



ESTUDIO Y CONSEJOS DE SOLUCIONES PARA LA GESTIÓN LOGÍSTICA

**Comisión de Logística
GT Tecnologías de la Información y la Comunicación Logísticas
Enginyers Industrials de Catalunya. Col·legi/Associació**

Junio 2025

Redacción:

Los miembros del Grupo de Trabajo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Comisión de Logística de los Ingenieros Industriales de Cataluña:

- **Michael Loughlin**, socio director de MAP Consulting & Technology y presidente del GT de Tecnologías de la Información y la Comunicación
- **Gonzalo Fernández**, director de soluciones de TI para la logística en TECSIDEL ITS y miembro del GT de Tecnologías de la Información y la Comunicación
- **Carlos Fernández**, director de Netlogistik y miembro del GT de Tecnologías de la Información y la Comunicación
- **Joan Josep Vallvé**, presidente de la Comisión de Logística

Primera edición: junio 2025

EDITA

Col·legi/Associació
Enginyers Industrials de Catalunya
Vía Laietana, 39
08003 Barcelona
93 319 23 00
www.eic.cat



Contenido

1.	Introducción.....	4
1.1.	La logística o cadena de suministro.....	4
1.2.	La transformación digital.....	4
2.	Logística de ejecución.....	7
2.1	Transporte.....	7
2.1.1	Transporte troncal	10
2.1.2	Distribución capilar	10
2.1.3	Logística inversa.....	11
2.1.4	Visibilidad de los envíos	13
2.2	Almacenamiento.....	15
2.2.1.	Solución de gestión del almacén	18
2.2.2.	Solución de gestión de patios y muelles	19
2.2.3.	Picking preparación de pedidos.....	19
2.2.4.	Módulo de ERP o solución de WMS	21
2.2.5.	<i>WCS – Warehouse Control System</i>	21
2.2.6.	Irrupción del IA en el almacén.....	22
3.	Planificación.....	24
3.1	Previsión de ventas.....	25
3.2	Planificación del reaprovisionamiento	27
3.3	Planificación de la producción y aprovisionamiento de materiales	29
4.	Monitorización y control estratégico.....	31
4.1	Inteligencia de mercado	31
4.2	Coordinación estratégica S&OP - IBP	31
4.3	Torre de control	32
4.4	Simulaciones	34
5.	Buenas prácticas.....	36
5.1	Gestión de proyectos	36
5.2	<i>Outcome vs. Output</i>	37
5.3	Procesos de selección de sistemas.....	38
5.3.1.	Definición de los requisitos.....	38
5.3.2.	<i>RFI – Request for Information</i>	39

5.3.3. RFP – <i>Request for Proposal</i>	40
5.3.4. RFQ – <i>Request for Quotation</i>	41
5.3.5. Evaluación y selección de la solución	42
5.4 Gestión del cambio.....	43
5.5 Sistemas en propiedad o SaaS.....	44
6. PYMES y Cataluña	46
6.1 Sugerencias para PYMES	47
7. Glosario.....	48

1. Introducción

La gestión de la cadena de suministro se ha convertido en una prioridad estratégica en el entorno empresarial actual. Considerada como competencia clave, permite a las empresas ser más ágiles, eficientes y centradas en su cliente. Las razones de esta evolución incluyen el aumento de la competitividad global, cambios en el comportamiento del consumidor y la preocupación por la sostenibilidad.

La transformación digital ha revolucionado la cadena de suministro, introduciendo elementos tecnológicos que mejoran la eficiencia, visibilidad y capacidad de respuesta.

Desde el Grupo de Trabajo de Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) de la Comisión de Logística de Enginyers Industrials de Catalunya se han valorado estos hechos, que son los motivos para elaborar este estudio.

El documento no pretende ser un simple inventario de soluciones ni lista de proveedores, sino un análisis de las barreras e impulsores asociados a la transformación digital en las aplicaciones logísticas. Esta transformación presenta oportunidades significativas en el sector, pero también implica desafíos a superar. La clasificación aquí presentada se concibe como herramienta práctica de ayuda para profesionales y empresas que buscan no sólo optimizar su cadena de suministro, sino también adaptarse a los avances tecnológicos, superar las resistencias al cambio y alcanzar una mayor eficiencia y sostenibilidad en sus operaciones logísticas.

1.1. La logística o cadena de suministro

La cadena de suministro es el conjunto de actividades, procesos y agentes implicados en la planificación, producción y distribución de bienes y servicios, desde el origen de las materias primas hasta el consumidor final.

En la imagen podemos ver ambos flujos representativos, el de los materiales y el de la información.

Por un lado, el flujo de materiales incluye el movimiento físico de materias primas, componentes y productos terminados a través de diferentes fases: proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes. Este flujo suele ser unidireccional, avanzando desde su origen hasta su

destino final; pero en entornos como el comercio electrónico, donde las devoluciones pueden llegar a representar entre un 20% y un 30% del total, es necesario tener en cuenta también un flujo inverso significativo, que incrementa la complejidad logística.

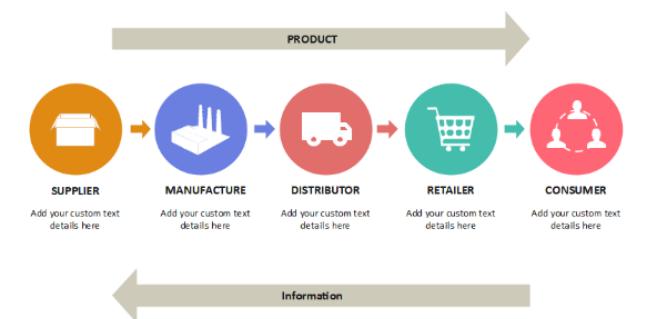


Figura 1: Ejemplo de cadena de suministro.

Por otro, el flujo de información complementa el de materiales e incluye el intercambio de datos necesarios para coordinar y optimizar las actividades de la cadena. Es bidireccional, puesto que los datos fluyen tanto desde los clientes (pedidos, previsiones, *feedback*) como desde los proveedores y fabricantes (inventarios, estados de envío).

Ambos flujos están interconectados y son esenciales para garantizar la eficiencia, trazabilidad y respuesta ágil a los cambios en la demanda o las condiciones del mercado. Esto hoy en día se ha complicado con la multicanalidad pedida por los clientes, y por tanto los desarrollos tecnológicos son más necesarios que nunca.

1.2. La transformación digital

La transformación digital ha revolucionado la logística y la cadena de suministro, introduciendo elementos tecnológicos que mejoran la eficiencia, visibilidad y capacidad de respuesta.

Los términos digitación, digitalización de procesos y transformación digital a menudo se utilizan de forma indistinta, a pesar de representar conceptos diferentes tanto en alcance como en impacto y objetivos. Para

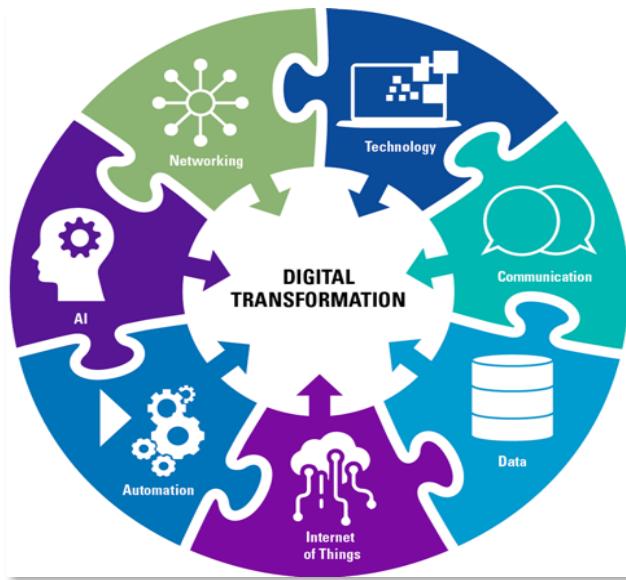


Figura 2: La transformación digital.

comprender las diferencias, es necesario analizar cómo cada uno de estos procesos afecta a la organización y hasta qué punto la tecnología redefine la manera de trabajar.

La digitación (también se usa como digitalización) es el primer paso en la evolución digital de una empresa. Consiste en la conversión de información analógica en digital, lo que permite un acceso más ágil y estructurado a los datos. Un ejemplo típico es la transformación de documentos en papel a archivos electrónicos o el uso de sensores para capturar datos en tiempo real. En este estadio, la tecnología actúa principalmente como herramienta de soporte para facilitar la gestión de la información, pero no implica necesariamente cambios en los procesos ni en la forma en que la empresa opera.

Cuando la tecnología se integra dentro de los procesos productivos u operativos para mejorar su eficiencia y optimizar su funcionamiento, se entra en el ámbito de la digitalización de procesos. Aquí, el objetivo no es sólo capturar información en formato digital sino aprovechar las capacidades digitales para automatizar tareas, reducir errores humanos y mejorar el rendimiento global. Este enfoque puede incluir la implantación de sistemas de gestión empresarial (ERP), la monitorización remota de maquinaria mediante internet de las cosas (IoT) o la implementación de software de gestión documental para agilizar flujos de trabajo. El impacto de esta fase ya no se limita a la disponibilidad de datos, sino que afecta directamente a la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta de la organización.

Finalmente, la transformación digital representa un cambio estratégico profundo en la organización, impulsado por la tecnología. No se trata sólo de introducir herramientas digitales para mejorar procesos existentes, sino de redefinir completamente la forma de hacer negocios. La transformación digital implica a menudo nuevos modelos operativos, reestructuración de equipos y cambios en la cultura corporativa para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías. Empresas que adopten este enfoque pueden pasar de vender productos a ofrecer servicios basados en datos, automatizar cadenas de suministro enteras o implementar inteligencia artificial para tomar decisiones en tiempo real. El objetivo ya no es sólo la eficiencia, sino la creación de una ventaja competitiva sostenible mediante la innovación tecnológica.

Por tanto, mientras que la digitación es un primer paso esencial para convertir la información en datos accesibles, la digitalización de procesos busca optimizar la eficiencia y la productividad mediante la tecnología. La transformación digital, en cambio, es un cambio de paradigma que redefine el funcionamiento de la empresa y su propuesta de valor. Entender estas diferencias es clave para cualquier organización que desee aprovechar al máximo el potencial de la tecnología y asegurarse de que su estrategia digital se alinea con sus objetivos empresariales.

A continuación se describen las principales palancas asociadas a la transformación digital:

Tecnología (palanca)	Descripción
Internet de las cosas (IoT) e Internet Industrial de las cosas (IIoT)	Sensores y dispositivos conectados: permiten el seguimiento en tiempo real de productos, vehículos e inventarios. Monitorización remota: mide condiciones como la temperatura y la humedad, esencial para productos sensibles. Ejemplos: dispositivos de seguimiento GPS y etiquetas RFID.
Inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático	Predicción de demanda: optimiza la producción y los inventarios. Automatización de procesos: mejora la toma de decisiones, como la ruta más eficiente o la asignación de recursos. Chatbots: para la atención al cliente y la gestión de pedidos.
Robótica y automatización	Robots en almacenes: aceleración de tareas como el picking y el embalaje (ej. robots de Hay Robotics o Geek+).

