y beneficios de la tecnología
RFID”**

GEOVANNA ESPINEL CASAMÍN

**FACULTAD DE COMERCIO Y RR.LL.
VALLADOLID, julio 2025**



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN COMERCIO

CURSO ACADÉMICO 2022/2023

TRABAJO FIN DE GRADO

**“Estudio de las aplicaciones y beneficios de la tecnología
RFID”**

Trabajo presentado por: GEOVANNA ESPINEL CASAMÍN

Tutor: David Pérez Román

FACULTAD DE COMERCIO Y RR.LL.

Valladolid, julio 2025

Índice

Resumen:	7
1 Introducción	9
1.1 Objetivos del TFG	10
1.2 Metodología de investigación	10
2 Contexto	13
2.1 Industria y logística 4.0	13
2.2 Historia y evolución de la tecnología RFID	15
3 Fundamentos de la Tecnología RFID	17
3.1 Definición y funcionamiento	17
3.2 Sistemas de identificación automática	18
3.3 Componentes de un sistema RFID (etiquetas, lectores, antenas)	25
3.4 Tipos de etiquetas RFID	26
3.5 Tipos de lectores que usa el RFID	28
4 Aplicaciones del RFID	29
4.1 En la logística	29
4.2 En el sector hospitalario	31
4.3 En la biomedicina	32
4.4 En la ganadería	33
4.5 En el control de acceso	36
4.6 En la fabricación y confección de textiles	38
4.7 En las bibliotecas	39
4.8 En la aviación	40
4.9 En el apoyo para personas con discapacidad visual – Bastón inteligente con RFID	42
4.10 En el pasaporte electrónico	43
4.11 Cronometraje Deportivo	45
5 Integración del RFID con otras tecnologías	47
5.1 RFID Y sistemas IoT	47
5.2 RFID en Red	48
5.3 Arquitectura de un sistema IoT con RFID	49
5.4 Diferencias entre RFID en red y Arquitectura IoT con RFID	50
5.5 Blockchain y RFID	51
6 Tecnología RFID y sus implicaciones jurídicas	53
6.1 Últimas actualizaciones	53
6.2 Relación de los avances de las TIC con los derechos de los individuos	53
6.3 Problemas de privacidad y seguridad	54
6.4 Tecnología de cifrado de tarjetas RFID	55
7 RFID casos de éxito	57
7.1 En España el caso de éxito de Inditex	57
8 Conclusiones	61
9 Bibliografía	63

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Sistemas ID más destacados	17
Ilustración 2: Código de barras	19
Ilustración 3: Tarjetas Inteligentes.....	20
Ilustración 4: Picking por reconocimiento de voz.....	21
Ilustración 5: Reconocimiento biométrico	22
Ilustración 6: Reconocimiento óptico de caracteres	23
Ilustración 7 Tabla comparativa de tecnologías de identificación	24
Ilustración 8: Ecosistema RFID básico.....	25
Ilustración 9: Frecuencias en las que opera el RFID	26
Ilustración 10: RFID en almacenes	29
Ilustración 11: (a) Etiqueta RFID insertada en primer molar inferior. (b) Retenedor dental con sistema RFID	33
Ilustración 12: Sistemas de ganado con RFID	34
Ilustración 13: Diferencia crotal electrónico y visual	35
Ilustración 14: Funcionamiento Free Flow.....	37
Ilustración 15: Etiqueta RFID	39
Ilustración 16: Sistema RFID para bibliotecas.....	40
Ilustración 17: Arquitectura de un sistema RFID en la entrega de equipaje para la aviación comercial.....	42
Ilustración 18: (a) Diseño del sistema en modo navegación. (b) Prototipo del bastón guía RFID.....	43
Ilustración 19: Pasaporte electrónico	44
Ilustración 20: RFID en cronometraje deportivo	46
Ilustración 21: Internet de las cosas (IoT).....	48
Ilustración 22: Vista jerárquica de un sistema RFID en red	49
Ilustración 23: Arquitectura del IoT.....	50
Ilustración 24: RFID en red y Arquitectura lot con RFID.....	51
Ilustración 25: RFID en industria textil.....	59

Resumen:

Este Trabajo de Fin de Grado analiza la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), centrándose en su funcionamiento, sus elementos técnicos y las aplicaciones que ha ido adquiriendo en distintos sectores. Se exponen las principales ventajas que ofrece frente a otros sistemas de identificación automática, como los códigos de barras o las tarjetas inteligentes, destacando su capacidad de lectura sin contacto, la rapidez y la posibilidad de gestionar datos en tiempo real.

El estudio profundiza en los usos actuales del RFID en ámbitos tan diversos como la logística, los hospitales, la ganadería, las bibliotecas o el deporte, entre otros. También se examina su papel dentro de procesos más amplios de digitalización, como su integración con redes del Internet de las Cosas (IoT) o tecnologías como blockchain.

Además, se abordan cuestiones relacionadas con la protección de datos personales y los retos legales que conlleva su adopción en entornos empresariales. Finalmente, se incluye un caso práctico que permite observar de manera concreta los beneficios de esta tecnología en la gestión empresarial.

Abstract:

This Final Degree Project explores the use of Radio Frequency Identification (RFID) technology, focusing on how it works, its technical components, and its growing relevance across various industries. The paper highlights the advantages of RFID over other automatic identification systems, such as barcodes and smart cards, emphasizing its speed, contactless functionality, and ability to manage real-time data.

The study reviews practical applications of RFID in areas such as logistics, healthcare, livestock, libraries, and sports, among others. It also looks at how RFID is being integrated into broader digital frameworks, particularly through its connection with the Internet of Things (IoT) and blockchain technologies.

In addition, the project addresses legal and privacy concerns associated with the use of RFID in business settings. A real-world case is presented to illustrate the practical impact and improvements this technology can bring to inventory management and decision-making processes.

1 Introducción

Hoy en día, habitamos en un mundo de cambios rápidos y constantes que nos exigen mantenernos al día y reinventarnos constantemente para ajustarnos con estos progresos. Una de las áreas con más impacto en las empresas es la tecnología que utilizan para realizar sus productos o servicios, ya sea en la fabricación, logística, inventario, venta en tiendas, etc. Es indispensable para cada empresa contar con la tecnología más avanzada y adecuada para desarrollar su trabajo de manera eficiente, ahorrando costos y tiempo, lo que finalmente se traduce en mayores beneficios.

En este contexto, uno de los descubrimientos más importantes en el ámbito tecnológico es la identificación por radiofrecuencia, también conocida como **RFID**. Esta tecnología ha marcado un antes y un después en la gestión de inventarios y la cadena de suministro. Es una herramienta capaz de identificar y realizar el seguimiento de cualquier objeto, persona e incluso animales, a través de su tecnología basada en ondas de radio (Melero, 2023).

Antes de la llegada de la implementación del RFID en la cadena de suministro de muchas empresas, se utilizaban métodos manuales y uso de código de barras, que a simple vista tenían varias limitaciones, como la inherente necesidad de una persona que tuviera una línea de visión directa para la lectura de dichos códigos y la gran cantidad de errores humanos que ocurrían en el proceso. Por lo cual, la llegada del RFID ha significado una gran mejora en la eficiencia y precisión a la hora de gestionar los inventarios, pero además ha conseguido ofrecer un mayor control general en la cadena de suministro. El uso del RFID permite que se detecten varias etiquetas a la vez y sin necesidad de que alguien supervise cada una de ellas, permitiendo una mejora en la productividad al reducir los errores y el tiempo que se invertía en los inventarios antes de esta tecnología (Checkpoint, 2024).

Esta capacidad de rastrear los productos en tiempo real desde su llegada al almacén hasta su entrega final ha sido un cambio revolucionario en la gestión de inventarios y cadena de suministro, permitiendo a las empresas tomar decisiones más acertadas en base a datos precisos y actualizados (Palacios, 2023). Por otra parte, también es una herramienta útil en la prevención de pérdidas y robos al dar mucho más control de los productos en cada etapa de la cadena de suministro, lo que se transforma en más seguridad y ahorro en costes (Guzmán, 2024).

En resumen, el RFID ha supuesto un giro de 360 grados a la gestión de inventarios y cadena de suministro, ya que tiene muchas ventajas significativas en

términos de eficiencia, precisión y visibilidad. Sin embargo, a medida que la tecnología sigue avanzando, es muy probable que veamos aún más innovaciones y aplicaciones que mejorarán estos procesos (Riquelme, 2018).

1.1 Objetivos del TFG

El desarrollo de este trabajo de fin de grado tiene como finalidad los siguientes puntos:

- Analizar la evolución del RFID: Explicar su origen y objetivo de funcionalidad.
- Comprender el funcionamiento del sistema y los elementos que lo componen.
- Investigar y comparar el RFID con otras tecnologías.
- Evaluar las aplicaciones prácticas del RFID en la gestión de inventarios: Explicar su uso en la gestión de inventarios, demostrando su éxito y ventajas en ciertas empresas e industrias.
- Investigar a fondo sus posibles usos.
- Identificar los desafíos actuales en cuanto a privacidad y seguridad.
- Investigar el futuro del RFID: Explicar innovaciones y tendencias emergentes de su uso en los próximos años con tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas.

1.2 Metodología de investigación

El desarrollo de este trabajo se ha basado en una metodología de carácter documental y comparativo. Se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas, artículos académicos, informes técnicos y documentos especializados relacionados con la tecnología RFID y otras herramientas de identificación automatizada. Para asegurar la fiabilidad de la información, se han utilizado principalmente fuentes reconocidas del ámbito tecnológico, industrial y logístico.

El trabajo se estructura en torno a tres ejes principales: en primer lugar, una descripción técnica de la tecnología RFID y sus componentes esenciales; en segundo lugar, una comparación práctica entre RFID y otras tecnologías utilizadas para la trazabilidad y el control de accesos; y finalmente, un análisis aplicado a través del caso de estudio de la empresa Inditex, que ha logrado integrar RFID con éxito en su operativa global.

A lo largo del trabajo se ha optado por un enfoque analítico y descriptivo, orientado a entender no solo el funcionamiento de cada tecnología, sino también su

aplicabilidad y sus efectos reales en la mejora de procesos empresariales. El objetivo final ha sido extraer conclusiones realistas sobre el papel actual del RFID y su evolución futura dentro del marco de la automatización y la digitalización de procesos.

2 Contexto

2.1 Industria y logística 4.0

La primera revolución industrial marcó el inicio de la producción mecanizada en el siglo XVIII donde gracias al empleo de energía hidráulica y de vapor surgieron las primeras fábricas. A finales del siglo XIX, la segunda revolución industrial implementó la electricidad en las cadenas de producción y facilitó la fabricación a gran escala, permitiendo el surgimiento de la industria moderna tradicional. Posteriormente durante el siglo XX, la tercera revolución industrial dio paso al comienzo de la transformación digital de los procesos de producción ya que surgen los procesos de automatización y las TIC. La industria 4.0 en contraste con la tercera revolución no depende de la participación humana ya que busca un cierto nivel de autonomía que todavía es incierto (INESDI, 2024).

La industria 4.0 hace referencia a la digitalización de todo el sector industrial, desde la información hasta cada uno de los elementos materiales. Esto se intenta conseguir a través de la implementación de nuevas tecnologías, que interconectan las máquinas, los sistemas y al capital humano entre sí, como la Inteligencia Artificial, Big Data, Internet de las cosas y la Nube con el objetivo de que puedan trabajar de manera automatizada y autónoma. Por todo esto la logística tradicional se ha visto obligada a adaptarse a los nuevos desafíos de la Industria 4.0, por lo que, para poder ofrecer una mejor experiencia al cliente, procesos como la trazabilidad de la mercancía, la optimización de rutas y la gestión de stock y de almacenaje han tenido que adaptarse para ser más eficientes y productivas, dando lugar a la logística 4.0 que se ha tenido que desarrollar a la par (Mora García, 2024).

La Industria 4.0 incluye diversas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) que posibilitan la recolección y estudio de datos en tiempo real, permitiendo la interrelación y la independencia de los sistemas dando como resultado un incremento en la eficacia y capacidad de adaptación de los procesos industriales. Estas tecnologías son:

- Internet de las cosas Industriales (IIoT): Es la red de objetos físicos como la maquinaria, sensores y sistemas en fábricas inteligentes que recolectan y comparten información mientras se encuentran entrelazados a Internet. Se enfoca en usos industriales, donde las conexiones incrementan el control y gestión de los procesos, mientras disminuyen los periodos de respuesta y maximizan los recursos.

- Sistemas computacionales (CSP): Fusionan componentes físicos y digitales, generando una interacción de doble dirección entre el mundo tangible y el virtual. En este sistema se usan los llamados “gemelos digitales” que representan réplicas virtuales de maquinaria o procesos en las instalaciones industriales, permitiendo realizar pruebas para perfeccionar los procesos sin que se detenga la producción.
- Fabricación Inteligente: Esta producción avanzada fusiona el uso de las tecnologías IoT, CSP y el análisis de datos para realizar elecciones automatizadas y flexibles en tiempo real, permitiendo realizar modificaciones rápidas para atender las necesidades del mercado y minimizar el cualquier derroche que pueda surgir en el proceso.
- Fábricas Modernas: Son fábricas donde todos los componentes productivos están vinculados y funcionan de manera sincronizada. Por lo tanto, el flujo de la información se simplifica y la producción se torna prácticamente autónoma. Lo que permite realizar modificaciones constantes.
- Tecnología de computación en la nube: Facilita el almacenamiento y manejo de grandes cantidades de información desde cualquier parte del mundo, permitiendo que diferentes instalaciones o unidades de producción obtengan los mismos datos en tiempo real.
- Inteligencia Artificial: Proporciona habilidades de análisis sofisticadas y aprendizaje a los sistemas. Por lo tanto, se pueden anticipar errores, mejorar procedimientos y tomar decisiones independientes, por lo que a través de esta herramienta se podrá personalizar y ajustar la producción mediante el estudio de datos previos en tiempo real.
- Big Data: El término Big Data se refiere al conjunto de datos o combinaciones de estos, que por sus características de tamaño, complejidad y velocidad no pueden ser procesadas por tecnologías tradicionales. El Big Data hace posible que las organizaciones puedan examinar toda la información con el fin de analizarla y llegar a conclusiones más estratégicas y acertadas.