Tecnología (palanca)	Descripción
	Vehículos autónomos: para el transporte de mercancías en almacenes y carretera. Robots industriales y colaborativos: para labores de clasificación y paletización.
Big Data y analítica avanzada	Gestión basada en datos: análisis de grandes volúmenes de información para mejorar operaciones y predecir tendencias. Indicadores clave de rendimiento (KPIs): para identificar ineficiencias y tomar decisiones estratégicas.
Blockchain	Trazabilidad y transparencia: permite seguir el recorrido de un producto desde su proveedor hasta el consumidor final. Seguridad: reduce fraudes y errores en la documentación y garantiza la integridad de los datos.
Plataformas Cloud y SaaS	Colaboración en tiempo real: las partes implicadas pueden compartir información instantáneamente. Escalabilidad: permite adaptarse a la demanda con infraestructuras flexibles. Gestión centralizada: mejora la accesibilidad y agilidad en la gestión de datos. SaaS: Software as a service.
Impresión 3D	Producción bajo demanda: reduce la necesidad de inventarios masivos. Fabricación personalizada: acelera la producción de componentes específicos.
Drones	Entrega última milla: optimiza entregas rápidas y en zonas remotas. Inspección y seguimiento: para almacenes grandes y zonas de operación.
Realidad aumentada (AR) y	AR para picking: guías visuales en almacenes para acelerar tareas.

Tecnología (palanca)	Descripción
realidad virtual (VR)	Formación virtual: Entrenamiento para personal sin interrupciones en operaciones reales.

Estos elementos tecnológicos integrados reducen costes, mejoran la sostenibilidad y aumentan la capacidad de adaptación frente a un entorno cambiante y competitivo. Su eficiente implementación es clave para mantener la competitividad en el sector logístico y de la cadena de suministro.

Este documento propone una explicación de diversas herramientas tecnológicas que añaden valor a los principales procesos de las empresas:

- La logística de ejecución, incluido el transporte y el almacenaje
- La planificación de la previsión de venta, la distribución y producción de los productos
- Una visibilidad definida en diversos ámbitos como son los procesos colaborativos empresariales de ayuda en la toma de decisiones, la inteligencia de mercado y simulaciones de procesos
- Como profesionales, deben ponerse algunas buenas prácticas en procesos habituales que se encuentran en el día a día, como por ejemplo la selección de soluciones, gestión del cambio, etc.

2. Logística de ejecución

La logística está en un momento de crecimiento y transformación a causa de las disruptivas tecnológicas y los factores globales. Como motor económico ha tenido un antes y un después con el efecto Amazon, principal representante del comercio online. Este hecho ha obligado a acelerar los tiempos de entrega, optimizar la gestión de inventarios y desarrollar redes de distribución más flexibles y rápidas. También ha impulsado la inversión en automatización, almacenes inteligentes y última milla, elevando la presión sobre operadores tradicionales por ser más eficientes y competitivos. Agentes como Correos, DHL o Seur, como principales operadores, son claros ejemplos de esta transformación, pero hay muchos más en todas y cada una de las industrias existentes en la cadena de suministro.

Empecemos por dar una breve definición de lo que entendemos por logística de ejecución: es el proceso de planificación, ejecución y control del flujo eficiente y efectivo de bienes, servicios e información, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. Incluye actividades como transporte, almacenamiento, gestión de inventarios, embalaje, manipulaciones, distribución y coordinación de la cadena de suministro.

El ser de las empresas siempre será satisfacer las necesidades de sus clientes mejorando sus cuentas de resultados, en lo que la logística es clave en todos los sectores, ya que optimiza costes (aumentando márgenes) y tiempo de entrega (fideliza clientes y sustenta el crecimiento de las ventas).

2.1 Transporte

La gestión del transporte enfrenta varios desafíos que pueden afectar a la eficiencia y rentabilidad de las operaciones logísticas. Esto es un efecto global y, por tanto, afecta igualmente al tejido empresarial catalán, español y europeo. Algunos de los principales problemas que deben enfrentarse, por citar algunos, son:

- Altos costes operativos y, por tanto, su control: el combustible, los sueldos y dietas de los conductores, la amortización y financiación de los vehículos y los seguros, como principales, representan gastos significativos que pueden afectar a la rentabilidad.

- Gestión ineficiente de rutas: una mala planificación de rutas puede generar retrasos, mayor consumo de combustible y costes innecesarios.
- Falta de visibilidad y control: la ausencia de herramientas de monitorización en tiempo real dificulta el seguimiento de los vehículos y la optimización de los recursos.
- Falta de recursos o conductores cualificados: la escasez de flota en algunas regiones, chóferes con falta de entrenamiento y las condiciones de trabajo de los conductores, especialmente de larga distancia pueden impactar en la capacidad productiva de las empresas y la calidad del servicio.
- Falta de inversiones en tecnología e innovación: empresas que no adoptan soluciones como GPS, inteligencia artificial o software de gestión pueden tener dificultades para competir eficientemente. La misma estructura del sector del transporte, con porcentajes de autónomos entre 56% vehículos pesados y 74% ligeros, es un reto en sí mismo. Coordinación y colaboración en la cadena de suministro, ya que una mala sincronización entre proveedores, operadores logísticos, transportistas y distribuidores puede generar mayor tiempo de espera en las operaciones, por ejemplo de carga o descarga, y aumentar costes.
- Cumplimiento de normativas: las regulaciones sobre emisiones, sobre horas de conducción y permisos varían según el país o región, lo que puede generar complicaciones legales y costes adicionales.
- Congestión del tráfico, que deteriora la movilidad, y pérdida de los niveles de servicios habituales: en ciudades y corredores logísticos clave, los accidentes y los atascos causan demoras en las entregas y afectan claramente a la productividad.
- Condiciones climáticas adversas: lluvias, nevadas y desastres naturales pueden también afectar a las rutas y retrasar las entregas.

Para mitigar en parte estos problemas, las empresas suelen implementar herramientas informáticas avanzadas que permiten mejorar la planificación operativa/previsional y optimizar la gestión de recursos, con foco en el servicio al cliente. Estos **sistemas de gestión del transporte o TMS**, de sus siglas en inglés *Transport Management Systems*, son los encargados de

proporcionar los fundamentos tecnológicos en la gestión tecnificada del transporte.

En el mercado, existen muchas marcas fabricantes o desarrolladores de productos de TMS, y en ocasiones es complicado saber cuál es la que más se ajusta a las necesidades de cada empresa. Esto aplica a cualquier ámbito o industria de la cadena de suministro. En el capítulo de "selección de proveedores" se hablará un poco más al respecto, pero habitualmente se utilizan informes de empresas tercera que, mediante la recolección de información variada, construyen cuadrantes donde se categoriza o segmenta las diferentes soluciones en función de por ejemplo: tipos de industria, cobertura de requisitos, lo mucho o poco que invierten, etc. A partir de este primer filtro se puede extraer un primer listado para empezar los procesos de compras técnicas. Como consejo antes de pensar en la solución, es necesario darle una vuelta a las necesidades reales que se tienen y lo que se quiere a corto-medio-largo plazo.

A veces hay empresas que quieren tenerlo "todo" cuando sólo necesitan "algunas cosas". A menudo se encuentran usuarios que preguntan por un TMS para gestionar los muelles de carga de sus almacenes (citas con los transportistas, gestión centralizada y localmente). Por supuesto varios TMS tienen esta funcionalidad, pero si sólo se requiere esto, existen soluciones específicas centradas en resolver este proceso sin necesidad de implementar todo un TMS. Si la opción hubiera sido, ahora los muelles y después todos los procesos de transporte, entonces sí aplicaría la opción acumulativa y escalable de un TMS.

Por tanto, un TMS ayuda a las empresas a planificar, ejecutar y optimizar sus operaciones logísticas. Como principales funciones se podrían describir:

- **Gestión de pedidos y cargas:** automatiza la asignación de pedidos a transportistas y vehículos. Estos pedidos pueden ser relativos a envíos de entradas de proveedores o salidas internas o a clientes. Un TMS gestiona el transporte de todo tipo de pedidos, incluso ADR, farma, granel, frigorífico, etc. Normalmente, estos pedidos se envían simultáneamente a los sistemas de gestión de almacén (WMS de sus siglas en inglés), para que ambas soluciones trabajen en paralelo fijándose en su foco, atendiendo a sus restricciones y finalmente orquestando los flujos de ejecución requeridos.
- **Planificación de rutas y optimización de costes:** una vez se tienen los pedidos categorizados en el sistema, se optimizarán las cargas o viajes para

reducir costes y tiempo de entrega. Las sinergias entre los pedidos y la red de suministro producirán los valores o ahorros perseguidos. Toma especial relevancia la complejidad de la red de suministro de cada usuario y el "cerebro" de cada solución para encontrar la "mejor" recomendación posible reduciendo gastos en combustible, utilización más acertada de las flotas, etc. Valga decir que este apartado con la irrupción de la IA está mostrando avances acelerados en el tratamiento y procesamiento de la información.

Del mismo modo, una parte importante son los datos maestros y operativos necesarios, prestando especial atención a las tarifas que deben mantenerse para extraer los costes más precisos. No sólo la tarifa base sino también aquellos extra costes planificados (p. ej. descarga del transportista, cargos por manipulación en crossdock, etc.) o no planificados (p. ej. penalizaciones por retrasos en la entrega, peaje no contemplado, etc.) derivados de la planificación y ejecución.

- **Seguimiento y monitorización en tiempo real:** permite rastrear vehículos y envíos mediante GPS. Para ello, la mayoría de los sistemas, además de la posibilidad de utilizar GPS en sus camiones, también incorporan otros sistemas de terceros para el rastreo de camiones de larga distancia o paquetería, barcos, etc. Son otros de los sistemas que deberían estar integrados desde el momento en una carga se planifica y asigna. Al respecto existe un apartado posterior.
- **Gestión documental y cumplimiento normativo:** Incluye facturación, solicitud de permisos y regulaciones de transporte con albaranes o CMR, etc.
- **Proveer de información financiera** tanto para los asientos contables como para la emisión de facturas a proveedores (A/P – Accounts Payable o cuentas a pagar) como clientes (A/R – Accounts Receivable o cuentas a cobrar). La facturación propiamente dicha, se realiza en los sistemas ERP con esta información dada por los TMS
- **Análisis e informes:** Genera informes sobre el cumplimiento, tiempo de entrega y eficiencia operativa. Tanto este punto como el anterior se englobaría dentro de la política estratégica de BI (*Business Intelligence*) o *Reporting*, pudiendo utilizar funcionalidades propias de cada solución o simplemente compartir o integrar la información en los BI corporativos donde consolidar toda la información recibida del resto del ecosistema. Al respecto existe un apartado posterior.



Figura 3. Ejemplo de plataforma ecosistema TMS.

Por tanto, ya modo de resumen, los beneficios de un TMS serían:

- una mayor eficiencia logística, con reducción y control de los costes,
- una mejor visibilidad y control sobre la flota y los envíos,
- una mayor satisfacción del cliente gracias a entregas más rápidas y precisas. El indicador OTIF, On Time In Full recogería la buena práctica del servicio en la distribución,
- el cumplimiento de normativas y reducción de errores operativos

Otro aspecto que se encuentra a menudo es comparar las soluciones TMS con los módulos transaccionales de un ERP. Aquí de nuevo lo importante es definir "qué se requiere". La diferencia entre ambos radica principalmente:

- **Nivel de especialización** Mientras que TMS es una herramienta especializada diseñada para planificar, ejecutar y optimizar el movimiento físico de mercancías, los módulos de transporte en un ERP suelen ser más generalistas y se enfocan a registrar transacciones relacionadas con el transporte, como órdenes de envío, facturación de transporte o asignación de transportistas, pero sin una lógica profunda de optimización y ejecución.
- **Flexibilidad y adaptabilidad**. TMS es mucho más configurable para adaptarse a operaciones logísticas complejas y personalizadas (por ejemplo, planificación de muelles o dock scheduling, planificación multimodal, crossdocking, etc.), mientras que el ERP tiende a tener flujos más rígidos punto a punto y menos adaptables a casuísticas logísticas avanzadas.