Estas tecnologías de la información y Comunicación TIC, incorporadas en la Industria 4.0, fomentan la creación de un ambiente de producción que incrementa la eficiencia y que genera nuevas oportunidades en términos de personalización, flexibilidad y sostenibilidad del proceso de producción (INESDI, 2024; PowerData, s. f.).

Como se mencionó anteriormente, la Industria 4.0 requiere el desarrollo de una logística 4.0, por lo que una no se puede entender sin la otra y deben desarrollarse

paralelamente para poder tener éxito. Y una de las herramientas clave en la logística 4.0 y por tanto en la Industria 4.0, de la cual hablaremos más adelante en profundidad, es el sistema de RFID. Algunas empresas ya utilizan esta tecnología junto con sistemas de geolocalización y redes inalámbricas de comunicación para saber en tiempo real donde se encuentra la mercancía y en función de ello tomar decisiones (Mora García, 2024).

2.2 Historia y evolución de la tecnología RFID

Sus orígenes se remontan a la Segunda Guerra Mundial en 1939. Su principal objetivo consistía en la utilización de sus ondas para rastrear barcos y aviones del enemigo.

En 1948 se propuso el concepto de RFID por primera vez en la historia. Posteriormente con el desarrollo de la tecnología se dieron las condiciones para que aparecieran los primeros dispositivos RFID con sus respectivas limitantes de la época.

A finales de los sesenta, se presentan sus primeras aplicaciones en la rama comercial, donde varias compañías crearon métodos que buscaban evitar el robo de activos en las tiendas a través de etiquetas, las cuales al pasar por un arco detector en la puerta de entrada de los establecimientos, hacían sonar una alarma.

Y no es hasta 1970 donde se terminan de desarrollar “los circuitos integrados y la tecnología de microprocesadores” dando como resultado el nacimiento del sistema RFID digital. Su aplicación se centró en la automatización industrial, control de procesos de producción e identificación de vehículos,

De 1991 hasta los 2000 la tecnología RFID cada vez se va extendiendo más produciéndose su estandarización y donde poco a poco va formando parte del día a día de la humanidad.

Desde el 2001 y hasta la actualidad la variedad de productos y usos del RFID es más amplia día con día, donde el coste para las empresas es cada vez menor, debido a su estandarización y constante desarrollo y mejora.

En los últimos años se han venido desarrollando etiquetas electrónicas RFID adaptadas a objetos que se encuentran en movimiento de alta velocidad y se espera que en un futuro cercano se pueda convertir en una realidad (Huidobro Moya, 2010; MCZN-RFID, 2023; UPGJET, s. f.).

3 Fundamentos de la Tecnología RFID

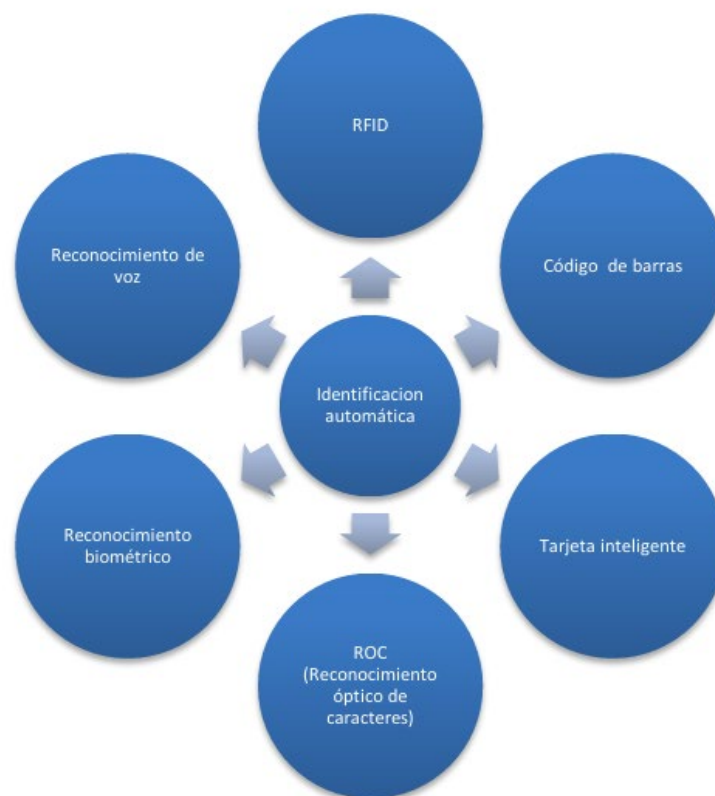
3.1 Definición y funcionamiento

Según Khattab et al. (2017) la tecnología RFID es un sistema de identificación automática, lo que quiere decir que es una tecnología que puede identificar y localizar ciertos objetos sin la necesidad de intervención humana que tome datos de manera manual, ya que existe el intercambio de información electrónica a través de ondas de radio.

Actualmente existen varios sistemas de identificación automática (Auto-ID systems) con sus pros y contras, que serán utilizados dependiendo las necesidades de cada área en las que se quiera aplicar.

Los sistemas de ID más destacados son (Khattab et al., 2017):

Ilustración 1: Sistemas ID más destacados



Fuente: (Khattab et al., 2017)

- RFID: Se detectan muchos objetos de manera rápida y con gran fiabilidad, a través de la localización por señales de radio.

- Código de barras: Se identifican artículos mediante una imagen de barras y espacios. Donde el contacto directo es necesario.
- Tarjeta inteligente: Se identifican elementos cuando la tarjeta es insertada en el lector.
- Reconocimiento de voz: Se usa para la identificación de personas a través de la voz.
- Reconocimiento biométrico: Identificación de personas a través de la huella digital, imagen facial o ADN.
- OCR o reconocimiento óptico de caracteres: Transformación de una imagen o texto escrito a mano o impreso a un texto digital.

3.2 Sistemas de identificación automática

3.2.1 Código de barras

En el ámbito industrial el sistema más usado hasta ahora ha sido el código de barras, debido a su coste reducido. La principal diferencia entre el código de barras y el RFID, es que el primero necesita un contacto directo con la etiqueta. Mientras que el RFID no lo necesita, permitiendo ahorrar tiempo. Otra distinción crucial que podría ser confundida al principio por otras, es el método de escaneo: mientras que un código de barras necesita que un individuo acerque manualmente un lector para leerlo, las etiquetas RFID transmiten la información que poseen de manera automática al identificar un lector próximo a través de señales de radiofrecuencia. Otra diferencia a tener en cuenta es que los códigos de barras almacenan información fija, lo que quiere decir que solo se permite su lectura, no pudiendo ser alteradas. Al contrario de muchas etiquetas RFID que cuentan con la capacidad de actualización o reescritura de información de manera dinámica. Además, los códigos de barras convencionales se restringen a determinar el tipo de producto, pero no cada elemento específico. Por otro lado, el RFID posibilita la transmisión de un código electrónico de producto, que permite la identificación única de cada objeto, incluso entre productos de características similares o iguales. En definitiva, en comparación con los códigos de barras, la tecnología RFID posee las siguientes ventajas:

- No requiere contacto directo visual con el producto.
- Las etiquetas pueden resistir mejor el desgaste.
- Tienen un alcance mayor.
- Mayor velocidad de lectura.

- Puede leer varias etiquetas al mismo tiempo.
- Posibilidad de modificar datos.
- Funciona como una base de datos móvil que se integra al objeto.
- Facilita el seguimiento en tiempo real de los productos.
- Proporciona una identidad exclusiva para cada unidad.

El coste inicial de la implementación del código de barras suele ser bajo. Sin embargo, aunque la implementación de los sistemas de RFID pueden suponer una mayor inversión financiera que los códigos de barras, a largo plazo supone un ahorro de costes y de tiempo que son clave para el crecimiento de las empresas grandes (Khattab et al., 2017).

Ilustración 2: Código de barras



Fuente: (Tiigimägi, 2021)

3.2.2 Tarjeta inteligente

Según Xinyetong (2024) a pesar de que en un primer momento las tarjetas inteligentes puedan parecer similares a las etiquetas RFID, estas presentan características bastante diferenciadas. Por un lado, las tarjetas inteligentes tienen un diseño que permite su funcionamiento mediante el contacto físico directo con el lector. Contienen un microprocesador que contiene información cifrada, lo que les permite gestionar transacciones con altos estándares de seguridad, por lo cual es común que sean usadas en operaciones bancarias, control de accesos o identificación de personal donde se requiere un alto grado de confidencialidad. Por otro lado, las etiquetas RFID funcionan de manera inalámbrica sin necesidad de contacto físico ni visibilidad directa, convirtiéndolas en un sistema bastante práctico para la trazabilidad de productos, transporte público o control de acceso, donde la rapidez en la lectura es un factor clave. Su coste inicial suele ser medio.

Ventajas de las Tarjetas inteligentes:

- Alta seguridad en transacciones sensibles.
- Más capacidad de almacenamiento y procesamiento.

Desventajas de las Tarjetas inteligentes.

- Requieren contacto físico, lo cual puede hacer que el proceso sea más lento.

Ilustración 3: Tarjetas Inteligentes



Fuente: (Roger, 2023)

3.2.3 Reconocimiento de voz

Según el artículo publicado por Practics Business Solutions (2021) en la actualidad la gran mayoría de almacenes y centros de distribución optan por sistemas basados en RFID. Sin embargo, otros pocos, alrededor de un 20%, usan el reconocimiento de voz. Dentro de las tareas que existen en los almacenes, se encuentra el “picking” que consiste en preparar pedidos en un almacén para ser enviados a los clientes. En este sentido encontramos el picking que se realiza por reconocimiento de voz y el que se hace a través de sistemas RFID. En el picking por voz el trabajador usa auriculares y un micrófono, una vez que recoge los productos requeridos responde a través del micrófono para indicar que productos ha recogido y cuántos, una vez el sistema procesa la información que está escuchando, esta se guardará. Por el contrario, en el sistema de picking por RFID, el trabajador únicamente pasará el lector cerca de los productos y este detectará automáticamente qué producto es y cuántos ha recogido.

Ventajas del picking por voz:

- El operario tendrá las manos libres ya que no necesita sujetar dispositivos, lo que le da más libertad para recoger productos.
- El operario no tendrá que mirar pantallas constantemente, permitiéndole mayor movilidad.

Desventajas del picking por voz:

- El llevar auriculares genera una distracción que impide que el trabajador escuche bien lo que hay a su alrededor.
- Es posible que, si hay mucho ruido en el almacén, el sistema no entienda bien la voz del operario.

- Llevar mucho tiempo auriculares puede provocar riesgos en la salud auditiva.

Ilustración 4: Picking por reconocimiento de voz



Fuente: (Net Logistik, 2022)

3.2.4 Reconocimiento biométrico

Según el artículo publicado por Recfaces (2021) la tecnología del reconocimiento biométrico ha aumentado sus aplicaciones exponencialmente en sectores como la seguridad, el control de acceso, banca digital y dispositivos móviles. Se trata de una tecnología de identificación y autenticación de personas que se basa en características físicas únicos de cada persona. Su funcionamiento consta de tres fases. En primer lugar, se realiza un proceso donde se registra, captura y almacenan los datos biométricos del individuo. Posteriormente, cuando se requiere el acceso a un sistema, se procede a escanear nuevamente el rastro biométrico y se comprueba que sea el mismo que se ha registrado previamente, una vez que se confirma que la coincidencia es positiva, se autoriza el acceso, si no es así, se deniega.

Ventajas del reconocimiento biométrico:

- Ofrece una seguridad alta debido a que resulta difícil suplantar la identidad de una persona.
- No requiere de contraseñas ni dispositivos externos, por lo cual el proceso de autenticación es rápido e instantáneo.

Desventajas del reconocimiento biométrico:

- Existen ciertos factores que pueden afectar la precisión del sistema como la falta de iluminación adecuada, cambios en la voz o heridas.
- La instalación de dispositivos de captura y el software necesario requiere de una alta inversión.

- El uso de datos biométricos supone la gestión de información muy sensible, por lo que existen riesgos que pueden afectar la seguridad de los datos de los individuos.

Ilustración 5: Reconocimiento biométrico



Fuente: (Navarra.com, 2022)

3.2.5 Reconocimiento Óptico de Caracteres

Según el artículo publicado por Timix (2024) el reconocimiento óptico de caracteres es una tecnología que permite identificar y extraer automáticamente un texto en documentos impresos o imágenes escaneadas, convirtiéndolos en información digital que se puede editar. Es decir, a través de esta tecnología se puede transformar archivos físicos a formatos digitales como Word, Excel o pdf, dando lugar a una manipulación rápida y eficiente del contenido de los archivos físicos. En este sentido no cabe compararlo con el sistema de RFID, sin embargo, el reconocimiento óptico de caracteres no solo se usa en la digitalización de documentos, si no que se puede aplicar en sistemas automatizados como control de acceso a vehículos, donde se emplean cámaras con capacidad OCR para leer matrículas de automóviles y permitir o denegar su paso a zonas de acceso restringido. Por otro lado, esta herramienta permite combinar varios archivos y extraer información, editar el contenido e incluso llega a almacenar datos extraídos en bases de datos para su análisis o procesamiento masivo.

Ventajas del OCR:

- Permite ahorrar tiempo al automatizar tareas que antes requerían el ingreso manual de datos.
- El contenido extraído puede modificarse directamente por lo que es fácil actualizar o corregir información.
- Tiene un amplio abanico de usos.

Desventajas del OCR:

- Pueden darse errores de reconocimiento si el documento está deteriorado.
- No reconoce con precisión la escritura manual.
- El coste de su uso puede aumentar debido a que para algunas de sus aplicaciones requieren de licencias de pago o hardware. Aunque en general su coste inicial suele ser medio.

Ilustración 6: Reconocimiento óptico de caracteres



Fuente: (Velasco, 2017)

3.2.6 Tecnologías de identificación automática en relación con RFID

Las tecnologías que hemos visto anteriormente comparten muchas similitudes en ciertos aspectos, sin embargo, hay unas que son más comparables con el RFID que otras. En primer lugar, tenemos al código de barras que es la tecnología tradicional de identificación visual que necesita un escaneo manual y contacto directo con el objeto, que se puede comparar directamente con el RFID por sus aplicaciones en la logística y la trazabilidad de productos.