- **Integración.** TMS suele integrarse con todo el ecosistema, el ERP, WMS, sistemas de GPS, portales de transportistas, etc., mientras que el ERP suele ser más limitada o requiere desarrollos adicionales.

Los diferentes **modelos de negocio** de cada empresa se pueden diferenciar, como elemento de valor, en la gestión logística y, por tanto, el transporte. Se podría hablar mucho más sobre este tema, como comentar los tipos de modelos y cómo la logística podría ajustarse para satisfacer sus necesidades.

De la misma forma, dentro de una empresa podrían tener, la posibilidad de mezclar diferentes unidades de negocio y/o canales de distribución pudiendo, cada uno de ellos, disponer de cierta independencia a la hora de decidir cómo gestionar el transporte.

Tanto los distintos tipos de industria como sus principales funciones – proveedor, fabricante, distribuidor u operador logístico – podemos decidir implementar y operar este sistema TMS o ponerlo en manos de un tercero.

Por tanto, aplicaría la simulación o la estimación de palancas para realizar un *Business Case* y ver si la rentabilidad de la inversión es consistente dentro del rango esperado por la dirección.

Otra **segmentación** a tener en cuenta, son las necesidades en función de los distintos tipos o modos de transporte: carretera, marítimo, ferroviario, aéreo, multimodal. Y dentro de ellos, una definición más detallada del escalón de la cadena de suministro que se cubre, es decir:

- El **transporte troncal**, para satisfacer el nivel de stock en la red de suministro. Se podría incluir dentro de esta clasificación los Envíos directo a cliente por similitud del camión completo.

- **Distribución capilar** o de última milla.
- **Logística inversa** para devoluciones, obsoletos, etc.

El objetivo de estas soluciones TMS es combinar la complejidad como se ha mencionado y optimizar los diferentes modos para extraer rutas factibles al coste adecuado (en función de los condicionantes logísticos) manteniendo los niveles de servicio definidos por cada modelo de negocio. Evidentemente, siempre habrá modelos, en función del tipo de producto o del usuario al que nos dirigen, en el que el nivel de servicio será el leitmotiv por delante del coste del transporte. Como es habitual, esto depende.

2.1.1 Transporte troncal

El transporte troncal se refiere a la parte principal de una red de transporte que conecta los puntos clave dentro de una cadena logística, por lo general a través de rutas de alta capacidad de empleo y eficiencia. Este tipo de transporte se enfoca en mover grandes volúmenes de mercancías o pasajeros entre centros logísticos, ciudades o regiones, utilizando modos de transporte como:

- **Carretera:** camiones de gran capacidad en autopistas y corredores logísticos. En esta categoría se dispone de diferentes maneras a tener en cuenta y cuya adecuada gestión aportará valor monetario a las empresas. Son los FTL, LTL o PARCEL (Grupaje).
 - **FTL- Full Truck Load**, este modo es adecuado en operaciones de mucho volumen donde cada envío se hace a camión completo por ejemplo 33 palés o 66 remontados. La lógica de los algoritmos nos dará la mejor forma de llenar cada camión combinando no sólo las entregas/orden sino también las dimensiones/volumen propias de las familias de artículos transportados
 - **LTL- Less than Truck Load**. Cuando no se tiene volumen suficiente para llenar camiones se plantean soluciones intermedias donde la empresa de transporte recoge varios pedidos/envíos y los lleva a su centro de consolidación donde replanifica el transporte hacia los diferentes consignatarios buscando en esta eficiencia su negocio. En cuanto a TMS, se puede considerar esta casuística sin límite de transportistas o camiones. Paletería podría ser una acepción para utilizar aquí.
 - **PARCEL**. Cuando existen pequeños envíos (paquetería), los modos anteriores no valdrían desde un punto de vista de coste y espacio vacío. En estos casos, principalmente para el comercio electrónico, se hace necesario

gestionar y agrupar los pedidos, contactando con cada transportista e intercambiando información respecto a lo que se transportará (albarán) y suministrando las etiquetas del pedido a colocar en cada caja/envío. De esta forma, cuando la empresa de transporte llega para recoger los envíos, se dispone de la trazabilidad adecuada desde el primer minuto en que la responsabilidad cambia de manos en el muelle de carga.

- **Ferroviario:** Trenes de carga que conectan terminales portuarias, centros de distribución y mercados clave. Aquí se pueden tener configuraciones para contenedores y/o camiones subidos en el tren. Lo habitual el tren completo punto a punto.
- **Marítimo:** Barcos de carga que transportan grandes volúmenes entre puertos principales. Principalmente contenedores aunque también camiones
- **Aéreo:** Aviones de carga para el transporte rápido de mercancías en largas distancias.

El transporte troncal es clave en la logística moderna, ya que permite reducir tiempos de entrega y costes operativos, asegurando una distribución más eficiente de mercancías a nivel nacional e internacional.

2.1.2 Distribución capilar

El transporte de última milla es la etapa final en la cadena de distribución, donde los productos son transportados desde un centro de distribución o un punto de almacenamiento hasta el destino final, que suele ser el cliente o el comercio al por menor.

Como características relevantes del transporte de última milla existen:

- Corto alcance: generalmente dentro de una ciudad o área metropolitana
- Entrega rápida: se busca reducir los tiempos de entrega, a menudo en el mismo día o en pocas horas
- Alta frecuencia: existe un gran número de envíos en comparación con el transporte troncal
- Flexibilidad: se adapta a las condiciones del tráfico, preferencias del cliente y distintos tipos de mercancías.
- Uso de tecnología: se utilizan herramientas como GPS, aplicaciones de rastreo y optimización de rutas o ruteadores especializados. Puede plantearse que las soluciones nativas TMS abarquen la organización de las rutas aunque normalmente son más eficientes aquellas soluciones específicas en esta fase de

reparto al cliente sobre todo desde el boom del comercio electrónico.

Hablando de los modos de entrega en la última milla se puede ver: Vehículos ligeros: furgonetas, motocicletas, patinetes o bicicletas eléctricas. Drones: en algunas ciudades o en el mundo rural, se están probando para entregas rápidas. Puntos de recogida: *lockers* (taquillas) inteligentes o puntos de conveniencia para reducir el número de entregas a domicilio.

Desafíos que tiene por delante este tipo de distribución:

- Congestión urbana: dificulta la puntualidad de las entregas
- Costes elevados: es la fase más costosa de la cadena logística debido a su fragmentación
- Impacto ambiental: se buscan soluciones sostenibles, como vehículos eléctricos o zonas de reparto

El transporte de última milla es clave en el comercio electrónico y en la logística moderna, puesto que influye directamente en la satisfacción del cliente. Los TMS más avanzados poseen funcionalidades de última milla aunque los sistemas que más se utilizan son especializados en la organización de las rutas. Aquí de nuevo aparece la cuestión de cuál es la necesidad a cubrir para poder seleccionar el sistema más adecuado.

2.1.3 Logística inversa

Toda actividad de suministro a clientes puede estar sujeta a alguna modalidad de aceptación de devoluciones de producto o de envase/embalaje. no le ha convencido, pero con el comercio electrónico y empujados por sus gigantes, ha crecido la posibilidad de la devolución sin coste y esto se ha convertido en una de las principales palancas comerciales, a pesar de no parecer razonable desde un punto de vista puramente logístico y, mucho menos, ecológico.

Tampoco debe olvidarse la estacionalidad de los productos, y su obsolescencia, grandes motivadores de que los puntos de venta devuelvan a los centros logísticos todo lo que no se ha podido vender, imprescindible para hacer espacio en las tiendas para los productos de la nueva temporada.

Un último capítulo que genera flujos inversos son los envases y contenedores retornables. Además de las botellas retornables, los barriles, bobinas, cubetas plásticas, carros, incluso los palés son activos de coste no despreciable, y en muchos casos no se controlan con detalle suficiente.

En cualquier caso, los procesos de logística inversa deben ser atendidos. En un contexto B2B (distribución a tiendas y establecimientos) donde las devoluciones sobre las ventas sean mínimas y no haya retornables, es posible realizar una gestión simple donde no se necesitan herramientas logísticas demasiado especializadas. Pero para aquellos negocios menos "afortunados", es un tema que puede ser muy significante en términos de coste operativo y del grado de reaprovechamiento del producto que se devuelve.

Conceptualmente, las fases de la logística inversa de productos podrían establecerse en:

- Petición de devolución por parte del cliente
- Transporte de la mercancía desde el cliente al centro logístico
- Validación del producto devuelto, y de su estado
- Abono al cliente de la devolución aceptada
- Clasificación de la mercancía según estado y destino
- Recuperación de los productos que lo requieran para ponerlos en estado para vender
- Almacenamiento del producto en buen estado/recuperado para volver a venderlo en canal principal o canales de segunda calidad
- Retorno a proveedor/fábrica de las cantidades que se acepten
- Destrucción del material no recuperable

En función de los volúmenes y características de los anteriores procesos, puede resultar muy útil la ayuda de herramientas de TI logística.

Una solución completa para la logística inversa puede requerir la cooperación de diversas herramientas:

- El ERP puede realizar la función de validar si la devolución es comercialmente aceptable, autorizando que el cliente inicie el proceso. También es el que probablemente gestionará el abono -una vez se reciba y se revise la mercancía devuelta-, y genere la documentación de facturación corregida.
- El WMS puede tener un módulo que permita el procesamiento del material llegado, su clasificación, almacenamiento, reenvío a proveedor o destrucción. Si los retornos son muy frecuentes, se necesita que este módulo dé buen soporte al proceso, haciéndolo eficiente.
- Un TMS tendrá posibilidad de gestionar recogidas de las devoluciones en casa del cliente.
- El proceso de recuperación de productos que no han llegado en las condiciones óptimas podría

requerir alguna herramienta específica según el caso; pero si es sencillo puede quedar cubierto por una gestión manual a través de estados de calidad y trazabilidad en el WMS.

- Cuando la entrada de devoluciones es muy masiva, puede ser rentable el uso de automatización. Los *sorters* (clasificadores) de unidades (de las prendas en buen estado, normalmente) son frecuentes para los retornos de libros o de ropa, por ejemplo. En cantidades más modestas, un sistema de clasificación *Put to light* puede ayudarle muy bien. Los amplios catálogos de productos que muchas empresas

maneján actualmente pueden requerir clasificación en más de un paso.

- El caso de retornos de consumidor final, será necesario que el software de comercio electrónico orqueste la devolución con las herramientas ERP, TMS, WMS, desde la autorización a la devolución, facilitar etiquetas, e informar al consumidor sobre la evolución del proceso hasta que se le abone el importe pagado.

Es habitual que la logística inversa sea vista como un inconveniente, un generador de gasto, y que muchas empresas no quieran invertir tiempo, metodología y recursos en manejarlas con un cuidado similar con el que



Figura 4 - Ejemplo ilustrativo de gestión de las devoluciones.