En segundo lugar, están las tarjetas inteligentes con sus chips integrados para almacenar información y necesitan del contacto directo, es comparable con el RFID por su aplicación en identificación y autenticación.

Por otro lado, están las tecnologías menos comparables con los usos principales del RFID como el picking por voz, que es el sistema de ayuda en la preparación de pedidos, que podría tener una comparación válida con el RFID en términos de eficiencia operativa pero no para la identificación, autenticación o trazabilidad de productos como tal.

También tenemos al reconocimiento biométrico que identifica a personas por rasgos físicos únicos, que, si bien es cierto que funciona para la autenticación, no lo es para la trazabilidad.

Por último, encontramos al reconocimiento óptico de caracteres que se usa para automatización de documentos o control de accesos vehiculares, pero que no es viable

para trazabilidad masiva de productos, pero sí como parte de un sistema de control y documental.

En definitiva, las últimas tecnologías mencionadas no comparten directamente el objetivo principal de uso en la logística de identificación de objetos físicos en movimiento o en almacén, sin embargo, pueden complementar otros procesos logísticos o de seguridad.

Ilustración 7 Tabla comparativa de tecnologías de identificación

Tecnología	Tipo de identificación automática	Contacto	Alcance	Aplicación principal	Costes iniciales
RFID	Electrónica	No	Largo	Trazabilidad, inventario, control de acceso.	Medio
Código de barras	Visual	Sí	Muy corto	Trazabilidad, inventario.	Muy bajo
Tarjeta Inteligente	Electrónica	Sí	Muy Corto	Control de acceso, pagos.	Medio.
Picking por voz	Auditiva	No	Medio	Preparación de pedidos.	Alto
Reconocimiento biométrico	Biológica	No	Muy corto	Autenticación de personas.	Alto
OCR	Visual	No	Corto	Digitalización de texto e imágenes	Medio

Fuente: Elaboración propia

En el contexto de la trazabilidad y logística, las tecnologías más comparables con RFID son el código de barras y las tarjetas inteligentes, en menor medida, el picking por voz que, a pesar de estar relacionado con la gestión de pedidos en almacén, no lo está con la trazabilidad.

Por otro lado, el reconocimiento biométrico y el OCR tienen aplicaciones muy distintas. Son tecnologías complementarias que son útiles para identificar personas o automatizar pesos administrativos, pero no reemplazan ni compiten directamente con el RFID en el ámbito de la trazabilidad.

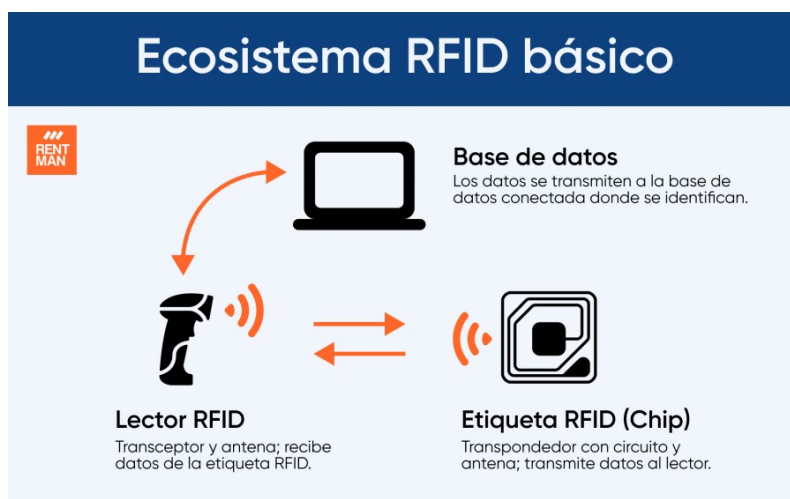
En el contexto de identificación y autenticación sí que cabría una comparación más directa entre RFID, biometría y tarjetas inteligentes, ya que todas se usan para controlar accesos restringidos, validar identidades y como herramientas de seguridad.

3.3 Componentes de un sistema RFID (etiquetas, lectores, antenas)

Para poder comprender el funcionamiento real de la tecnología RFID, vamos a explicar sus 3 componentes básicos: (Khattab et al., 2017):

1. **Etiquetas de RFID:** Cada una de las etiquetas posee un chip con circuito de antena el cual recibe la señal del lector y responde con la información que contiene, logrando identificar cada uno de ellos de manera individual debido a que los datos que contiene son únicos, lo que permitirá su diferenciación con otras etiquetas, es decir, se asigna una especie de identificación única como el DNI, pero para cada unidad de etiqueta. Actualmente existen etiquetas con mayor o menor memoria para incluir información y esta debe ir pegada al objeto para identificarlo.
2. **Lector RFID:** Son dispositivos que transmiten y reciben ondas de radio que se comunican con las etiquetas RFID dentro del rango permitido que tengan de lectura. Estos pueden ser móviles o fijos según el uso que se requiera.
3. **Elemento que es capaz de procesar y almacenar la información captada por los lectores**

Ilustración 8: Ecosistema RFID básico



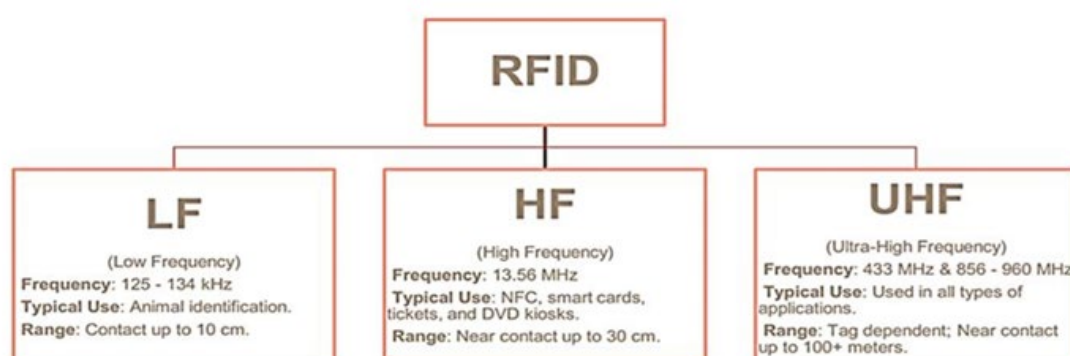
Fuente: (Batrucu, s. f.)

Como podemos observar en la Ilustración 8 el lector de RFID es el encargado de enviar ondas de radiofrecuencia a la etiqueta RFID, la cual a través de su micro antena capta las ondas y emite al lector la información que posea. Una vez que el lector recibe esta información, lo enviará a la base de datos correspondiente (FNMT, 2024).

3.4 Tipos de etiquetas RFID

- De acuerdo con la habilidad de programación existen:
 - Etiquetas que se configuran durante su producción y no se pueden modificar.
 - Etiquetas que solo facilitan una reconfiguración única.
 - Etiquetas que permiten múltiples reconfiguraciones.
- De acuerdo con el modo de alimentación:
 - Cuando las etiquetas necesiten de una batería para transferir información, se llamarán activas. La desventaja de este tipo de etiquetas es que son más caras debido a que poseen una batería propia, a la vez que su vida útil es más corta que las pasivas, sin embargo, poseen un mayor alcance que estas últimas.
 - Cuando las etiquetas no necesitan batería, serán pasivas. En este caso al no contar con energía, dependerán directamente del lector RFID para poder transmitir información. Por estas características su alcance no es grande y por ello su precio es más económico, a pesar de esto su durabilidad es más larga en comparación con las etiquetas pasivas.
 - Cuando son una mezcla entre activas y pasivas, se llamarán semi pasivas. Este tipo de etiquetas a pesar de poseer una batería, no la utilizan para transferir información, la usan para alimentar su chip y por lo tanto tendrán más alcance que las pasivas, pero a un precio más económico que las activas.
- Según la frecuencia:

Ilustración 9: Frecuencias en las que opera el RFID



Fuente: (Pardell, 2025)

- Baja frecuencia: Consta de un rango de 125-134 kHz, es decir, para escanear la etiqueta es necesario estar cerca del objeto al tener un alcance de 90 cm como máximo.
 - Alta frecuencia: Rango de 13,56 MHz, teniendo un mejor rango de alcance de un metro y medio aproximadamente.
 - Frecuencia ultra alta: De 860-960 MHz, es el de más alto alcance llegando a escanear etiquetas a una distancia de 5 e incluso 8 metros.
 - Frecuencia de microondas: Comprende bandas de 2.45 GHz y 5.8 GHz. (Suárez Moya, s. f.)
- De acuerdo con el procedimiento de comunicación:
- Dúplex: En este caso el tag comienza a enviar los datos que contiene cuando recibe la señal del lector y sigue transmitiendo mientras dure la señal. Aquí encontramos:
 - Medio dúplex: el lector y el tag se turnan para “hablar”, es decir mientras uno transmite el otro escucha.
 - Dúplex completo: Hablan simultáneamente usando una frecuencia distinta para poder evitar interferencias.
 - Comunicación secuencial: En este caso el lector desconecta su señal a intervalos constantes. El tag aprovecha esos momentos en que el lector está en silencio para enviar su información. Es decir, algunos tags necesitan que el lector “se calle un momento” para poder contestar. Este sistema generalmente se utiliza con etiquetas activas (que poseen su propia batería), ya que no se basa únicamente en la energía que el lector suministra. No obstante, esto incrementa el precio dado que requieren batería.
- Según como se propaga la señal:
- Sistema Inductivo: Este tipo de comunicación ocurre a distancias breves y a frecuencias reducidas, tal como sucede en los sistemas de frecuencia baja.
 - Difusión de ondas de electromagnetismo: Aquí se usa directamente la onda de radio para transmitir energía al tag. Opera a grandes distancias y necesita frecuencias muy elevadas, como las empleadas en UHF (frecuencia ultra alta) (FNMT, 2024; Suárez Moya, s. f.).

3.5 Tipos de lectores que usa el RFID

Según Pardell (2025) existen de 3 tipos de lectores que se usan en el RFID.

En primer lugar, están los fijos, los cuales se colocan en lugares concretos para interpretar etiquetas dentro de un área específica, por lo que son perfectos para regulación de accesos o de inventarios.

En segundo lugar, tendremos los lectores portátiles, son perfectos para labores que demanden movilidad, ya que facilitan el escaneo en diferentes sitios.

Por último, están los integrados en otros equipos, lo cual permite que se combinen funciones de dos dispositivos en uno.

Como podemos observar, hay una variedad de lectores que pueden emplearse para diversos propósitos, por lo que cada empresa puede darle un uso dependiendo de sus necesidades específicas.

4 Aplicaciones del RFID

En esta sección hablaremos de las distintas aplicaciones que tiene la tecnología RFID.

4.1 En la logística

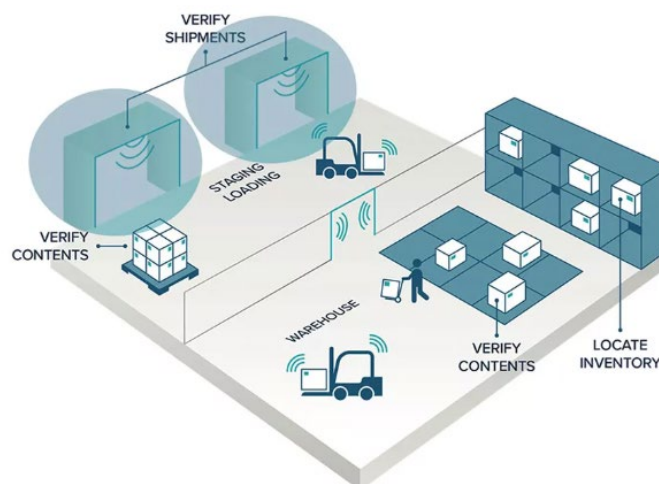
La logística es la parte de la cadena de suministro que se dedica a planificar, gestionar y controlar el almacenamiento de bienes, servicios y de información necesarios desde el origen del producto hasta el lugar de consumo.

La cadena de suministro es un concepto más amplio ya que incluye actividades de búsqueda, extracción y transformación de los bienes regulando distintas operaciones como la de marketing, ventas, finanzas o I+D. Por lo tanto, la logística se centrará más en las funciones de almacenamiento, transporte y preparación de pedidos.

En general para que un producto pueda llegar al consumidor final, es necesario que pase por el canal de aprovisionamiento, donde los productos se trasladan desde el punto de extracción hasta la fábrica o almacén de distribución, y por el canal de distribución, que es cuando los productos son llevados desde la fábrica o almacén hasta el lugar donde se van a vender.

Una buena organización de la logística hará que los costes tanto de transporte como de manipulación disminuyan y que haya eficiencia en cada una de las operaciones, como por ejemplo disminuir el tiempo invertido a la hora de controlar las existencias (Noega Systems, 2016).

Ilustración 10: RFID en almacenes



Fuente: (C10 TV, 2019)

4.1.1 Trazabilidad de productos

Cuando se incorporan etiquetas RFID en productos, es más fácil para las empresas saber de manera precisa y rápida la ubicación de dichos productos a lo largo de su recorrido por el proceso logístico. Pero además de saber su ubicación, también se podrá obtener información sobre su estado puesto que las etiquetas pueden almacenar detalles como su fecha de elaboración y caducidad o el número del lote al que pertenecen.

Por lo tanto, a la hora de la trazabilidad de productos durante toda su cadena de suministro (recolección de materia prima, fabricación y distribución hasta el consumidor) la implementación de esta herramienta ofrece una información de 360° del producto, lo cual permite a las empresas reducir de manera efectiva la cantidad de errores que se producen y tomar decisiones en base a ello para lograr obtener una mayor calidad en los artículos que venden.

La regulación en España está definida por el Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, específicamente para el sector de los alimentos, donde se define a la trazabilidad como la “posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución”.

Se regula en este sector específicamente para poder controlar el riesgo que pueda tener en cuanto a la salud de consumidores. A través de esta herramienta es más fácil detectar qué alimentos deberían ser retirados.

De la misma forma a través del Real Decreto 725/2003, se obliga a que los fabricantes, laboratorios y mayoristas informen a las farmacéuticas información con la que se pueda conocer la trazabilidad de un medicamento en específico (Real Decreto 725/2003, de 13 de junio, 2003; Sobrino, 2024).

Debido a la importancia que tiene este proceso, las empresas se han visto en la necesidad de automatizar el análisis de estos datos que han obtenido a través de las etiquetas RFID u otros dispositivos con herramientas actuales, como la Inteligencia artificial, que es capaz de detectar patrones o anomalías en el flujo de los productos con el objetivo de optimizar procesos como las rutas de entrega o detección de posibles problemas que puedan surgir en la cadena de suministro (C10 TV, 2017).

4.2 En el sector hospitalario

Según Xavier Pardell (2025) el RFID en el sector hospitalario el RFID tiene muchas aplicaciones de gran importancia.

Una de las áreas más importantes donde se le da un uso es en el control de inventarios, donde se agilizará la reposición de existencias, se evitarán robos o pérdidas y se preverá con más tiempo de antelación la falta de algún suministro esencial ya que si se colocan etiquetas RFID en los materiales sanitarios, estas darán información de su localización y estado en todo momento. Un caso de éxito en su implementación es el Hospital Universitario La Paz, ubicado en Madrid, donde se obtuvo una reducción del 30% del tiempo invertido en la gestión del inventario, acompañado de la disminución de un 20% en los errores de entrega y donde los costos de operación se redujeron en un 15%, este caso es un claro ejemplo de la gestión eficiente que se puede obtener gracias a la implementación del RFID.

Otro de sus usos es la localización de pacientes. En hospitales de gran tráfico como en urgencias, es de vital importancia el monitoreo y la detección instantánea de los pacientes. El hospital Clínic de Barcelona aplicó esta medida en su departamento de urgencias y consiguió reducir un 25% los periodos de espera, debido a que se puede buscar a cada paciente en tiempo real gracias al RFID, lo que ha logrado que los procesos médicos se agilicen, disminuyendo el tiempo por paciente en un 15%.

También está la mayor seguridad que se puede obtener en un centro médico. Ejemplo de esto es el Hospital General de Massachusetts, donde los incidentes relacionados con la seguridad se redujeron en un 30%. El incremento de seguridad se debe al uso de tarjetas RFID, que controlan el acceso de áreas restringidas, dejando pasar únicamente a personal autorizado, creando un control y agilidad en el acceso a dichas zonas críticas.

Por último, relacionado con el primer punto, tenemos al control del equipamiento médico, con el fin de asegurar su disponibilidad y mantenimiento en el momento en que sean necesarios es de gran utilidad aplicar la tecnología RFID. En el Hospital Mount Sinai de Nueva York, el poder seguir al equipamiento en tiempo real, redujo el tiempo en que dichos dispositivos se encuentran sin uso en un 40%, generando un uso más eficiente del equipo en todo momento sin desaprovecharlo.

4.3 En la biomedicina

Según Cristian Játiva (2016), la aplicación de los sistemas RFID en la biomedicina es un proceso que actualmente está en desarrollo, no obstante, si se logra un desarrollo adecuado que permita aprovechar al máximo su potencial, esta tecnología podría representar una innovación de gran impacto para mejorar de manera significativa la salud de las personas, debido a sus futuras aplicaciones terapéuticas. Sin embargo, ya existen actualmente algunas aplicaciones en el ámbito de la biomedicina que refleja el futuro prometedor de esta tecnología.

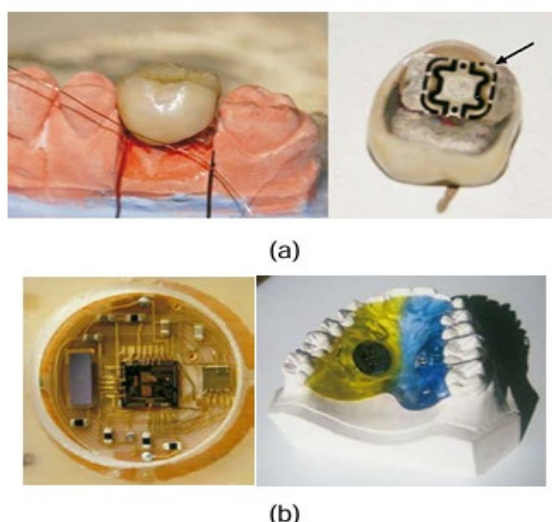
Debido al reciente avance que ha tenido la tecnología de RFID al reducir su tamaño de manera exponencial y mejora de adaptación en entornos biológicos, sin perder sus características y beneficios. Se ha logrado comenzar a incluirlo en la medicina, al introducir chips RFID dentro del cuerpo humano con distintos fines, desde la identificación de pacientes hasta el monitoreo y apoyo en distintos tratamientos de distintas enfermedades.

Para este tipo de uso, se necesitan etiquetas pasivas, que no poseen baterías, no requieren un consumo energético alto y que son capaces de ser detectadas en cortas distancias de no más de 10 centímetros.

Las aplicaciones biomédicas específicas que se están investigando son las siguientes:

- Microchips RFID en prótesis dentales para identificación.
- Etiquetas implantadas para la medición periódica de glucosa.
- Sensores RFID para mantener el control de retenedores odontológicos.
- Sensores especializados que sean capaces de detectar previamente posibles infartos agudos.
- Vigilar dónde se encuentra un tubo que ayude a respirar al paciente (tubos endotraqueales) usando RFID.

Ilustración 11: (a) Etiqueta RFID insertada en primer molar inferior. (b) Retenedor dental con sistema RFID



Fuente: (Játiva Gutiérrez, 2016)

4.4 En la ganadería

Según Violeta Cubero (2024) la economía de regiones rurales, donde la actividad ganadera es un pilar fundamental, ha experimentado retos en los últimos años debido a la falta de mano de obra y condiciones laborales exigentes. Ante esto, la transformación y avance del sector se ha visto apoyado por el desarrollo de nuevas tecnologías que aportan soluciones a problemáticas como la despoblación de ciertas zonas de España.

En este sentido, una de las claves para modernizar la gestión del ganado es la identificación por radiofrecuencia, que permite tener un control más preciso, automatizado y eficiente en este sector. Se utiliza el concepto de “ganadería de precisión” para referirse a la toma de decisiones basadas en datos objetivos y en tiempo real, realizados a través de sistemas inteligentes.

A través de las etiquetas electrónicas del RFID se identifica a cada animal de manera individual, las cuales se suelen colocar en el cuello o las orejas. El tamaño de la etiqueta que se usará depende del tamaño del animal, en vacas es frecuente usar identificadores de mayor tamaño o collares, mientras que en animales como ovejas y cerdos que son de menor tamaño se usarán etiquetas compactas.

Ilustración 12: Sistemas de ganado con RFID



Fuente: (Cubero, 2024)

Las etiquetas almacenarán datos relevantes de los animales como su historial veterinario, peso, localización y más. No solo se usan directamente en el ganado, sino en puntos estratégicos como los accesos, bebederos y comederos, donde se instalan lectores de rfid con el objetivo de que cuando el animal pase cerca, se registre automáticamente su información en el sistema.

En general la implementación de RFID en la industria de la ganadería ha incrementado considerablemente la eficacia y gestión en las granjas. Entre los beneficios más sobresalientes encontramos:

- La reducción de fallos humanos, debido a la automatización más exacta en la recolección de datos y seguimiento de cada animal que proporciona el RFID.
- Mayor eficacia en las operaciones, debido al impulso que tiene la productividad del sector debido a que el RFID ahorra el tiempo en labores como la identificación de animales.
- Trazabilidad en todo momento, esto ayuda a tener una reacción rápida frente a cualquier problema de salud que pueden tener los animales, debido a que se puede identificar de manera instantánea la ubicación y condición de estos en tiempo real, garantizando así la transparencia en la cadena de alimentación.
- Por último, tenemos el soporte en el proceso de toma de decisiones, donde aspectos como la nutrición, la reproducción o el tratamiento de enfermedades se ven optimizados debido a la facilidad que se tiene para hacer estudios de los datos que se recolectan a través de esta tecnología.

Diversas explotaciones han reportado beneficios. En California, la granja XYZ incrementó un aumento del 15% en su eficiencia productiva tras un año de uso de la tecnología. En Australia, se evitó una crisis sanitaria en ABC Ranch debido a la detección temprana de animales infectados y que lograron ser aislados a tiempo (KingTop, 2023).

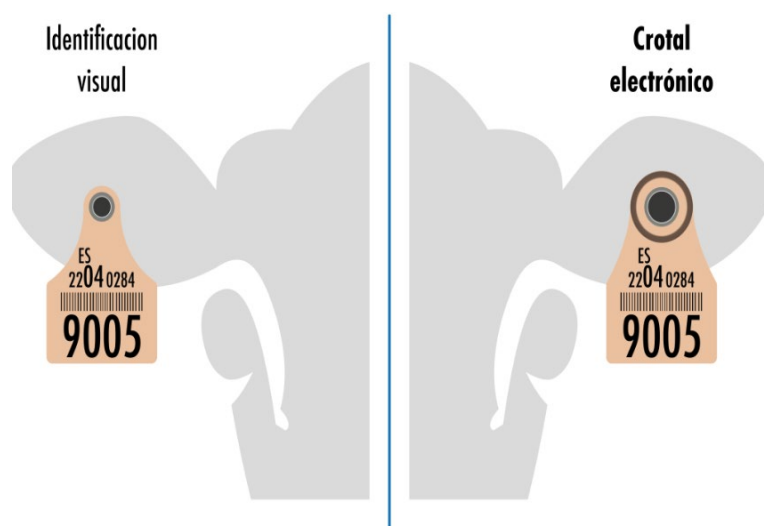
4.4.1 Nueva normativa sobre identificación electrónica en bovino

Con la finalidad de seguir en la línea de la modernización en el sector ganadero, el Real Decreto 787/2023, publicado en el BOE n.º 263 el 3 de noviembre de 2023, establece que “a partir del 1 de julio de 2025 todos los bovinos nacidos deberán contar con identificación electrónica obligatoria” (Real Decreto 787/2023, de 17 de octubre, 2023).

Este procedimiento conlleva la adición de un crotal con chip RFID en cada ganado, junto con el identificador visual convencional. A pesar de que su aspecto se asemeja a los aparatos actuales, el crotal reciente posibilita el registro digital de datos del animal a través de lectores RFID, lo que acelera y facilita las labores de gestión y control.

Es decir, lo que va a cambiar a partir del 1 de julio de 2025 es que en la parte superior del crotal se debe incluir un chip RFID electrónico además del crotal visual, tal como observamos en la Ilustración 13.

Ilustración 13: Diferencia crotal electrónico y visual



Fuente: (MSD, 2023)

4.5 En el control de acceso

Según Herrera et al. (2009) La capacidad de la tecnología RFID para identificar objetos de forma veloz y sin ningún tipo de contacto la convierte en una alternativa que puede ser superior a tecnologías más tradicionales como las tarjetas magnéticas o los sistema de teclado con contraseña. Es por ello que se ha logrado ir consolidando como una herramienta eficaz para optimizar procesos de control de acceso en sitios físicos restringidos, como edificios corporativos, zonas industriales, hospitales o incluso infraestructuras de transporte.

En el ámbito del control de acceso esta tecnología se puede aplicar a las personas, cuando cada una de ellas dispone de autorización para llevar una tarjeta o tag RFID que tenga un identificador específico. Cuando la persona autorizada se aproxime al lector, este generará un campo electromagnético que activa la etiqueta y permite la transmisión del identificador almacenado al sistema informático, el cual lo recibe y compara con su base de datos para determinar si debe concederse o denegarse el acceso. Este proceso puede realizarse en cuestión de milisegundos y sin necesidad de contacto físico. Esta aplicación sería muy útil para auditorías, control horario o medidas de evacuación.

4.5.1 En peajes

Según Viaonda (2024) una de las aplicaciones más destacadas de la tecnología RFID en el ámbito del transporte es su uso en los sistemas de cobro automático de peaje también llamado “Free Flow”. Estos sistemas permiten que los vehículos pasen por estaciones de peaje sin necesidad de detenerse. Su funcionamiento consiste en la comunicación por radiofrecuencia entre un lector instalado en el punto de control y una etiqueta colocada en el vehículo. Este uso fue uno de los primeros en aplicarse comercialmente con RFID, que ha ido evolucionando con el tiempo mejorando su rendimiento cada vez más.

De manera más detallada, el sistema de peaje dinámico funciona de la siguiente manera. En primer lugar, cada vehículo autorizado lleva una etiqueta con un identificador único. Una vez que el vehículo se acerca al punto de cobro, un lector RFID situado en la estación, emitirá una señal que active la etiqueta. Posteriormente el tag responderá, emitiendo su número de identificación único, junto con algunos datos que pueda tener almacenados como los datos del conductor y su matrícula. Por último, el sistema interpretará los datos, y si es válido, registrará el paso del vehículo y cargará de forma automática el importe correspondiente.

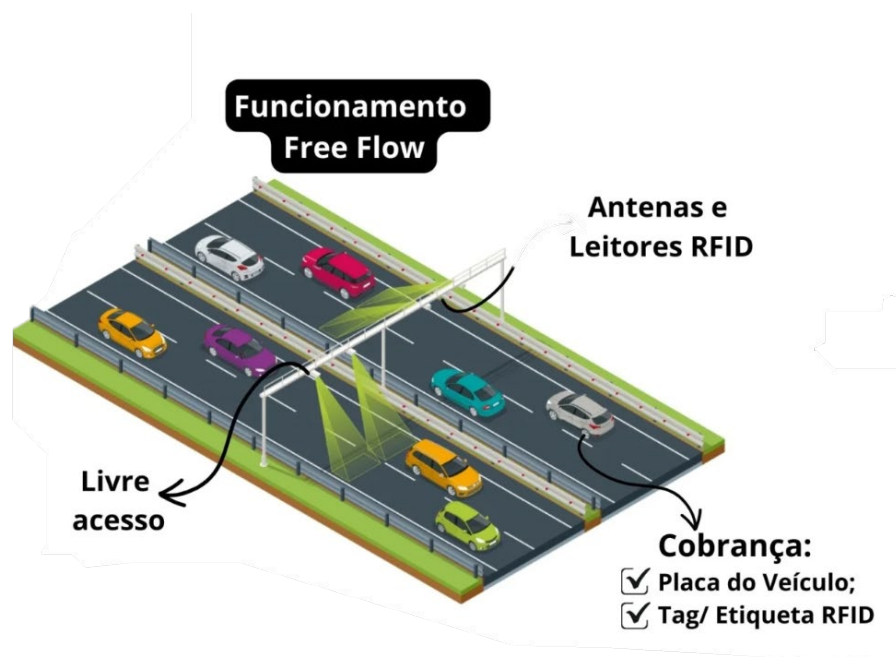
Este proceso ocurre en pocos segundos, lo que permite que el tráfico fluya sin interrupciones. Esto hace que se reduzcan los atascos, mejorando así la eficiencia operativa pero también disminuyendo las emisiones contaminantes que provocan el frenado y arranque continuo.