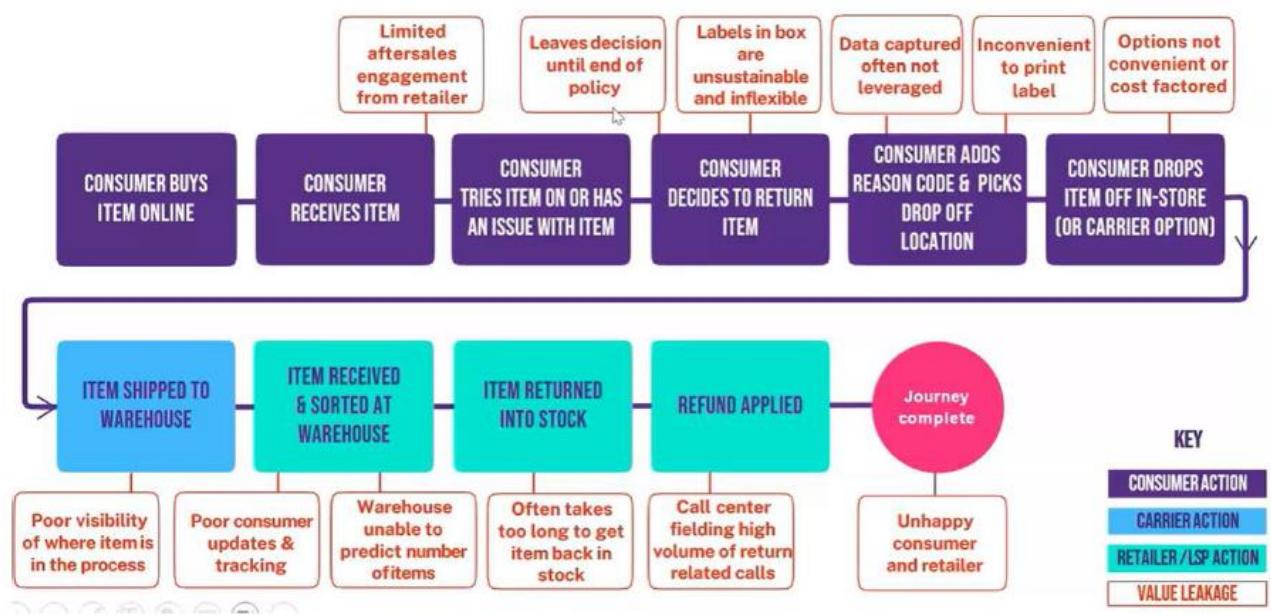


Figura 5: Ejemplo. Oportunidades de valor en el proceso de las devoluciones.

emplean en preparar pedidos por clientes. Ante esto, no

de trabajar con tecnología RFID, si se quiere acceder a

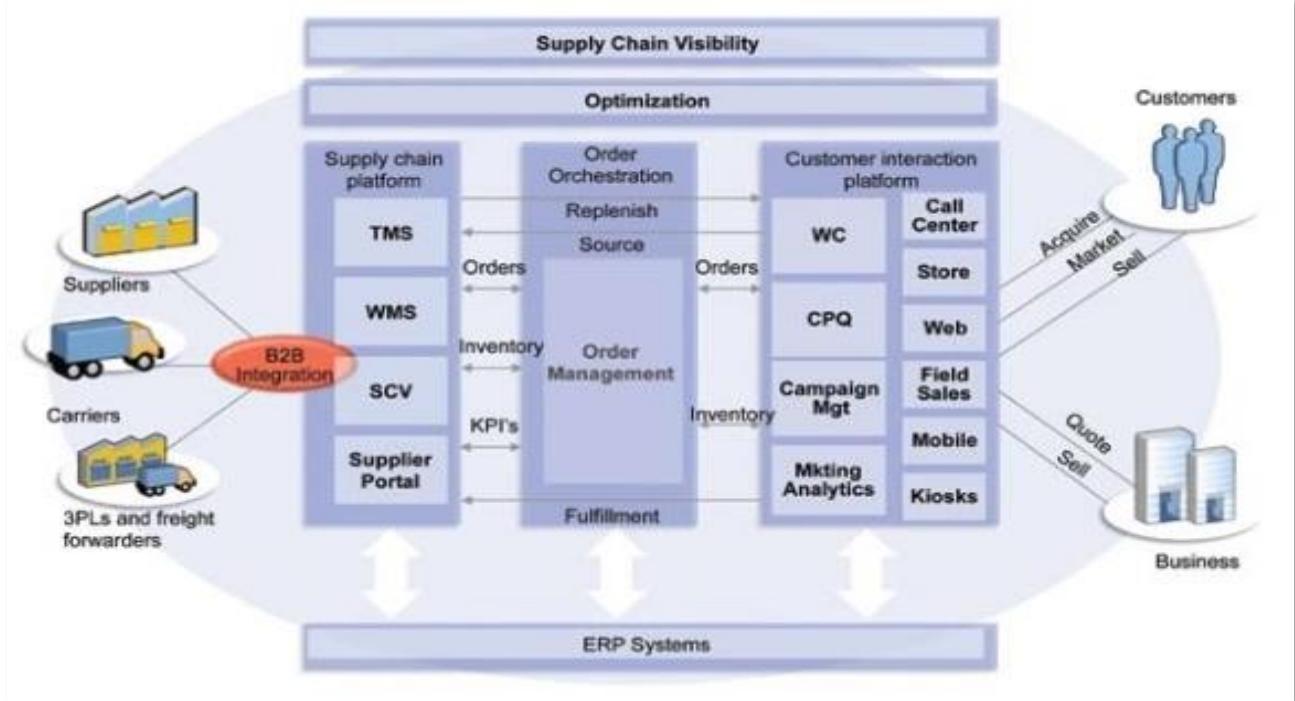


Figura 6 – Ejemplo de esquema de integración con la OMS.

hay que olvidar que un proceso deficiente hace muy difícil volver a vender el producto en su mercado primario, puesto que quedará en palés mezclados entre decenas de otras referencias y es muy poco factible preparar pedidos con este stock. Por tanto, es necesario realizar un cuidadoso y sincero análisis coste-beneficio para ver si la empresa puede permitirse no recuperar al menos una selección del producto devuelto, en contraste con el coste que supone su procesamiento y la oportunidad real de volverlo a vender. La logística inversa es también un negocio productivo con recuperación de productos para su reventa.

En cuanto al control de envases y retornables, se encuentra la necesidad en un contexto B2B, incluso en ocasiones dentro de la misma empresa, entre sus tiendas y los centros logísticos o de fabricación.

Una tecnología valorable en este contexto es la RFID, donde el contenedor retornable va equipado con un tag RFID que lo identifica únicamente, y permite un control efectivo y recuento automatizado en la entrada y salida de áreas o almacenes. Esto aporta informaciones fiables, de otra forma difíciles de obtener, como el número de usos que ha tenido, saber por qué procesos ha pasado (limpiezas, reparaciones, etc.). Evidentemente, el software que gestione la logística inversa debe ser capaz

estas posibilidades.

2.1.4 Visibilidad de los envíos

La visibilidad de envíos tiene un amplio requisito de orquestación para poder gestionarlo en una sola plataforma. Estos sistemas suelen conocerse bajo el nombre *Order Management System* (OMS). Esta capa de solución se enmarca en un nivel superior cercano al usuario. En otras palabras, cada pedido del cliente es gestionado y trazado, suministrando información online del estado de cada solicitud mediante los CRM de las empresas.

Para poder estar actualizadas, estas soluciones se nutren de la información suministrada por otros sistemas tipo TMS, WMS, GPS, etc. Estas integraciones se tienden a normalizar mediante llamadas API/webservices, aunque los protocolos de comunicación en cada plataforma, ahora mayoritariamente SaaS, están en constante evolución.

Cuando se menciona el acrónimo GPS normalmente corresponde a los vehículos de transporte. Pero la realidad es que no todos tienen estos dispositivos y la necesidad de trazabilidad sigue existiendo. Por ello,

existen otras aplicaciones o soluciones que aglutinan regiones y transportistas/agencias para suministrar la información mínima como: posicionamiento de latitud/longitud, estados de una carga, eventos que ocurren durante el tráfico hasta la entrega de la mercancía.

Las necesidades de los usuarios siguen creciendo y sofisticándose a causa de los avances tecnológicos. La integración de los diversos transportistas, en todo su abanico de modos de transporte, es un buen ejemplo de

ello. La tendencia nos indica que se va hacia una concentración o integración de todas las actividades y comunicaciones que tienen que ver con los transportistas (independientemente de su modo de transporte).

Por eso comienzan a proliferar plataformas que agilizan la entrada u *onboarding* de nuevos miembros que gestionan y agilizan las comunicaciones en toda la ejecución. Como concepto se podría asimilarlo a ***Carrier Collaboration***. Es decir, un único punto de contacto entre los transportistas y los cargadores, reduciendo el esfuerzo de integración y

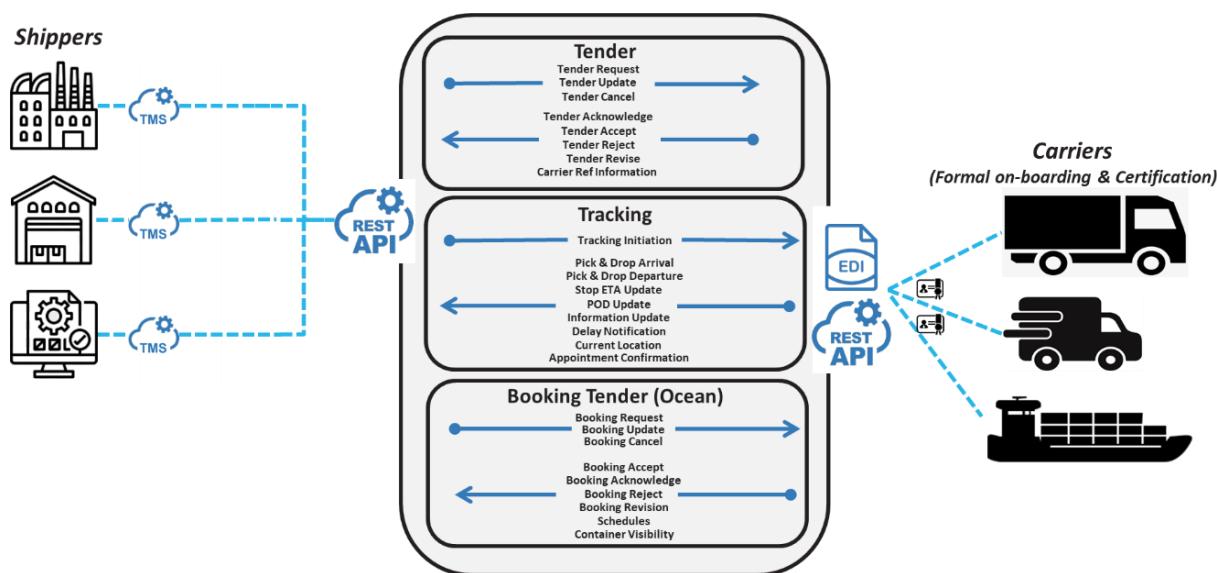


Figura 7 - Ejemplo de esquema integral colaborativo con los transportistas.