En países como España, los primeros sistemas de telepeaje que fueron efectivos en su momento hacían uso de dispositivos activos, conocidos como Vía-T, que contenían baterías y una antena para enviar la señal al lector. Sin embargo, con el paso del tiempo se notó que los dispositivos requerían mucho mantenimiento como cambiar pilas, generando un coste muy elevado. Hoy en día, se está empezando a adoptar sistemas basados en etiquetas pasivas UHF Gen2, las cuales ofrecen un menor coste y facilidad de instalación al no necesitar baterías. Estas etiquetas poseen la información protegida por contraseña y ofrecen una alta fiabilidad de lectura, aunque haya vehículos cerca.

Además de las etiquetas estándar, se han desarrollado en los últimos años versiones más avanzadas como los tags EPC Clase 2 que tienen más memoria interna, identificadores más largos, protección alta de seguridad con cifrado AES y funciones más desarrolladas de verificación de autenticidad del vehículo o del dispositivo.

En países como Singapur, Noruega y Estados Unidos se ha implementado este sistema de peaje en varias zonas del país obteniendo mejores resultados en términos de tráfico, es decir, reduciendo las congestiones en zonas clave y menos retenciones.

Ilustración 14: Funcionamiento Free Flow



Fuente: (Viaonda, 2024)

4.6 En la fabricación y confección de textiles

Tal como destaca Cristian Játiva (2016) el uso de sistemas de identificación por radiofrecuencia está creciendo de forma considerable, de tal forma que en un futuro esta tecnología estará presente en la mayoría o en todas las etapas de la cadena de valor, desde la fabricación hasta la venta al por menor. Aunque el código de barras aún se utiliza por su menor coste, el RFID ofrece varias ventajas superiores en términos de velocidad, precisión y retorno de la inversión, lo cual está impulsando su adopción progresiva.

El RFID está empezando a desempeñar un papel clave en áreas como la gestión eficiente del inventario, control de fases productivas, seguimiento de distribuidores, automatización de probadores, etiquetado inteligente y atención y fidelización de los clientes.

Empresas de gran reconocimiento a nivel mundial como Prada, Wal-Mart y Procter & Gamble ya han incorporado RFID en sus operaciones, aprovechando sus grandes beneficios en la eficiencia y trazabilidad. Concretamente en el sector de la moda, se pueden distinguir cuatro grandes áreas donde el RFID tiene aplicación directa. La primera de ellas es la fase de producción donde gracias a esta tecnología se pueden evitar errores como la mezcla de componentes o accesorios incorrectos. La segunda es la que hace referencia al transporte internacional, ya que permite rastrear los envíos en tiempo real, tanto antes como después del despacho aduanero, esto se usa especialmente cuando se externaliza la producción. La cuarta área es la distribución, que va relacionada con la anterior ya que, gracias al rastreo en tiempo real, se obtiene una mejor organización logística y reduce los tiempos de distribución. Por último, está el punto de venta, donde el espacio físico ya sea grande o pequeño, permite una gestión más ágil del stock, puesto que los artículos pueden localizarse de forma inmediata y sin errores, evitando búsquedas manuales innecesarias y mejorando así la experiencia del cliente final.

Ilustración 15: Etiqueta RFID



Fuente: (Játiva Gutiérrez, 2016)

4.7 En las bibliotecas

Según Cristian Játiva (2016) las bibliotecas también han comenzado a incorporar la tecnología RFID en sus procesos, y no se están quedando atrás respecto a otros sectores. Es así como cada vez son más los centros bibliotecarios que utilizan esta tecnología para facilitar tanto el trabajo del personal como la experiencia de cada uno de sus usuarios.

Uno de los principales usos que se da al RFID en bibliotecas es mediante la colocación de pequeñas etiquetas en los libros, lo que permite localizar rápidamente cualquier ejemplar que esté fuera de lugar en las estanterías. Por ejemplo, si un libro fue devuelto en un determinado momento y no se colocó correctamente, el sistema puede detectarlo sin necesidad de revisar manualmente todos los estantes.

Además, el RFID también permite a los usuarios llevar a cabo el autoservicio. Lo que significa que las personas pueden tomar los libros que deseen y simplemente pasar por una estación equipada con lectores RFID para registrarlos en su cuenta, por lo que ya no es necesario esperar largas colas en el mostrador, lo que ahorra tiempo y ofrece más comodidad a los usuarios.

Otro uso bastante práctico del RFID en bibliotecas es la realización de inventarios. Antes, revisar todo el catálogo físico requería sacar cada libro uno por uno para escanear su código de barras. Ahora con lectores portátiles de RFID, basta únicamente con pasar lentamente el dispositivo frente a las estanterías para que identifique automáticamente todos los libros presentes, sin tener que moverlos o tocarlos. Lo que supone un ahorro de tiempo y esfuerzo enorme para los trabajadores de la biblioteca.

Esta tecnología también es muy útil para gestionar materiales audiovisuales como DVD o CD, que suelen ser más delicados o fáciles de traspapelar. Y en cuanto a la seguridad, los sistemas RFID permiten una detección antirrobo más precisa y fiable,

ya que pueden identificar si un libro está siendo sacado sin haber sido registrado correctamente.

Sin embargo, uno de los principales desafíos que todavía enfrentan muchas bibliotecas es el costo de implementar esta tecnología. Las etiquetas, los lectores y el software necesario suponen una inversión inicial importante. Aún así se espera que a medida que pase el tiempo, los precios de esta tecnología bajen para que sea más accesible para bibliotecas pequeñas y medianas.

Por último, hay que tener en cuenta que las etiquetas RFID suelen durar mucho más que los tradicionales códigos de barras. Mientras que estos últimos se pueden dañar con facilidad por el uso o la manipulación, las etiquetas RFID no necesitan contacto físico para funcionar, lo que les da una vida útil mucho más prolongada. De hecho, muchos fabricantes aseguran que una sola etiqueta puede resistir más de 100.000 usos antes de necesitar ser reemplazada.

Ilustración 16: Sistema RFID para bibliotecas



Fuente: (Játiva Gutiérrez, 2016)

4.8 En la aviación

Según Martín Zorrilla (2015) La industria aeronáutica ha ido incorporando distintas innovaciones tecnológicas para mejorar tanto el trabajo operativo como la atención al pasajero. Una de las herramientas más destacadas en los últimos años es la tecnología RFID, que se está utilizando cada vez más en aeropuertos y compañías aéreas para tareas como el seguimiento del equipaje o el control de inventario.

Esta tecnología, basada en la transmisión de datos a través de ondas de radio, permite identificar objetos a distancia sin necesidad de contacto visual o físico. Para ello, se usan etiquetas electrónicas que pueden estar pegadas o incorporadas a maletas,

productos o equipos de trabajo, junto con lectores que reciben la información y la envían a un sistema central.

En el sector aéreo, el RFID resulta especialmente útil en la gestión del equipaje, ya que reduce los errores y las pérdidas, además de facilitar un rastreo más preciso durante todo el trayecto. También se está utilizando para registrar piezas técnicas en los aviones, controlar herramientas o hacer inventarios de forma rápida.

Uno de los aspectos más valorados de este sistema es que permite leer muchas etiquetas al mismo tiempo y no necesita que estén alineadas con el lector. Además, las etiquetas pueden guardar más información que un código de barras y pueden modificarse si hace falta actualizar algún dato.

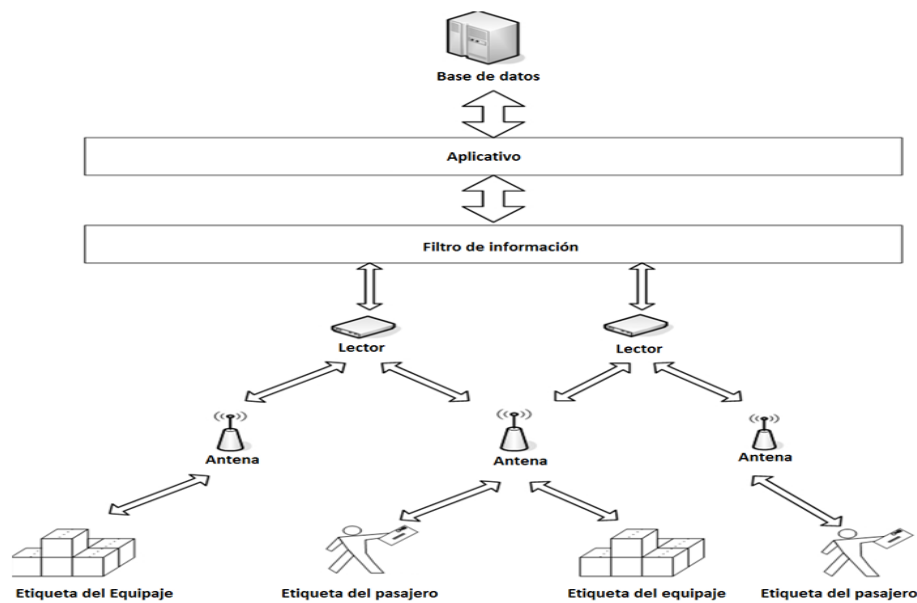
Algunas aerolíneas como Lufthansa o fabricantes como Airbus ya han implementado esta tecnología, especialmente en áreas relacionadas con la logística y el mantenimiento. Por ejemplo, se han etiquetado kits de emergencia, componentes con vida útil limitada o herramientas críticas que deben estar siempre localizadas.

Sin embargo, no todo es tan sencillo. La instalación de este sistema tiene un coste considerable, ya que hace falta equipamiento, software y cierta formación. Además, en algunos entornos con mucho metal o líquidos, la señal puede tener interferencias. Otro aspecto que se debate es si el retorno de inversión compensa siempre, ya que, aunque mejora la eficiencia, no todas las empresas logran medir el ahorro directo en dinero.

Por eso, se plantea que sean los aeropuertos, y no solo las aerolíneas, los que promuevan el uso del RFID, ya que podrían integrarlo mejor dentro de sus sistemas de gestión general.

Mirando hacia adelante, todo apunta a que el RFID será clave en áreas como el seguimiento del equipaje en conexiones, la coincidencia entre pasajeros y pertenencias, y el control de seguridad. Si se usa bien, no solo reduce errores o pérdidas, también agiliza procesos y mejora la experiencia del viajero.

Ilustración 17: Arquitectura de un sistema RFID en la entrega de equipaje para la aviación comercial.



Fuente: (Zorilla, 2015)

4.9 En el apoyo para personas con discapacidad visual – Bastón inteligente con RFID

Según el artículo publicado por el periódico digital Redacción T21 (2009) Hace poco, un equipo de ingenieros y estudiantes de la Universidad Central de Michigan desarrolló un bastón diferente: no solo detecta obstáculos, sino que también te guía por el camino. Lo llaman Smart Cane y combina dos tecnologías: ultrasonidos y RFID.

Funciona de la siguiente manera: en la punta del bastón hay un sensor que detecta obstáculos, como un bordillo o una farola. Si detecta algo, emite un aviso por un altavoz pequeñito que lleva en la empuñadura. Es lo suficientemente discreto para no molestar, pero claro para que encuentres la ruta segura sin tropezar.

Y lo más curioso: usa etiquetas RFID colocadas en el suelo. Estas etiquetas 'hablan' con el bastón y le dicen dónde está. El dispositivo envía señales al microcontrolador —una especie de pequeño cerebro—, y este interpreta la información y decide qué indicaciones darle a la persona: por ejemplo, “gira a la izquierda” o “ahí tienes que parar”.

Quienes participaron en las pruebas pudieron preprogramar rutas usando un teclado diminuto que incluye el bastón. Así, al andar, el Smart Cane las reproduce paso a paso, informando en cada cruce o giro.

Además, hay una versión pensada para personas que sean tanto ciegas como sordas. En lugar de voces, este bastón usa vibraciones en el guante que se coloca en

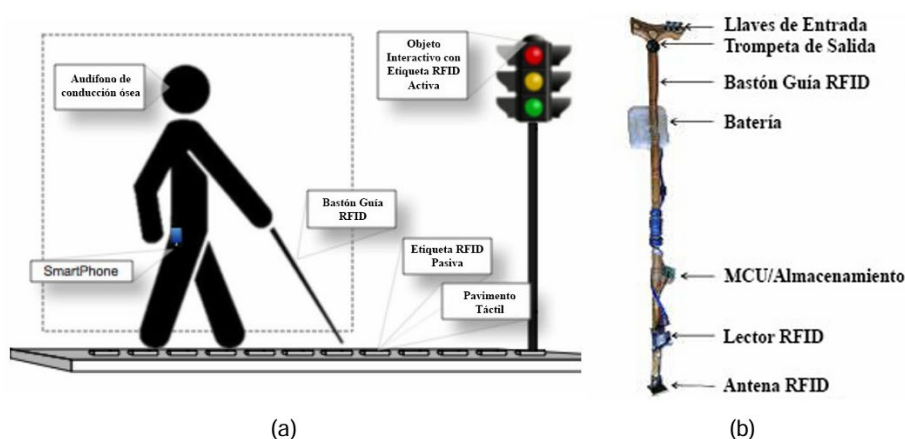
la mano. Según donde se presione, indica virar, detenerse o seguir recto. Es como una especie de brújula táctil personalizada.

Pero esto no se queda ahí. El equipo planea una segunda fase, que incluye un robot guía. Sería como un perro guía, pero mecánico. El robot llevaría los mismos sensores y está pensado para caminar junto al usuario, atado con una correa. Sería útil para andar en exteriores o en lugares complicados.

Por supuesto, este proyecto aún está en desarrollo. Buscan financiación de la National Science Foundation y esperan incluir ingenieros, diseñadores y usuarios con discapacidad para mejorar el sistema. Quieren también que el robot pueda reconocer si un objeto está quieto o en movimiento, mejorar la precisión y hacerlo más compacto.

En definitiva, este bastón con RFID y ultrasonidos, es una idea sencilla que promete mucho: un apoyo real para moverse sin depender de nadie, paso a paso y sin sorpresas. Si siguen avanzando, podría convertirse en un producto cotidiano que cambie la vida de muchas personas.

Ilustración 18: (a) Diseño del sistema en modo navegación. (b) Prototipo del bastón guía RFID.



Fuente: (Játiva Gutiérrez, 2016)

4.10 En el pasaporte electrónico

Según la Real Casa de la moneda (2025) el pasaporte tradicional ha evolucionado a un formato mucho más moderno y seguro en los últimos años. En el caso de España, ya cuenta pasaporte electrónico el cual incorpora un chip RFID en la parte posterior, que permite leer la identidad del titular de forma inalámbrica, sin necesidad de insertar físicamente el pasaporte en un lector. Este sistema responde a las normas establecidas por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) que regula los estándares de seguridad en documentos de viaje a nivel mundial.

El chip RFID además de almacenar los datos personales básicos de la persona como nombre, fecha de nacimiento y nacionalidad, guarda también información biométrica. Lo que permite realizar un control de identidad más rápido y fiable, especialmente útil en controles fronterizos automatizados donde se usa reconocimiento facial.

Sin embargo, hay que destacar que el pasaporte electrónico no solo incorpora el microchip como elemento de seguridad, sino también herramientas físicas que dificultan enormemente su falsificación. Entre los cuales encontramos:

- Tintas visibles solo bajo la luz ultravioleta en todas las páginas del documento.
- Una lámina holográfica en la página de datos, que integra efectos ópticos como relieves, imágenes en movimiento, micro textos y marcas de agua que cambian según el ángulo.
- Una pequeña imagen “fantasma” del titular impresa dentro de la hoja de información personal, como refuerzo visual de autenticidad.

Este tipo de pasaporte no solo mejora el nivel de protección frente al fraude documental, sino que también facilita el tránsito por controles internacionales gracias a su capacidad de lectura remota y segura. Así, la combinación de tecnologías RFID y biometría se convierte en una herramienta clave para modernizar la documentación de viaje y reforzar la seguridad en los desplazamientos internacionales.

Ilustración 19: Pasaporte electrónico



Fuente: (FNMT, 2025)

4.11 Cronometraje Deportivo

Según Viaonda (2025) tiempo atrás el cronometraje en carreteras y competiciones era todo un reto: había que confiar en los cronómetros manuales, sensores que podían fallar o en personas pendientes de marcar el tiempo. Sin embargo, a partir de la llegada del RFID todo cambió, debido a que en la actualidad se registra el paso de los corredores de forma casi automática, con una precisión increíble.

A los deportistas que participan en una prueba ciclista o que van a correr en una maratón se les coloca un chip RFID en el dorsal, la bicicleta o incluso en el casco. Cuando pasan por un arco de meta o un punto intermedio, ese chip se comunica con un lector y es en ese preciso instante cuando se graba su paso en la base de datos con una exactitud milimétrica. Esto no solo evita errores humanos, sino que permite tener tiempos parciales, resultados al momento para la gente que sigue la carrera online, y una organización más fluida.

El sistema se instala de la siguiente manera:

1. Se coloca el chip en cada participante.
2. Se preparan los lectores en lugares estratégicos como la salida, la llegada y a lo largo del recorrido.
3. Se captura y transmite a través del lector que toma el código y lo envía al sistema.
4. Por último, se recogen y procesan los datos en tiempo real a través de una computadora, para poder mostrar los resultados en directo.

En cuanto a los beneficios reales del RFID en el cronometraje deportivo encontramos:

- Máxima precisión: los tiempos se registran con exactitud casi total.
- Automatización total: nada de llevar relojes ni apretar botones.
- Varias mediciones: puedes saber cuánto tardaste en distintos tramos.
- Resultados en directo: tanto para los atletas como para los espectadores.
- Menos errores: se elimina el margen de equivocarse al leer datos o hacer transcripciones.

Es decir, pruebas multitudinarias como los maratones, donde miles de corredores cruzan los puntos de control casi simultáneamente, esta tecnología permite que cada atleta tenga un registro individualizado de su tiempo. Gracias a los chips RFID

colocados en los dorsales, se obtiene una cronología precisa del recorrido de cada participante, lo que elimina errores y confusiones frecuentes en métodos manuales.

En disciplinas como el ciclismo en ruta, los dispositivos RFID se integran fácilmente en los cascos o las bicicletas, permitiendo registrar de manera exacta el paso por cada punto sin depender de sensores de contacto. Este sistema es especialmente útil cuando los ciclistas compiten en pelotón, ya que garantiza una identificación fiable sin importar la densidad del grupo.

Asimismo, en deportes de motor como el karting o las carreras automovilísticas, el RFID ofrece una alternativa eficaz y económica a las fotocélulas o sensores mecánicos tradicionales. En este tipo de pruebas, el sistema RFID es capaz de contabilizar vueltas y tiempos con precisión milimétrica, sin necesidad de instalar infraestructuras complejas ni someter los vehículos a modificaciones mecánicas adicionales.

Mirando hacia el futuro, se prevé que esta tecnología continúe consolidándose en el sector deportivo. De este modo, el cronometraje manual queda progresivamente en desuso, reemplazado por soluciones digitales que garantizan mayor fiabilidad en los resultados y una experiencia mucho más fluida tanto para los atletas como para el público y los organizadores.

Ilustración 20: RFID en cronometraje deportivo



Fuente: (Viaonda, 2025)

5 Integración del RFID con otras tecnologías

La nueva era de la tecnología ha guiado al mundo a una integración cada vez más estrecha entre el mundo físico y digital. Tecnologías como la Identificación por Radiofrecuencia (RFID) y el Internet de las Cosas (IoT) están permitiendo una gestión avanzada de activos en sectores industriales, logísticos y comerciales. Esta unión da paso a una supervisión en tiempo real, donde sensores conectados a redes inalámbricas recopilan datos de manera automática sobre la localización, el estado o el uso de los activos, reduciendo al máximo los errores humanos y agilizando procesos.

Gracias a esta evolución, es posible para las empresas optimizar la toma de decisiones, prevenir fallos operativos y minimizar tiempos muertos. A esto se añade el uso de plataformas digitales para procesar los datos recogidos, que permiten realizar análisis predictivos, visualizar tendencias y mejorar la eficiencia de las operaciones de forma continua (Frazato, 2023).

5.1 RFID Y sistemas IoT

Las redes inalámbricas vinculan miles de millones de aparatos a través del Internet de las Cosas. Dentro de este marco, el RFID actúa como una tecnología esencial que facilita la identificación exclusiva y automática de elementos físicos. Mediante etiquetas que se pueden leer a distancia, incluso sin necesidad de contacto visual, los sistemas RFID proporcionan un beneficio principal en comparación con tecnologías como el código de barras.

Estas etiquetas, tras su integración con sensores y su conexión a redes (como WiFi, 4G o 5G), constituyen un sistema IoT que facilita el registro de eventos, la administración de inventarios o el seguimiento de productos en desplazamiento. En entornos logísticos, industriales o sanitarios, esta mezcla potencia la rastreabilidad, automatiza labores cotidianas y ofrece información confiable en tiempo real (Frazato, 2023).

Ilustración 21: Internet de las cosas (IoT)



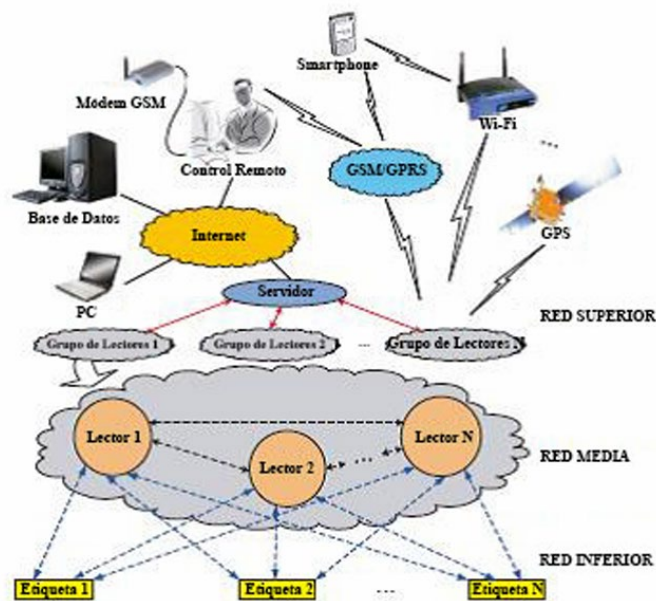
Fuente: (SPnet, 2019)

5.2 RFID en Red

Para aprovechar plenamente las capacidades del RFID en el IoT, se organizan los sistemas en una arquitectura jerárquica. A nivel superior están los servidores, encargados de procesar datos y facilitar el acceso remoto a través de servicios web. En el nivel medio se encuentran los lectores RFID, que capturan los datos de las etiquetas y colaboran entre sí para evitar colisiones. Finalmente, en el nivel inferior se sitúan las propias etiquetas RFID, que responden al paso por zonas de lectura.

Este tipo de diseño facilita la escalabilidad, permitiendo implementar redes complejas que integren múltiples dispositivos, lectores y usuarios sin comprometer la fiabilidad de la información (Játiva Gutiérrez, 2016).

Ilustración 22: Vista jerárquica de un sistema RFID en red



Fuente: (Játiva Gutiérrez, 2016)

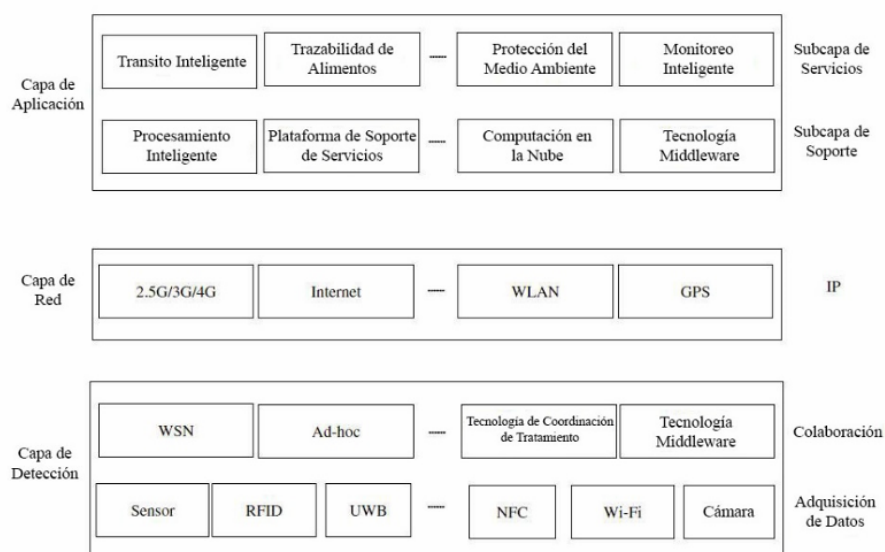
5.3 Arquitectura de un sistema IoT con RFID

Según Cristian Játiva (2016) aquí ya entramos a un nivel más complejo e inteligente. La arquitectura IoT conecta no solo lectores RFID, sino muchos dispositivos inteligentes diferentes, que pueden hablar entre sí a través de Internet. En esta arquitectura, RFID es solo una de las tecnologías que forma parte del sistema. También puede haber sensores de temperatura, cámaras, GPS, etc.

El sistema IoT basado en RFID suele dividirse en tres capas funcionales:

1. Capa de percepción (o de detección): Aquí se sitúan los dispositivos que recogen datos del entorno, como sensores RFID, cámaras o dispositivos NFC. Estos elementos capturan información sobre temperatura, posición o movimiento de objetos.
2. Capa de red: Es el canal por el cual los datos recopilados son enviados a los servidores. Dado el volumen creciente de dispositivos conectados, el uso de direcciones IPv6 es esencial. Esta capa incluye la integración de diferentes redes (WiFi, satélite, redes móviles) y sistemas para garantizar robustez y disponibilidad.
3. Capa de aplicación: Procesa y presenta los datos al usuario final. Aquí intervienen plataformas en la nube y tecnologías como el Big Data, ofreciendo servicios personalizados, visualizaciones interactivas y control remoto.

Ilustración 23: Arquitectura del IoT



Fuente: (Játiva Gutiérrez, 2016)

En conjunto, esta estructura permite tener una visión precisa del estado de los activos y automatizar decisiones, por ejemplo, programar mantenimiento de una máquina que muestra señales de desgaste antes de que falle.

5.4 Diferencias entre RFID en red y Arquitectura IoT con RFID

La principal diferencia entre un sistema RFID en red y una arquitectura IoT con RFID está en el alcance y la conexión. El RFID en red se usa para identificar y gestionar objetos dentro de un entorno cerrado, como un almacén o una fábrica. Consta de lectores, etiquetas y servidores que se comunican entre sí, pero normalmente no están conectados a Internet.

En cambio, una arquitectura IoT con RFID es más completa. Aquí, las etiquetas RFID se combinan con sensores y otros dispositivos conectados a Internet. Esto permite recopilar datos en tiempo real, analizarlos y tomar decisiones automáticas. Es decir, el IoT con RFID no solo identifica cosas, sino que también las conecta y gestiona a distancia, mejorando procesos a gran escala (Játiva Gutiérrez, 2016).

Ilustración 24: RFID en red y Arquitectura IoT con RFID

Concepto	RFID en red	Arquitectura IoT con RFID
Objetivo	Recoger datos RFID dentro de una red local	Integrar RFID con otras tecnologías para crear sistemas inteligentes
Conectividad	Normalmente local (red cerrada)	Conectado a internet y a otras redes
Componentes	Lectores, etiquetas, servidores	Sensores, etiquetas RFID, redes móviles, plataformas web
Capacidad	Lectura y transmisión de datos RFID	Toma de decisiones, automatización, análisis en tiempo real
Ejemplo	Control de acceso en una oficina	Rastrear una cadena logística internacional en tiempo real

Fuente: Elaboración propia

Como hemos podido comprobar previamente, la fusión de RFID e IoT ya posee una fuerte presencia en múltiples sectores. En el sector industrial, se emplea para administrar activos en las fábricas, regular inventarios o supervisar la condición de la maquinaria. En el sector energético, contribuye al monitoreo de turbinas, sistemas de energía solar y redes de distribución. En el hogar, enlaza aparatos de tecnología, sistemas de seguridad o aparatos de entretenimiento.