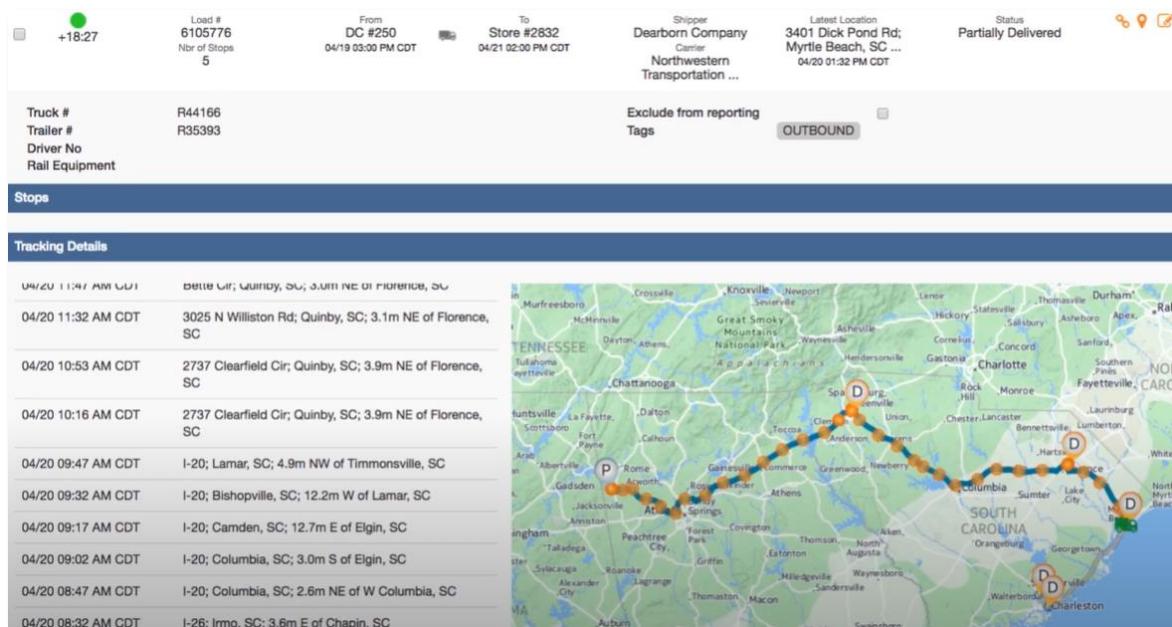


Figura 8 – Ejemplo de herramienta de trazabilidad con los transportistas.

mantenimiento. Para citar algunos procesos a cubrir (no todas las soluciones cubren todos):

- Ofertas (*tender*) de cargas
- Planificación de citas en origen y destino - Intercambio de información detallada del camión asignado
- Anticipación de etiquetas de proveedor (si son necesarias), por ejemplo, para "paquetería"
- Comunicación de expedición y eventos de incidencias que puedan afectar al servicio y el coste de los viajes - Integración con plataformas de visibilidad GPS, tipo 4kiyes, Intra, etc.
- Comunicación y presentación de la prueba de entrega (POD)

Como conclusión, hay varios proveedores de sistemas que proporcionan visibilidad de los envíos minimizando los puntos de contacto entre las diferentes entidades. Queda camino hasta realmente tener todos los jugadores del tablero doméstico e internacional bajo la misma plataforma. Como se ha ido comentando definir la necesidad de una manera clara enfocará sobre qué soluciones son las más idóneas. Aquí hay unos ejemplos de casos de uso habituales que se enfocan para proponer procesos más lean:

- Debido a que la subcontratación del transporte es frecuente y con diferentes niveles, la gestión de accesos a la información de los viajes se hace más complicada, ¿por qué hacer que un transportista tenga que entrar en una web con credenciales o instalarse una app en su móvil pudiendo simplemente enviarle un link de WhatsApp con la carga asignada y desde ahí poder realizar toda la gestión?
- La simplificación de la gestión y la trazabilidad de las operaciones también se ha puesto de manifiesto en la digitalización de documentos como el e-CMR u hoja de ruta electrónica.

2.2 Almacenamiento

La gestión de los almacenes es una actividad clave en la cadena de suministro y las operaciones logísticas, que incluye el almacenamiento, la manipulación y la gestión de activos y materiales desde su origen hasta el punto de consumo final. Más allá de la simple custodia de mercancías, los almacenes ofrecen servicios de valor añadido como la consolidación de stocks, la preparación de pedidos, el embalaje y el *cross-docking*, contribuyendo de forma estratégica a la eficiencia de las entregas ya la satisfacción del cliente.

Para gestionar esta creciente complejidad, las organizaciones utilizan **sistemas de gestión de almacenes** (WMS, *Warehouse Management System*), soluciones de software diseñadas para optimizar el control, la visibilidad y la coordinación de las operaciones dentro del almacén. Un WMS permite realizar un seguimiento en tiempo real de las existencias, mejorar la productividad del personal, agilizar el cumplimiento de pedidos y garantizar la exactitud mediante la automatización y la integración con otros sistemas empresariales, tales como los ERP (*Enterprise Resources Planning*) o los TMS (*Transportation Management System*).

Almacenar, por tanto, es una función básica en la cadena logística, pero a la vez es un coste relevante que es necesario racionalizar.

En un contexto de transformación digital de la logística, los WMS evolucionan hacia plataformas más amplias que incorporan aplicaciones móviles, dispositivos IoT, análisis avanzado basado en IA y arquitecturas en nube. La gestión eficaz de la automatización emergente, como los robots de picking y los AMR (*Autonomous Mobile Robots*), es clave para garantizar la agilidad y la coordinación dentro del almacén.

Este capítulo explora las funcionalidades de un WMS, el ecosistema tecnológico que le rodea, y las aplicaciones que amplían sus capacidades en las cadenas de suministro.

Los almacenes se clasifican según su función logística en la cadena de suministro, cubriendo necesidades de almacenamiento, distribución, consolidación, especialización (como temperatura o devoluciones) y optimización operativa a través de tecnología o externalización. En la siguiente tabla, se presenta una lista de los más habituales.

• Tipo de almacén

Tipo de almacén	Objetivo principal
Central o de producción	Almacenar materias primas y productos terminados cerca del sitio de fabricación
Distribución o centro logístico	Consolidar y redistribuir mercancías hacia puntos de venta o clientes finales
Tráfico o <i>Cross-Docking</i>	Transferencia rápida de mercancías entre transportistas sin almacenamiento
Consolidación	Agrupar pedidos de varios proveedores para optimizar el transporte

Tipo de almacén	Objetivo principal
Descomposición o desconsolidación	Dividir grandes envíos en unidades más pequeñas para su distribución final
Regional o satélite	Almacenar productos cerca de zonas de demanda para reducir los tiempos de entrega
Frigorífico o de temperatura controlada	Conservar productos perecederos manteniendo su calidad y seguridad
Terceros (3PL)	Externalizar las operaciones logísticas a proveedores especializados
Inteligente o automatizado	Integrar tecnologías avanzadas para optimizar las operaciones
Público	Ofrecer espacio de almacenamiento a empresas que no disponen de sus propias instalaciones
Cooperativo	Compartir recursos de almacenamiento entre varias empresas o entidades
Aduanero (<i>Bonded Warehouse</i>)	Almacenar mercancías importadas antes del pago de los derechos arancelarios
Devoluciones o logística inversa	Gestionar el retorno de productos desde los clientes hacia la empresa

• Tecnologías de almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento logístico pueden clasificarse según el grado de automatización, desde soluciones manuales hasta sistemas altamente automatizados como AutoStore.

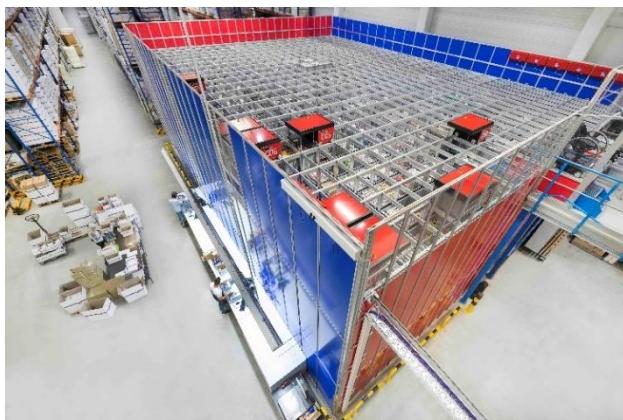


Figura 9: Autostore es una solución automatizada de alta densidad.

Los tipos de almacenamiento se pueden clasificar de menos a más automatizados:

Nivel de automatización	Tipo de sistema	Descripción	Aplicación típica
Manual	Almacenamiento tradicional	Estanterías estáticas con manipulación manual mediante carretillas o traspales.	Almacenes con baja rotación u operaciones sencillas.
Semiautomatizado	Sistemas asistidos	Incorporación de tecnologías como cintas transportadoras, pick-to-light o pick-to-voice, AMR asistentes, etc.	Almacenes que buscan aumentar la eficiencia sin automatización completa.
Automatizado	AGV y AMR	Vehículos guiados automáticamente o robots móviles autónomos para el transporte interno.	Centros con flujos repetitivos y necesidad de transporte interno eficiente.
Altamente automatizado	Sistemas AS/RS	Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación mediante grúas o shuttles.	Almacenes con alta densidad de stock y necesidad de precisión.
Altamente Automatizado	Sistemas Cube-Based (AutoStore)	Sistema modular que utiliza robots para mover cajas dentro de una estructura cúbica.	Almacenes con espacio limitado que requieren alta densidad de almacenamiento.

• Comparativa de tecnologías de almacenamiento

1. Almacenes convencionales manuales (con carretilla elevadora y estanterías)

Características:

- Estanterías convencionales, drive o dinámicas accedidas por carretillas elevadoras o retráctiles
- Manipulación manual por parte de los operarios
- Configuración sencilla y flexible

Ventajas:

- Bajo coste inicial y fácil de implementar
- Compatible con una gran variedad de mercancías
- Adaptable a cambios de configuración y SKU

Inconvenientes:

- Intensivo en mano de obra
- Necesita pasillos amplios (baja eficiencia de espacio)
- Dependencia de la experiencia de los operarios

Ideal para:

- Operaciones con volumen bajo o medio
- Empresas con productos diversos y cambiantes
- Entornos con manipulación manual frecuente



Figura 10: Robots autónomos de Locus Robotics.

2. Almacenes automatizados con transelevadores (AS/RS) y shuttles

Características:

- Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (AS/RS) con transelevadores
- Estanterías de gran altura (12 a 40 metros)
- Controlado por SGA/WCS

Ventajas:

- Gran uso del espacio vertical
- Alta velocidad y precisión en el movimiento de palés
- Reducción significativa de la mano de obra

Inconvenientes:

- Inversión inicial muy alta
- Configuración rígida, difícil de modificar
- Rentabilidad de la inversión a largo plazo

Ideal para:

- Gran volumen logístico y operaciones estables
- Industrias como alimentación, gran consumo o frío industrial
- Entornos donde el espacio o la energía son críticos

3. Almacenes compactos (tipo Autostore)

Características:

- Sistema compacto con cubos apilados y robots sobre una parrilla
- Los robots cogen contenedores y los llevan a las estaciones de Picking

Ventajas:

- Máxima eficiencia de espacio (hasta 4x más capacidad)
- Modular y fácil de escalar
- Bajo consumo energético y rápido por picking de pequeñas piezas

Inconvenientes:

- No apto para productos grandes o pesados
- Acceso más lento a contenedores hundidos
- Inversión inicial considerable

Ideal para:

- Comercio electrónico, farmacia, electrónica — picking rápido de piezas pequeñas
- Centros de distribución urbanos con espacio limitado

4. Estanterías convencionales con robots móviles (Hai Robotics, Brightpick, Exotec)

Características:

- Estanterías convencionales combinadas con robots autónomos (AMR)
- Los robots llevan cajas o contenedores a estaciones de trabajo

Ventajas:

- Buena combinación de flexibilidad y automatización
- Rápido de desplegar y fácil de ampliar
- Compatible con infraestructuras existentes

Inconvenientes:

- Se necesitan pasillos (menos denso que Autostore)

- Requiere mantenimiento de robots y baterías
- Dependencia del software y de la cartografía del espacio

2.2.1. Solución de gestión del almacén

Las funcionalidades de un Sistema de gestión de almacén



Figura 11: Funcionalidades básicas y avanzadas de un WMS.