En el ámbito de la salud, RFID posibilita el seguimiento de dispositivos médicos, la regulación del uso de implantes o garantizar la rastreabilidad de fármacos. En el sector del transporte, se utiliza para el monitoreo de vehículos, administración de flotas o regulación de accesos. En el sector comercial, la automatización en cajas de cobro, estanterías inteligentes o la gestión de stock para mejorar la experiencia del cliente (Játiva Gutiérrez, 2016).

5.5 Blockchain y RFID

Se puede describir a Blockchain como una estructura matemática destinada a guardar datos de forma que resulta casi inviable su falsificación. Es un libro electrónico público que permite el intercambio libre entre diferentes usuarios y que genera un registro permanente de sus operaciones. Cada entrada digital en el hilo se denomina bloque (de ahí su nombre), y facilita la participación de un grupo de usuarios abierto o controlado en el libro electrónico. Por otro lado, cada bloque está asociado a un participante concreto. Solo los participantes en el sistema pueden actualizar Blockchain por consenso, y cuando se introducen datos nuevos, nunca pueden ser eliminados. Hay un registro auténtico y comprobable de todas las entradas efectuadas en el sistema (Cámara de Comercio de Valencia, s. f.).

Una de las tendencias más alentadoras es la fusión de RFID con la cadena de bloques. Esta tecnología de archivo distribuido asegura la integridad y claridad de la información. Cuando un objeto se rastrea a través de RFID, su información puede ser registrada en una cadena de bloques, lo que evita su modificación y garantiza la rastreabilidad desde su origen hasta el usuario final.

Esto resulta muy beneficioso para todas las industrias, pero particularmente en sectores como el alimentario, farmacéutico o de lujo, donde resulta crucial comprobar la autenticidad y el recorrido del producto. Al fusionar RFID con la tecnología blockchain, se genera un ambiente de confianza entre todos los componentes de la cadena de distribución (Játiva Gutiérrez, 2016).

Según Bárbara Frazato (2023) la evolución del IoT está impulsada por el avance de tecnologías emergentes como la nanoelectrónica, sensores inteligentes, inteligencia artificial y redes 5G. La perspectiva de un mundo en el que cada elemento físico pueda ser identificado, localizado y pueda interactuar con otros aparatos está cada vez más próxima.

Se anticipa que los sistemas del futuro sean capaces de autoconfigurarse, ajustarse a su ambiente, anticipar errores e incluso involucrarse en su reciclaje o supresión. En este escenario, RFID continuará jugando un rol fundamental como instrumento de identificación y conexión, incorporando soluciones cada vez más sofisticadas y sostenibles.

6 Tecnología RFID y sus implicaciones jurídicas

La progresiva integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en todos los ámbitos de la vida cotidiana y profesional ha supuesto importantes avances, pero también ha generado nuevos retos desde el punto de vista jurídico. En particular, el uso de herramientas como el internet y los sistemas automatizados ha intensificado los riesgos vinculados a la vulneración de derechos fundamentales. En este contexto, uno de los aspectos más sensibles es el impacto que estas tecnologías pueden tener sobre la intimidad de las personas y la protección de sus datos personales, extendiendo su alcance más allá del ámbito estrictamente privado (Fernández-Aller, 2009). Un ejemplo representativo de estos desafíos lo encontramos en la tecnología RFID, cuyas implicaciones jurídicas merecen ser analizadas con detalle.

6.1 Últimas actualizaciones

La tecnología RFID está sujeta a la normativa europea que ha tenido un avance significativo puesto que en países como España, Suiza, Italia, Portugal, Austria y Bélgica se ha aprobado el uso de una banda de frecuencia superior pasando de 915 MHz a 921, mejorando la compatibilidad con otros países como Estados Unidos que ya poseían desde hace tiempo unas bandas de frecuencia superior. Específicamente las consecuencias positivas son:

- Contar con un mayor alcance mejorando la eficiencia, debido a que la banda de 921MHz permite que la lectura de las tarjetas RFID puedan hacerse desde distancias más lejanas, así como una comunicación más fluida entre tags RFID pasivos y los lectores.
- Compatibilidad a nivel global, a través de la sincronización con las frecuencias norteamericanas y otros mercados internacionales. Esto permitirá la incorporación de sistemas RFID en cadenas de suministro mundiales disminuyendo los obstáculos tecnológicos comerciales (Gascón, 2024).

6.2 Relación de los avances de las TIC con los derechos de los individuos

Si bien es cierto que el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación es indispensable para que la industria siga avanzando en el camino de una búsqueda de automatización completa y autónoma, el uso de las TIC y sobre todo Internet implica que existan muchos riesgos contra derechos como los de intimidad e imagen de los consumidores y de propiedad intelectual e industrial para los empresarios.

Nos centraremos en las preocupaciones que giran en torno a la protección de datos en y dentro de ella el referente al uso de RFID por parte de administraciones y empresas.

La protección de datos consiste en la potestad que tiene un individuo para controlar el uso de sus datos personales y es considerado por muchos autores como un derecho fundamental. Está claro que se trata de uno de los temas más importantes a tener en cuenta a la hora de seguir desarrollando tecnologías que hagan uso de los datos personales de los consumidores y es muy importante para las empresas que este factor se tome en cuenta en caso de decidir utilizar cualquier tipo de herramienta inteligente que puede tener este tipo de riesgo (Fernández-Aller, 2009).

6.3 Problemas de privacidad y seguridad

Según Camila Ashdown (2023) uno de los riesgos más habituales en la utilización de tarjetas RFID es el riesgo de que terceros obtengan acceso a la información sin permiso. A pesar de que esta tecnología está diseñada para acelerar y facilitar procedimientos como el acceso a espacios o el pago sin contacto, también significa que cualquier individuo con un lector RFID podría recoger información delicada sin la necesidad de hacer contacto físico con la tarjeta. Esta metodología se denomina "skimming" o escaneo encubierto. Es suficiente con un aparato pequeño y portátil para que un criminal consiga la información sin que el propietario de la tarjeta lo detecte.

Otro inconveniente común es la clonación. Si la tarjeta no posee medidas de cifrado, se puede duplicar su contenido de manera sencilla mediante un lector RFID. Así, se puede producir una réplica funcional en tan solo unos segundos. Esto pone en riesgo grave la seguridad de los sistemas de acceso, puesto que los criminales podrían acceder a áreas limitadas o incluso efectuar operaciones simulando la identidad del dueño legítimo.

Además, si la tarjeta no está adecuadamente resguardada, el intercambio de información entre ella y el lector puede ser interceptado. Con los dispositivos apropiados, un intruso podría capturar y descifrar los datos enviados, lo que le permitiría acceder a información privada o delicada sin que nadie se lo comunique.

Actualmente, existen múltiples métodos bastante asequibles y eficaces para incrementar la seguridad de las tarjetas RFID y, por ende, salvaguardar de manera más efectiva los sistemas de acceso donde se utilizan. Uno de los métodos más populares es la utilización de fundas o carteras que impiden las señales RFID. Estos complementos se fabrican con materiales que impiden la emisión o recepción de señales cuando se guarda, lo que previene que alguien con un lector pueda escanearla

sin autorización. No son costosos y son muy beneficiosos para aquellos que desean evitar peligros como el escaneo no autorizado o la clonación.

No obstante, no todo se basa en el usuario individual. Las compañías y entidades también tienen la capacidad de realizar grandes esfuerzos para fortalecer sus sistemas de control. Por ejemplo, se podrían implementar regulaciones más rigurosas para regular quién ingresa a qué áreas, cómo instalar cámaras de vigilancia, emplear sistemas de doble comprobación (como tarjeta + PIN o huella digital), o mantener un seguimiento de las entradas y salidas. Este tipo de supervisión no solo incrementa la seguridad, sino que también facilita la identificación de posibles anomalías con más sencillez.

Además, es crucial no quedarse atrás. Tanto individuos como entidades deberían estar informados sobre las nuevas amenazas vinculadas a esta tecnología. Conforme los métodos de ataque progresan, resulta crucial ajustarse y actuar de manera preventiva. En este contexto, estar al tanto es un componente crucial de estar resguardado.

Finalmente, para aquellos que desean un grado de seguridad más sofisticado, existe la alternativa de emplear tarjetas RFID codificadas. Estas tarjetas operan con sistemas de cifrado que resguardan la información durante la transmisión entre la tarjeta y el lector. Esto complica enormemente a un atacante interceptar o descifrar la información, proporcionando un nivel adicional de seguridad al sistema.

6.4 Tecnología de cifrado de tarjetas RFID

Es cada vez más crucial salvaguardar la información contenida en las tarjetas RFID, y una manera eficaz de hacerlo es a través del uso de cifrado. Este sistema garantiza que los datos guardados en la tarjeta no sean visibles para cualquiera: únicamente alguien con la "clave" adecuada puede tener acceso a dicha información. Esto es particularmente beneficioso en tarjetas de 13.56 MHz, que son habituales en sistemas de acceso y otros usos delicados.

Existen diversos métodos de cifrados empleados en estas tarjetas, cada uno con sus pros y contras:

- AES, por ejemplo, es uno de los métodos más seguros y modernos. Usa la misma clave para codificar y decodificar los datos, y es ampliamente utilizado por su fiabilidad.
- DES, en cambio, fue muy popular hace unos años, pero hoy se considera anticuado y poco seguro frente a las amenazas actuales.

- 3DES vino a mejorar al DES, aplicando el proceso tres veces y usando varias claves. Aunque es más seguro, también ha ido perdiendo protagonismo frente a opciones más avanzadas.
- PKI funciona de forma distinta: usa una clave pública para cifrar y una clave privada para descifrar. Se ve más en áreas como correos electrónicos o transacciones online, pero también puede aplicarse al mundo RFID.

En términos prácticos, el cifrado consiste en codificar la información antes de que se extraiga de la tarjeta. Al recibirlos, el lector requiere una clave para comprenderlos. Por lo tanto, si alguien trata de interceptar esa información en su trayecto, no podrá utilizarla debido a que carece de la clave para descifrarla.

Añadir cifrado es similar a otorgarle un seguro adicional a la información. Si una tarjeta gestiona el acceso a un área delicada o alberga información personal, es crucial garantizar que únicamente las personas autorizadas tengan acceso. Además, numerosas compañías están sujetas a la ley para salvaguardar determinada información, y el uso de este tipo de tecnología puede asistirles en el cumplimiento de dichas regulaciones, como la conocida PCI DSS con relación a los sistemas de pago.

En conclusión, el uso de tarjetas RFID cifradas no solo fortalece la seguridad, sino que también brinda protección ante riesgos y responsabilidades legales. En un contexto donde los ataques tecnológicos se vuelven cada vez más sofisticados, disponer de este tipo de resguardo no es un lujo: es una exigencia (Ashdown, 2023).

7 RFID casos de éxito

Esta tecnología que nació en Estados Unidos donde ha logrado implementarse aproximadamente en más del 90% de empresas, no tuvo el mismo impacto en Europa desde un inicio, sin embargo, durante estos últimos años ha logrado tener más presencia. España no ha sido la excepción debido a que hasta hace unos años solo estaba presente en Inditex.

La bajada de precio y disminución de puntos débiles que tenía esta herramienta es una de las principales causas por las cuales el empresario español ha empezado a dejar atrás los métodos tradicionales de conteo, sustituyéndolo por la implantación de esta tecnología que ahorra costes y tiempo tanto a medio como largo plazo (PayMark Fast, s. f.).

7.1 En España el caso de éxito de Inditex

Según Raúl Masa (2023) Inditex, la multinacional de origen gallego encargada de marcas como Zara, Pull&Bear, Bershka o Massimo Dutti, ha evidenciado durante años que la innovación no solo representa una ventaja competitiva, sino también una exigencia estratégica. Pese a su constante habilidad para ajustarse al mercado, a mediados de la década pasada se halló ante un dilema crucial: continuar su crecimiento sin sacrificar la eficiencia, potenciar la experiencia del cliente y conseguir una verdadera integración entre el mundo tangible y el digital.

El patrón de "moda rápida" que impulsó a Inditex al triunfo también implicó una logística complicada y una administración de inventarios cada vez más rigurosa. Preservar la agilidad sin incrementar los costos se transformó en una prioridad, especialmente en un contexto donde las ventas en línea comenzaron a rivalizar seriamente con las tiendas físicas. También empezaba a ser patente la ausencia de un vínculo fluido entre ambos canales. El cliente ya no diferenciaba entre lo online y lo offline: su objetivo era adquirir, recuperar o recoger donde y cuando le fuera más conveniente.

7.1.1 El gran paso: RFID como solución clave

En ese escenario, Inditex optó por poner un fuerte énfasis en una tecnología que, en ese momento, pocos profesionales del sector se atrevían a poner en práctica a gran escala: el RFID (identificación por radiofrecuencia). El sistema, que proporciona información precisa sobre la cantidad de unidades de cada prenda y su localización en tiempo real, se ha vuelto un instrumento crucial para solucionar la variación de inventario

que impactaba a gran parte del sector, un desequilibrio que podía variar entre el 20% y el 35% entre tienda y almacén.

Cuando en 2014 comenzaron a implementar el RFID, el precio de los dispositivos y etiquetas no era económico. No obstante, diez años después, los hallazgos han corroborado que fue una de las decisiones estratégicas más acertadas que la empresa ha tomado. El propio progreso tecnológico ha reducido los costos de estos sistemas y su eficacia ha incrementado su valor. Hoy en día, el RFID no solo es común en todos los establecimientos del grupo, sino que se ha establecido como un estándar en la logística textil.

Es así como la repercusión del RFID en la vida cotidiana de Inditex ha sido inmensa. Esta tecnología ha permitido a la empresa incrementar su velocidad, exactitud y dominio. Las tiendas tienen la capacidad de sustituir con rapidez, detectar qué falta en tiempo real y brindar un servicio más eficiente. Las ventajas son evidentes: un manejo más eficiente del inventario, una administración de stock mucho más confiable, mayor seguridad, mayor rapidez en la recepción de productos y una experiencia de adquisición más sencilla.

El éxito fue tal que el grupo ha continuado invirtiendo en esta trayectoria. De acuerdo con información de Bloomberg, la inversión de Inditex en tecnología y logística ha experimentado un incremento del 14% anual, llegando ya a superar los 1.600 millones de euros. Solo para 2024, la empresa invirtió más de 1.800 millones en fortalecer su infraestructura digital, perfeccionar sus establecimientos y robustecer sus sistemas de logística.

La implementación del RFID no fue simplemente una respuesta momentánea, sino un componente de una visión más extensa: edificar una experiencia omni-canal auténtica. Hoy en día, los consumidores tienen la posibilidad de realizar compras en línea, recoger en establecimiento, devolver en cualquier lugar de la red, o interactuar con la marca sin contratiempos. Las tiendas físicas se han convertido en nodos logísticos interconectados, facilitando a Inditex el movimiento eficaz de stock y una respuesta más ágil a la demanda.

Esta seguridad se manifiesta en los números: en 2023, Inditex aumentó sus ganancias un 10,4%, llegando a los 35.900 millones de euros. Las ventas en tiendas aumentaron un 8%, en cambio, las ventas en línea aumentaron un 16%. Todo esto, con el fin de controlar los gastos operativos y optimizar los márgenes, se debe en parte a una logística más eficaz y una administración de inventario más eficiente.

Actualmente, bajo la dirección de Marta Ortega, el grupo sigue fortaleciendo su compromiso con la innovación. La meta es evidente: continuar empleando la tecnología como impulsor de crecimiento, y el RFID continúa siendo el núcleo de esta estrategia. Como enfatiza el reporte de Bloomberg, el objetivo no se limita a perfeccionar procesos, sino a producir un mayor impacto en efectivo. Y el RFID, que inicialmente fue una solución logística, se ha transformado en un instrumento esencial para incrementar la rentabilidad de cada metro cuadrado de comercio.

La trayectoria de Inditex ha sido tan próspera que ha funcionado como modelo para otras empresas de la industria. Actualmente, el RFID se encuentra cada vez más incorporado en la logística de la moda, no solo por su exactitud, sino también porque se ha comprobado que ayuda a disminuir gastos, prevenir pérdidas de stock, potenciar el servicio al cliente y perfeccionar el flujo de producto en almacenes y sitios de venta.

Compañías de tecnología como MyRuns o proyectos como los promovidos por el 5G de Telefónica han intensificado aún más esta tendencia, incorporando nuevas capas de conectividad e inteligencia a los sistemas ya establecidos.

En definitiva, Inditex logró identificar el problema antes de que se transformara en una crisis e hizo elecciones audaces cuando muchos aún tenían incertidumbre. Hoy, diez años después, el RFID no solo ha perfeccionado su funcionamiento: ha cambiado radicalmente la manera en que comercializa administra e interactúa con sus clientes. En lugar de ser una tendencia efímera, el RFID se ha establecido como un elemento esencial en la estructura de Inditex. Lo que comenzó como un proyecto arriesgado, hoy es uno de los factores determinantes del triunfo constante del grupo en un mercado tan riguroso como el de la moda a nivel mundial. (Masa, 2023)

Ilustración 25: RFID en industria textil



Fuente: (Arilla, 2021)

8 Conclusiones

La tecnología RFID es una de las herramientas tecnológicas más completas en cuanto a identificación y rastreo se refiere. A lo largo del trabajo he visto cómo esta tecnología permite leer etiquetas sin necesidad de contacto visual ni físico, lo que agiliza bastante los procesos y reduce el margen de error. También me ha sorprendido lo útil que resulta cuando se necesita controlar grandes volúmenes de productos o hacer seguimientos en tiempo real.

Aunque existen otras tecnologías como el código de barras, las smart cards o incluso el reconocimiento biométrico, en la mayoría de los casos el RFID ofrece ventajas más claras, sobre todo cuando hablamos de eficiencia y automatización. Eso sí, no siempre es la más barata ni la más sencilla de implementar, por lo que también depende mucho del presupuesto y del tipo de uso que se le quiera dar.

Una de las cosas que más destaco del RFID es que se puede aplicar en muchísimos sectores. No solo en logística o almacenes, también en salud, seguridad, comercio o incluso bibliotecas. Es una tecnología muy versátil y con bastante recorrido todavía. Además, hay distintos tipos de etiquetas y lectores, lo cual permite adaptarlo según la necesidad de cada empresa o entorno. No es una solución única para todo, sino que se puede ajustar bastante bien.

Un ejemplo real que demuestra el impacto de esta tecnología es el caso de Inditex. Me ha parecido muy interesante cómo la empresa apostó por el RFID desde hace varios años y lo ha integrado de forma completa en sus tiendas y almacenes. Esto les ha permitido tener un control total del inventario, reducir errores y ofrecer una mejor experiencia de compra. En mi opinión, es una muestra clara de cómo, si se aplica bien, esta tecnología puede marcar una gran diferencia.

Por otro lado, es importante tener en cuenta ciertos retos. A pesar de todas las ventajas, todavía hay aspectos como la privacidad, la seguridad de los datos o los costes iniciales que pueden frenar su adopción en algunos casos. Sin embargo, con el avance de la tecnología y el desarrollo de nuevas soluciones, es probable que estos problemas se reduzcan con el tiempo.

En resumen, después de analizar todo el contenido y los casos de uso, creo que el RFID no solo es una tecnología útil hoy, sino que va a seguir ganando protagonismo en los próximos años. Tiene potencial para integrarse con otras herramientas como el IoT, y eso abrirá todavía más posibilidades. Me parece una apuesta muy interesante

para cualquier empresa que busque mejorar su eficiencia y adaptarse a un entorno cada vez más automatizado.

9 Bibliografía

- Arilla, S. (2021, mayo 13). 5 beneficios de implantar tecnología RFID en tu almacén. *SCM Logística Barcelona*. <https://acortar.link/pl8Bj1>
- Ashdown, C. (2023, junio 30). *Riesgos de seguridad asociados a las tarjetas RFID: Cómo evitar brechas en los sistemas de control de acceso*. <https://acortar.link/pEGG>
- Batrucu, R. (s. f.). *¿Qué es el rastreo RFID y cómo funciona?* Recuperado 26 de noviembre de 2024, de <https://acortar.link/kGBba1>
- C10 TV. (2017, octubre 4). El papel de la tecnología RFID en la fábrica inteligente. *Clase10*. <https://acortar.link/uCVv3s>
- C10 TV. (2019, abril 29). Proceso del sector textil con uso de RFID. *Clase10*. <https://acortar.link/znR5wl>
- Cámara de Comercio de Valencia. (s. f.). Blockchain: Qué es y para qué sirve. *Tecnología para los negocios*. Recuperado 9 de julio de 2025, de <https://acortar.link/Ng6oW7>
- Checkpoint. (2024, mayo 2). *Uso de RFID para la gestión de inventarios: Análisis de pros y contras*. Checkpoint Systems España. <https://acortar.link/5vAoZg>
- Cubero, V. (2024, diciembre 23). *Tecnología RFID para la gestión del ganado*. Plataforma Tierra. <https://acortar.link/3jyCvM>
- Fernández-Aller, C. (2009). La tecnología RFID y sus implicaciones jurídicas. *Datospersonales.org*, 38, 1.
- FNMT. (2024, marzo 26). *Fundamentos de RFID*. <https://acortar.link/bmW2lb>
- FNMT. (2025). *Pasaporte electrónico*. <https://acortar.link/2Tpb4J>
- Frazato, B. (2023, agosto 11). *IoT y RFID: Transformando la Conciliación de Activos*. - *CPCON 2025*. <https://acortar.link/lePg0N>
- Gascón, M. (2024, agosto 29). La nueva normativa europea para la banda UHF RFID y sus implicaciones. *TAGTIO*. <https://acortar.link/5aoBJX>
- Guzmán, J. (2024, abril 26). *5 ventajas de RFID para inventarios*. CPCON. <https://acortar.link/qmEC9G>
- Herrera Lozada, J. C., Pérez Romer, P., & Marciano Melchor, M. (2009). Tecnología RFID aplicada al control de accesos. *Polibits*, 40. <https://acortar.link/2D3FKG>
- Huidobro Moya, J. M. (2010). La tecnología RFID. *Manual formativo de ACTA*, 58, 37-46.

- INESDI. (2024, octubre 18). *Industria 4.0: Definición y diferencias con la industria tradicional*. Inesdi Business Techschool. <https://acortar.link/NjxD7>
- Játiva Gutiérrez, C. L. (2016). *Estudio de la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), sus aplicaciones y la convergencia con el internet de las cosas (IoT)* [Trabajo de Titulación de Ingeniero en Telecomunicaciones]. <https://acortar.link/WXD3TR>
- Khattab, A., Jeddi, Z., Amini, E., & Bayoumi, M. (2017). *RFID Security*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47545-5>
- KingTop. (2023). *Lector RFID Ganadería: Revolucionando la gestión ganadera*. <https://goo.su/TQmoaox>
- Masa, R. (2023, junio 13). Inditex invierte 1.600M en tecnología de rastreo para tener toda su ropa localizada siempre. *Economía Digital*. <https://goo.su/b87U0>
- MCZN-RFID. (2023, agosto 16). *Historia del desarrollo de la tecnología RFID*. <https://goo.su/WZKcOE>
- Melero, I. (2023, octubre 24). *¿Qué es RFID y cómo funciona? Todo lo que necesitas saber*. ADNID. <https://goo.su/qKatWUD>
- Mora García, L. A. (2024). *Industria y Logística 4.0*. Ediciones de la U.
- MSD. (2023). *¿Qué es lo que debes saber de la nueva normativa sobre identificación electrónica en bovino? Nueva normativa identificación bovino*. <https://goo.su/JenqGp>
- Navarra.com. (2022, enero 7). *Navarra testea un nuevo proyecto de acceso biométrico por reconocimiento facial*. Navarra.com. <https://acortar.link/O5q3iw>
- Net Logistik. (2022). *Picking por voz*. <https://acortar.link/bJqPm2>
- Noega Systems. (2016, noviembre 17). *Logística y cadena de suministro*. <https://acortar.link/1kGr86>
- Palacios, A. L. (2023, junio 30). *5 razones por las que la tecnología RFID es imprescindible en la gestión de inventario*. Logiscenter España. <https://acortar.link/Nblsbb>
- Pardell, X. (2025, febrero 6). *La Tecnología RFID en el sector hospitalario: Innovación y Eficiencia*. Hospitecnia. <https://acortar.link/pmunqz>
- PayMark Fast. (s. f.). *El RFID en España: Progresos y éxitos*. Recuperado 10 de febrero de 2025, de <https://n9.cl/3q4cn4>
- PowerData. (s. f.). *Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad*. Recuperado 10 de marzo de 2025, de <https://acortar.link/SgKDz>

- Practics Business Solutions. (2021, diciembre 7). Picking de voz comparado con el picking por radiofrecuencia, ¿quién es el ganador? *Practics*. <https://acortar.link/nQszMZ>
- Real Decreto 725/2003, de 13 de junio, por el que se desarrollan determinados aspectos del artículo 100 de la Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento, B.O.E. núm. 152, de 26 de junio de 2003 (2003). Ministerio de Sanidad y Consumo. <https://acortar.link/AePSP2>
- Real Decreto 787/2023, de 17 de octubre, por el que se dictan disposiciones para regular el sistema de trazabilidad, identificación y registro de determinadas especies de animales terrestres en cautividad, BOE núm. 263, de 3 de noviembre de 2023 (2023). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación <https://acortar.link/D1IIHF>
- Recfaces. (2021, enero 28). Tecnología RFID vs. Biometría. *Recfaces Blog*. <https://acortar.link/jcO4YW>
- RedacciónT21. (2009, septiembre 28). Crean un bastón que guía a los ciegos con ultrasonidos y tecnología RFID. *Tendencias*. <https://acortar.link/8TStWd>
- Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria, Diario Oficial de las Comunidades Europeas (2002). Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. <https://n9.cl/bmksr>
- Riquelme, M. (2018, diciembre 3). Ventajas de la tecnología RFID en la cadena de suministros. *MeetLogistics-Información & Tecnología*. <https://acortar.link/Xjjhap>
- Roger. (2023, febrero 13). ¿Una guía sobre la tecnología de tarjetas inteligentes y cómo funciona? *WXR RFID*. <https://acortar.link/5H5wXL>
- Sobrino, C. (2024, agosto 6). *Trazabilidad de productos: Qué es, tipos y cómo automatizarla*. CAPTIA. <https://acortar.link/He3Tor>
- SPnet. (2019, marzo 25). ¿Qué es el Internet de las Cosas? Definición, significado y funcionamiento. *SoftwarePara.net*. <https://acortar.link/R4R0Kc>
- Suárez Moya, P. (s. f.). ¿Qué es el RFID?. ¿Cuáles son sus componentes? *Control de Activos Fijos*. Recuperado 24 de noviembre de 2024, de <https://acortar.link/DPBN7M>
- Tiigimägi, S. (2021, octubre 12). Código de barras vs. Código QR: ¿Qué es mejor para su negocio? *Pageoot*. <https://n9.cl/541ge>

- Timix. (2024, marzo 20). *¿Qué es RFID o Identificación de Radio Frecuencia?* <https://n9.cl/ii38q>
- UPGJET. (s. f.). *Historia del desarrollo y tendencias futuras de desarrollo de RFID*. Recuperado 26 de noviembre de 2024, de <https://n9.cl/kx7a1>
- Velasco, R. (2017, febrero 14). *5 aplicaciones OCR para pasar documentos escaneados a texto*. SoftZone. <https://n9.cl/u90tc>
- Viaonda. (2024, mayo 21). RFID en los peajes—Flujo libre. *Viaonda Blog*. <https://n9.cl/209ri>
- Viaonda. (2025, abril 9). RFID en el cronometraje deportivo. *Viaonda Blog*. <https://n9.cl/08103x>
- Xinyeton. (2024, marzo 7). Diferencia entre una tarjeta IC y una tarjeta RFID. *Xinyeton Blog*. <https://n9.cl/t8av6>
- Zorilla, M. (2015). Los sistemas rfid aplicados a la aviación. *Ciencia y poder aéreo*, 11(1), 170-176.