Ideal para:

- Retail, 3PL, comercio electrónico con volumen medio de SKU
- Empresas que buscan flexibilidad y automatización parcial

En resumen:

Característica	Manual + Carretilla	Alto + Stacker (AS/RS)/ Shuttle	Tipo Autostore	AMR + Estanterías
Nivel de automatización	Bajo	Alto	Alto	Medio-alto
Uso del espacio	Bajo	Medio-alto	Muy alto	Medio
Flexibilidad de producto	Muy alta	Baja	Media	Alta
Coste inicial	Bajo	Muy alto	Alto	Medio
Escalabilidad	Moderada	Difícil	Alta	Alta
Aplicación ideal	Logística general	Volumen alto y estable	Picking rápido y denso	Picking flexible y automatizado

(WMS o SGA) pueden variar considerablemente en función de diversos factores como la finalidad operativa, el tipo de almacén (de materias primas, producto terminado, cross-docking, refrigerado, etc.), y el grado de automatización presente en las instalaciones (manual, semiautomatizado o completamente automatizado).

Un WMS no es una solución universal, sino una herramienta que debe seleccionarse en función del contexto específico de cada empresa. A la hora de elegir un sistema del mercado, es necesario analizar el tipo de almacén, los volúmenes de movimiento, el grado de automatización, los requisitos de trazabilidad y las integraciones necesarias con otros sistemas. No todas las empresas necesitan la misma profundidad funcional, y elegir un sistema sobredimensionado puede ser tan problemático como quedarse corto. Por tanto, es necesario evaluar con cuidado los requisitos que realmente aportarán valor dentro del entorno logístico concreto.

En instalaciones donde existe un tráfico importante de camiones se dan habitualmente un número relevante de operaciones de carga y descarga simultáneamente, que

implican almacenes con una considerable cantidad de muelles.

2.2.2. Solución de gestión de patios y muelles

En este caso, puede ser relevante un soporte TIC específico en la gestión de los patios y de los muelles. Un sistema de gestión de patios (*Yard Management*) sería la pieza software realmente especializada, pero algunos SGA también pueden tener funcionalidad suficiente para los casos no tan exigentes.

Algunas de las funcionalidades habituales de este tipo de sistemas:

Función	¿Qué aporta?
Citas por carga / descarga	Permite la planificación, reduciendo las esperas de los camioneros y la acumulación de vehículos.
Control de acceso de los camiones al recinto	Sistematiza el ingreso, recoge información digital fiable para evaluar el cumplimiento de horarios de proveedores, verificar que se le espera, recoger datos de los camioneros, detectar incumplimientos documentales.
Gestión de aparcamiento	Para organizar el tráfico interno, optimizar movimientos, ayudar en el cumplimiento del plan de seguridad.
Gestión de la cola de camiones	Permite escoger de forma dinámica con criterios automatizados el orden en el que acuden los camiones a los muelles o estaciones.
Pesaje de camiones	Digitalizar el proceso de pesaje con objetivo de agilizar y recoger información fiable, que se puede utilizar para control de calidad, normativo, o para determinar la cantidad cargada/descargada.
Gestión de muelles	Asignar los muelles más adecuados según la carga y el tipo de vehículo.
Salida de camiones	Asegurarse de que se han ejecutado todas las operaciones previstas por el vehículo, medir el tiempo de estancia, entregar documentación.

La gestión de patios de camiones en recintos grandes suele tener un nivel de hardware de campo para automatizar ciertos controles e informaciones. Algunos típicos:

- Vías de entrada y salida: con lectores automáticos de matrículas, barreras, semáforos, biometría o tarjetas de control de acceso
- Paneles de mensajería para informar a los camiones cuando deben dirigirse a una zona determinada; alternativamente megafonía o envío por sms de mensajes
- Puntos de control en los muelles y en las básculas
- Quioscos de autoservicio para registrar información de la descarga
- *Displays* en los muelles para informar del progreso de la operación de carga o descarga

2.2.3. Picking preparación de pedidos

La preparación de pedidos (*picking*) es un proceso clave en la cadena logística de muchas organizaciones. A continuación, se presenta una tabla con los principales métodos de *picking* utilizados en la actualidad, con una breve descripción de cada uno, sus ventajas y sus limitaciones. Esta clasificación puede ayudar a evaluar qué solución mejor se adapta a las necesidades específicas de cada entorno logístico.

Tipo de picking	Descripción
<i>Picking manual con carretilla</i>	El operario se desplaza por el almacén recogiendo productos según una lista. Pros: sencillo, económico, flexible. Puede ser la única solución en función de las características de la mercancía. Contras: lento, más errores, intensivo en mano de obra.
<i>Picking con terminal RF</i>	El operario utiliza un terminal de radiofrecuencia para guiarse y escanear. Ventajas: mayor precisión y trazabilidad.
<i>Voice Picking (picking por voz)</i>	Instrucciones de picking recibidas por voz con respuesta verbal. Beneficios: manos libres, ágil y seguro.
<i>Pick to Light</i>	Luces y pantallas indican las ubicaciones y cantidades de recogida. Ideal para: entornos de alta rotación.
<i>Put to Light</i>	Sistema para clasificar productos en pedidos, guiado con luces. Aplicación: consolidación post-picking.
<i>Zona picking (picking por zonas)</i>	Cada operario trabaja en una zona definida del almacén. Beneficio: reduce desplazamientos.
<i>Batch Picking (por lotes)</i>	Picking conjunto para múltiples pedidos. Requiere: clasificación posterior.
<i>Wave Picking (por oleadas)</i>	Picking agrupado según oleadas planificadas (tiempo o grupos). Beneficio: mejor planificación operativa.
<i>Goods to Person</i>	Sistemas automáticos llevan los productos al operario.

Tipo de picking	Descripción
<i>Robotic Picking</i>	Ventajas: rápido, seguro, ergonómico. Robots con IA y visión realizan el picking automático. Tipo: brazos robóticos o robots móviles.
<i>Autopicking automatizado</i>	Picking completamente automático (AS/RS, Autostore, sorters). Ideal por: alto volumen y estabilidad de referencias.



Figura 12: Exotec Goods to Person. Producto a operario.

La preparación de pedidos representa una parte significativa de los costes operativos del almacén y tiene

un impacto directo en la satisfacción del cliente final. La eficiencia, la precisión y la adaptabilidad del sistema de picking escogido pueden marcar la diferencia entre un servicio logístico competitivo y uno deficiente. Cada método tiene ventajas y limitaciones. La selección adecuada, o combinación de varios, depende del tipo de producto, volumen de pedidos, presupuesto y estrategia operativa.

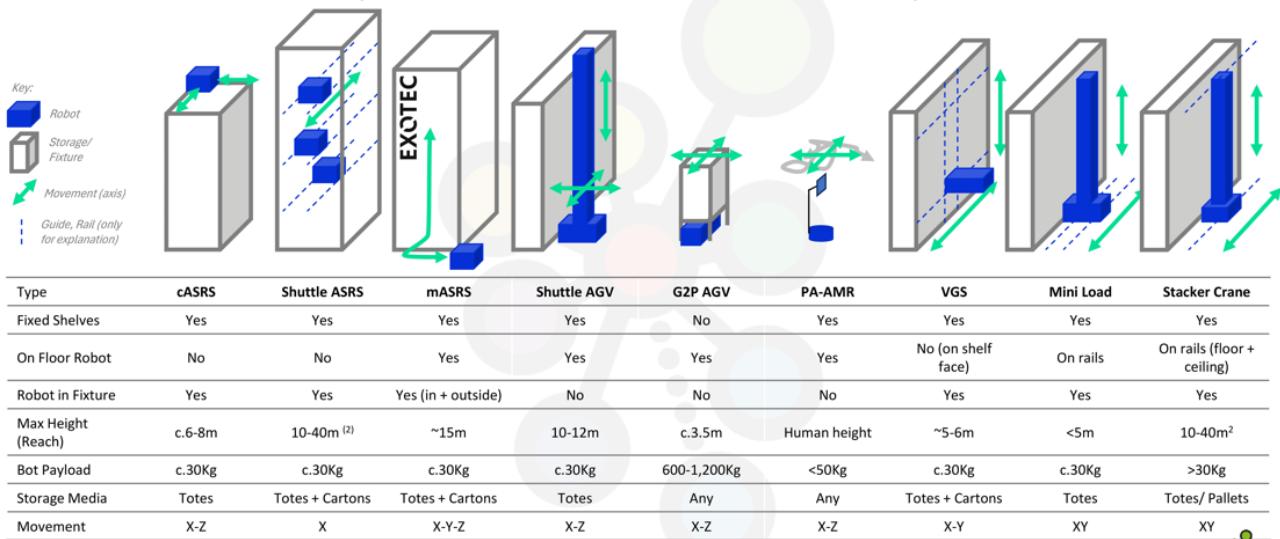


Figura 13: Brightpick AMR / Picking Robot con isla de picking cuando el robot no puede realizar el pick, o el AMR no lleva robot.

La diversidad de tecnologías del mercado actual para efectuar las operaciones del almacén “producto a

THERE IS A WIDE VARIETY OF G2P SOLUTIONS IN THE MARKET SERVING A MULTIPLICITY OF VARIABLES

GOODS TO PERSON SOLUTIONS, BY ROBOT MOVEMENT - ILLUSTRATED (NOT TO SCALE, VENDORS NOT EXHAUSTIVE!, NO PARTICULAR ORDER)



Source: STIQ Ltd Research & Analysis. ¹ May be used with lifts to move in Y axis as well. ²3D shuttles also exists. ² Can be taller, but limitations exist. Note: cASRS (Cube ASRS), mASRS (mobile robot ASRS), VGS (Vertical Gantry Robot)



Figura14: Producto a persona – tecnología.

"persona" (*Goods to Person, G2P*) se representan en el siguiente diagrama:

2.2.4. Módulo de ERP o solución de WMS

Las herramientas de gestión empresarial (ERP) están presentes en la mayoría de nuestras empresas. Dado que los stocks son uno de los activos de la empresa, y que el aprovisionamiento y gestión de pedidos es un tema central, los ERP suelen ofrecer funcionalidades para ayudarnos en la gestión del almacén.

Pero entonces, ¿dónde queda el WMS? ¿Por qué se necesita un WMS si el ERP ya tiene esa funcionalidad?

Es clave entender las diferencias para tomar decisiones correctas cuando se elige una estrategia para gestionar el almacén.

	ERP	SGA
Nivel de gestión	Apoyo simplificado a la gestión de almacén en el contexto general del ERP, más centrado en la coherencia con finanzas y ventas, que en la gestión operativa.	Herramienta especializada enfocada en la gestión de almacén exclusivamente, con mayor profundidad funcional
Funcionalidad	Gestión básica de inventario y ubicaciones. Poco soporte a la ejecución de las operaciones en detalle.	Avanzada, con énfasis en la gestión de los procesos, la optimización del almacenamiento y de los movimientos
Base de datos	Centralizada con el resto de módulos del ERP	Independiente y especializada
Integración con la herramienta de gestión empresarial	Integración interna de base y fuerte con resto de módulos	Requiere integración con el ERP, con API de los proveedores de cada sistema.

Como regla general se podría decir que un ERP puede ser válido para un control de almacén básico, posiblemente suficiente en un caso de almacenes sencillos, con poco movimiento, operados por pocas personas que deben conocer bien cómo lo han organizado.

Cuando los almacenes crecen en volumen, referencias, complejidad de proceso, un WMS nos aporta la capacidad de gestionar, establecer unos procesos y organizaciones que la herramienta nos ayuda a poner en práctica. El enfoque está mucho más puesto en cómo se ejecutan las operaciones, medirlas y monitorizarlas, automatizar actividades, de tal forma que dependan poco de cada operario particular. El SGA puede estar preparado, además, para interactuar fácilmente con tecnologías específicas para mejorar la preparación, almacenamiento o movimiento de materiales.

Es cierto que los ERP más potentes tendrán opciones de desarrollo a medida, que puede tentarnos a querer convertir el módulo base de almacén en algo más sofisticado. Si bien es un enfoque que puede ser útil para alguna función sencilla faltando o personalizar algún aspecto, resulta extremadamente improbable que esta vía nos permita extenderlo para llegar a competir con un WMS específico en la gran mayoría de los frentes funcionales. La razón es conceptual, el diseño y el enfoque de partida de ambas herramientas es muy diferente, y el módulo del ERP raramente será una base óptima para construir una gestión mínimamente avanzada con un esfuerzo razonable.

2.2.5. WCS – *Warehouse Control System*

En entornos altamente automatizados, como los almacenes con **transelevadores automáticos (AS/RS)**, **sistemas compactos tipo Autostore** o **robots móviles (AMR)**, no es suficiente con un WMS para controlar las operaciones. Aquí es donde entra en juego el WCS (*Warehouse Control System*).

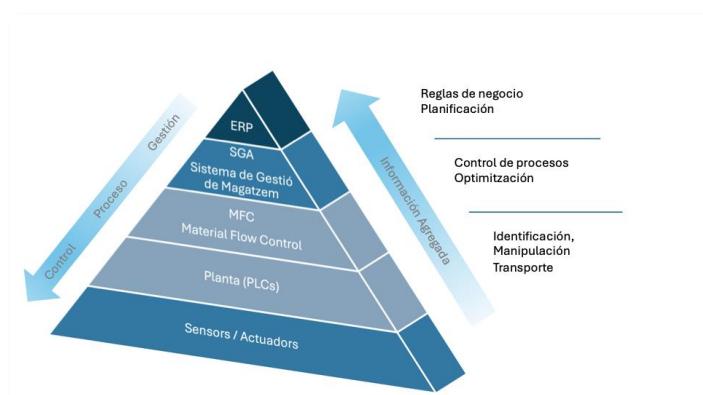


Figura 15: Arquitectura IT (WMS).

El WCS es el **cerebro operativo que coordina y controla los elementos físicos automatizados del almacén** en

tiempo real: transelevadores, cintas transportadoras, clasificadores, robots, elevadores, etc. Recibe órdenes del SGA (qué producto debe moverse, dónde y cuándo), y las traduce en instrucciones concretas para cada máquina.

Los proveedores de soluciones automatizadas suelen incluir sus propios sistemas WCS para garantizar el óptimo funcionamiento de la instalación y facilitar la integración con los sistemas de nivel superior, como el WMS o el ERP. El siguiente diagrama, de Hai Robotics, detalla la arquitectura IT por su gama de soluciones.

2.2.6. Irrupción del IA en el almacén

En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser una tecnología emergente, a desempeñar un papel central en múltiples ámbitos industriales. Esta evolución es especialmente relevante en el contexto logístico, donde las oportunidades para su aplicación son amplias y con un impacto potencial muy elevado.

Hay que distinguir que gran parte de la atención mediática actual gira en torno a la IA generativa, representada por sistemas como ChatGPT, Copilot, Gemini u otros modelos

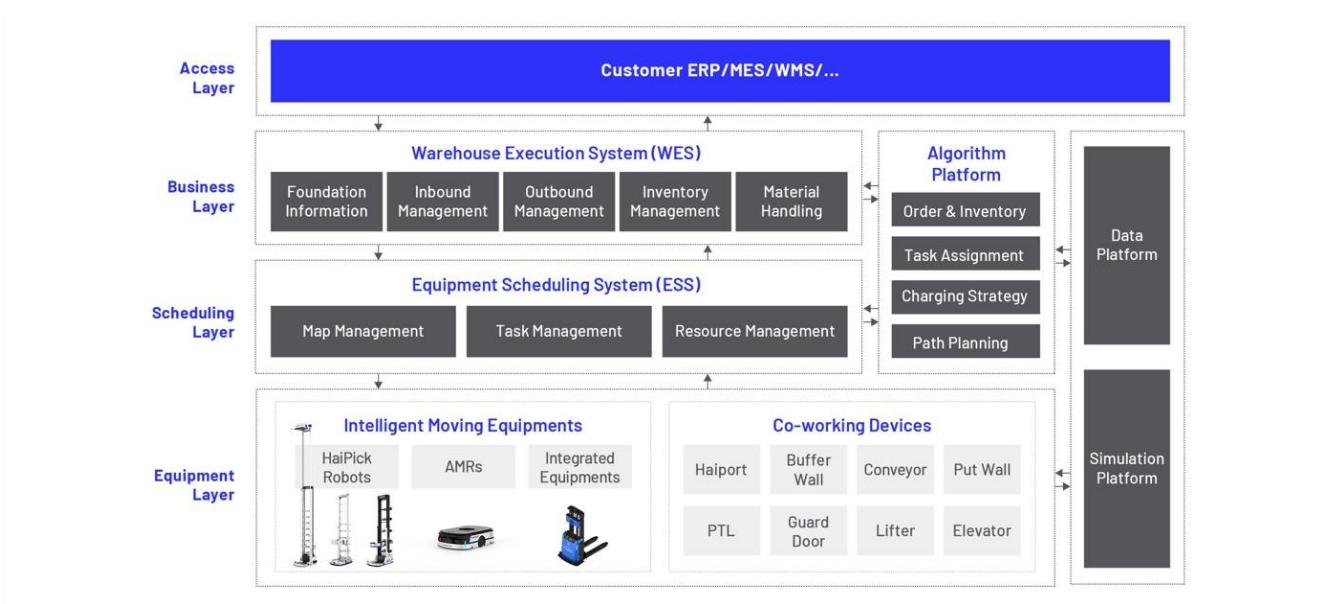


Figura 16: Ejemplo temático de Warehouse Execution.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que muchos proveedores de automatización también ofrecen su propio WMS, con el objetivo de proporcionar una solución “llave en mano”. Esta propuesta puede resultar atractiva para algunos clientes, puesto que simplifica la integración inicial. Sin embargo, es necesario valorar si este WMS cubre realmente las necesidades específicas del cliente y, sobre todo, si ofrece la flexibilidad necesaria para futuras modificaciones o ampliaciones. En algunos casos, la dependencia de un WMS propietario puede limitar la evolución del sistema a medio o largo plazo, especialmente si el proveedor no contempla adaptaciones fuera de su hoja de ruta comercial.

de lenguaje avanzados. Esta rama de la IA se caracteriza por su capacidad de generar contenidos textuales, visuales o de código a partir de entradas en lenguaje natural. En el ámbito de la logística, los proveedores de software podrían empezar (o ya han comenzado) a incorporar este tipo de tecnología para mejorar procesos internos, como el desarrollo de documentación técnica, la generación de interfaces conversacionales o el soporte contextual a los usuarios finales.

Además, la IA generativa puede facilitar un nuevo modo de interacción con los sistemas: desde la navegación por voz en entornos WMS hasta la asistencia inteligente para la ejecución de tareas y resolución de incidencias operativas. Este enfoque puede mejorar la accesibilidad de los sistemas y aumentar la productividad en entornos en los que la agilidad y la inmediatez son claves.

Sin embargo, más allá de la IA generativa, existe un abanico más amplio de tecnologías de inteligencia artificial ya implantadas, con impacto directo y mensurable sobre las operaciones logísticas. Algunas de estas aplicaciones incluyen:

- El reconocimiento automático de voz y la comprensión del lenguaje natural, utilizados en sistemas *voice picking*
- Sistemas de visión por la identificación y valoración del estado de productos
- La optimización de rutas para equipos autónomos como AGV o AMR
- La predicción de la demanda y la planificación del personal necesario para la preparación de pedidos
- Algoritmos para la asignación óptima de posiciones de producto en almacén según rotación y frecuencia de picking
- Sistemas de carga inteligente de camiones que minimicen los costes logísticos y aseguren la estabilidad de la carga

Estas funcionalidades a menudo existen en segundo plano, integradas dentro de los sistemas logísticos, y se alimentan de datos históricos y operacionales para generar recomendaciones o automatizar decisiones. El impacto de la IA, por tanto, puede no ser tan visible como una interfaz conversacional, pero resulta esencial para aumentar la eficiencia y la capacidad de respuesta de los sistemas frente a un entorno cada vez más complejo y exigente.

En resumen, la inteligencia artificial, en sus diversas formas desde la generativa hasta la predictiva o prescriptiva, es una herramienta transformadora que ya está modificando los fundamentos de la logística moderna. Los ingenieros y profesionales del sector deben estar preparados para comprender, evaluar e integrar estas tecnologías de forma crítica y estratégica, con una visión a medio y largo plazo.

3. Planificación

La planificación de la cadena de suministro es el proceso de gestionar y coordinar todas las actividades necesarias para garantizar que los productos o servicios lleguen al cliente final de forma eficiente y rentable. Esto incluye la previsión de la demanda, la gestión de inventarios, la planificación de la producción y de la distribución. Este apartado se centra, a grandes rasgos, en lo que no es logística de ejecución que se ha visto en el apartado anterior.

Los objetivos principales de estas actividades podrían resumirse en:

- Optimizar y gestionar los recursos finitos de que se disponen, de la forma más eficiente
- Minimizar costes de estas operaciones mediante la utilización de algoritmos avanzados, alimentados con la mayor y actualizada información
- Mejorar el nivel de servicio al cliente

Por eso, las empresas utilizan herramientas de análisis de datos, modelos de predicción y tecnologías como inteligencia artificial, software de planificación avanzada (*APS*, por sus siglas en inglés) y plataformas colaborativas. En resumen, la planificación de la cadena de suministro busca alinear la oferta con la demanda de forma estratégica, asegurando la disponibilidad de productos en el momento y lugar adecuados.

Las empresas enfrentan varios problemas en la planificación de la cadena de suministro, los más comunes incluyen:

- **Falta de visibilidad** y datos en tiempo "real". Muchas empresas tienen información fragmentada o desactualizada, lo que dificulta la toma de decisiones precisas
- **Pronósticos de demanda inexactos**. Errores en la previsión que pueden generar sobreproducción o escasez de productos, afectando costes y niveles de servicio
- **Problemas en la gestión de inventarios**. Exceso de stock - inmovilizado capital, mientras que la falta de inventario causa retrasos y pérdida de clientes (concepto de la venta perdida)
- **Disrupciones** en la cadena de suministro. Factores como desastres naturales p. ej. erupciones volcánicas como la de Islandia, crisis económicas p. ej. guerras como la de Ucrania,

pandemias o conflictos logísticos p. ej. Canales de Suez o de Panamá, pueden interrumpir el flujo de materiales y productos. Cuando esto sucede, la resiliencia del modelo de gestión será clave para no perder cuota de mercado, minimizar costes y reducir el tiempo del impacto negativo

- **Ineficiencia** en la logística y distribución. Retrasos en el transporte, costes elevados y problemas en la última milla afectan a la entrega y satisfacción del cliente. Se hablará más adelante, pero la sistematización por sí sola no es suficiente, es necesaria una clara definición de procesos y visión sobre la estrategia buscada por cada empresa. El concepto de *Outcome vs. Output* es clave
- **Falta de integración** entre áreas y proveedores. La mala comunicación entre departamentos o proveedores provoca descoordinación y errores en la planificación.
- **Dependencia de proveedores** únicos o vulnerables. Si una empresa depende demasiado de un solo proveedor, cualquier problema con éste puede generar desabastecimiento.
- **Falta de tecnología o digitalización**. Empresas que no invierten en herramientas digitales tienen procesos más lentos y menos adaptables a cambios en la demanda. Del mismo modo su capacidad de competir en el mercado se reduce, careciendo de la ventaja competitiva que otro aprovechará
- **Regulaciones y cambios** en el comercio internacional. Restricciones arancelarias, cambios en tratados comerciales y normativas ambientales pueden afectar a la cadena de suministro global. Aquí toca estar al día en noticias y foros para anticiparse lo más posible
- **Costes crecientes** de materias primas y transporte. La inflación, la escasez de recursos y el aumento en los precios del combustible impactan la rentabilidad y la planificación.

Para mitigar estos problemas, las empresas deben adoptar estrategias de digitalización, diversificación de proveedores, uso de análisis predictivo y una mejor coordinación entre todos los actores de la cadena de suministro.

Los conceptos de *Output* o entregable y *Outcome* o valor definido, explicados en el apartado de buenas prácticas, serán muy necesarios tenerlos en cuenta para garantizar el éxito sostenible de los proyectos, puesto que pueden no estar alineados con la estrategia de la empresa.

Con todo lo anterior, para mejorar la planificación de la cadena de suministro, las empresas pueden utilizar diversas soluciones tecnológicas que optimicen la gestión de datos, la visibilidad y la toma de decisiones apoyándose en la reducción de costes y mejoras en tiempos de respuesta. Algunas de las más representativas serían:

- **Previsión de demanda** y análisis predictivo (DP – *Demand Planning*). Utilizan algoritmos de última generación, inteligencia artificial y *machine learning* para predecir la demanda y optimizar la producción e inventarios
- **Planificación avanzada** (APS - *Advanced Planning & Scheduling*). Ayudan a la planificación y programación de la producción en función de la demanda y los recursos disponibles
- **Plataformas de visibilidad** en tiempo real y monitorización. Permiten rastrear envíos, niveles de inventario y cumplimiento de la cadena de suministro
- **Planificación de recursos empresariales** (ERP – *Enterprise Resource Planning*). Integran información de diversas áreas de la empresa (compras, producción, inventarios, finanzas, ventas, etc.)
- **Gestión de almacenes** (WMS - *Warehouse Management System*). Mejoran la administración del almacenamiento, control de inventarios y movimientos de mercancía. Robótica y Automatización en Logística. Robots para almacenamiento y picking, drones para inventarios y automatización de procesos logísticos
- **Gestión del transporte** (TMS - *Transportation Management System*). Optimizan la logística y distribución, reduciendo costes y tiempo de entrega... Permiten el seguimiento en tiempo real de envíos
- **Internet de las cosas** (IoT – *Internet of Things*) y Sensores Inteligentes. Permiten la monitorización en tiempo real de mercancías, condiciones de almacenamiento y cumplimiento de equipos

Como clausura en este apartado, se quiere comentar otro concepto importante dentro de la planificación de una

compañía, y que engloba a otras áreas como operaciones, marketing, ventas, finanzas y cadena de suministro, es el de *Integrated Business Planning* (IBP). Se trata de un enfoque o metodología avanzada de planificación empresarial que integra estratégicamente todas estas áreas para mejorar la toma de decisiones y la alineación organizativa. Se basa en el concepto tradicional de **Sales & Operations Planning** (S&OP), pero lo amplía incorporando elementos financieros, estratégicos y de ejecución en tiempo real. Tanto S&OP como IBP son metodologías utilizadas para la planificación empresarial pero tienen diferencias clave en su alcance, integración y enfoque estratégico. En capítulo aparte se explica con mayor detalle estas soluciones.

3.1 Previsión de ventas

La planificación de la demanda es un proceso estratégico dentro de la cadena de suministro que busca prever la demanda futura de productos o servicios, permitiendo a las empresas optimizar la producción, el inventario y la distribución. Este proceso combina datos históricos, análisis de mercado, tendencias, colaboraciones con interesados clave y herramientas tecnológicas para mejorar la precisión en la planificación y evitar problemas como exceso de inventario o desabastecimiento.

Se parte de una previsión clásica que utilizaba algoritmos o modelos estadísticos, que utilizando algunos datos históricos mostraban la previsión de las ventas interpretando el pasado. Estos modelos se ajustaban a diferentes comportamientos entre distintos canales de venta, tipos de productos de consumo, estacionalidades, ciclo de vida de producto, canibalizaciones, sustituciones, etc.

Con la actual disruptión del ML/AI (*Machine Learning/Artificial Intelligence*) los modelos han evolucionado consiguiendo interpretar la mayor parte de los inputs que ocurren en los ecosistemas de los mercados. El aprendizaje de estos modelos ayuda a flexibilizar y agilizar los resultados en los distintos elementos agregados.

Los elementos clave del *Demand Planning* se resumen en:

- **Análisis de datos históricos.** Revisión de ventas pasadas y patrones de consumo. Identificación de estacionalidad, tendencias y ciclos de demanda
- **Previsión de demanda** (*Demand Forecasting*). Uso de modelos estadísticos y algoritmos de IA para predecir la demanda. Consideración de

factores externos (cambios en el mercado, competencia, clima, economía).

- **Colaboración entre departamentos.** Integración entre ventas, marketing, operaciones y finanzas para una planificación alineada. Comunicación con proveedores y distribuidores para ajustar las estrategias de suministro. Como tecnología de soporte la parte de integraciones técnicas con el resto del ecosistema es muy relevante (ERP, bases datos mercado, etc.)
- **Optimización de inventario.** Balance entre niveles de stock y demanda esperada. Reducción de costes logísticos y mejora del servicio al cliente. Este *feedback* es necesario y se plantea como parte de los procesos de S&OP.

Es un proceso fundamental para garantizar una gestión eficiente de la cadena de suministro, obteniendo los siguientes beneficios:

- Reducción de costes de almacenamiento y desecho
- Mejora en la satisfacción del cliente al evitar rupturas de stock
- Mayor eficiencia en producción y logística
- Adaptabilidad a cambios y fluctuaciones del mercado con decisiones basadas en datos
- La mejor colaboración en la cadena de suministro.

En el ámbito de proceso, un ciclo estándar mensual o semanal en la planificación de demanda, dependiendo del sector y del errático comportamiento de los consumidores, consta de al menos de las siguientes etapas:

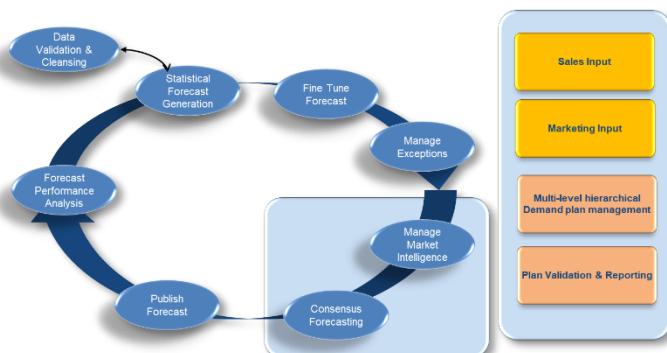


Figura 17 - Ciclo de demanda.

Un punto importante a nivel de datos maestros es la introducción del concepto unidad de demanda o DFU (*Demand Forecasting Unit*). Estas unidades harán referencia a los distintos niveles de venta necesarios para

explicar el modelo de negocio de cada cliente. Normalmente, se componen del artículo-canal-región aunque se pueden definir de otras formas. Estas previsiones de ventas tendrán que ser trasladadas posteriormente a los artículos que se fabrican y almacenan, dicho en otras palabras, SKU (*Stock Keeping Unit*)

1. **Recopilación y limpieza de datos:** datos históricos de ventas. Tendencias del mercado. Factores estacionales y eventos externos. Información de clientes y distribuidores
2. **Análisis y pronóstico de demanda:** aplicación de modelos estadísticos y de IA en los distintos niveles de DFU (*Demand Forecasting Unit*), de mayor a menor agregación en los diferentes canales relevantes para el negocio y la cadena de suministro. Análisis de tendencias y patrones. Evaluación de factores internos y externos
3. **Colaboración y ajustes:** validación con equipos de ventas, marketing y operaciones ajustes basados en información del mercado consenso entre departamentos
4. **Publicación de la previsión para ajustar la planificación de inventarios:** ajuste de niveles de stock según demanda proyectada. Optimización de la producción y abastecimiento. Definición de estrategias logísticas
5. **Ejecución y monitorización:** Implementación de planes de suministro y distribución. Seguimiento en tiempo real de demanda y ventas. Evaluación del cumplimiento de previsiones. Revisión del error y del *Forecast accuracy* mediante indicadores del tipo *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) y *Mean Absolute Deviation* (MAD), donde el "bias" describe lo consistente que es la previsión respecto a las ventas actuales
6. **Retroalimentación y mejora continua:** Comparación de previsiones con demanda real. Identificación de desviaciones y ajustes.

Conceptos como la venta perdida, canibalizaciones, sustituciones, introducción de nuevos productos, campañas de marketing, estacionalidades, etc. hacen de este tipo de soluciones herramientas útiles para manejar la complejidad intrínseca del mercado.

En resumen, predecir con márgenes de error el comportamiento de nuestros clientes es algo desafiante. Las soluciones tecnológicas intentan arrojar luz sobre el

hecho "errático" del comportamiento humano. Su uso y creencia en los procesos colaborativos es algo que las empresas deberían tener estratégicamente definido. El resto será ajustado en la medida de lo posible por el servicio eficiente de la cadena de suministro. No es una "bola de vidrio" pero sistematiza la toma de decisiones desgranando variables medibles.

3.2 Planificación del reaprovisionamiento

La planificación de reaprovisionamiento es el proceso de determinar cuándo, qué cantidad y cómo proveer inventarios para satisfacer la demanda de productos en la cadena de suministro. Su objetivo es garantizar la disponibilidad de stock minimizando costes y evitando desabastecimientos o excesos de inventario. Estas actividades ocurren simultáneamente en toda la cadena de suministro, es decir, desde las tiendas, distribuidores, pasando por almacenes regionales o centrales, fábricas y hasta los proveedores finales. Cuando se habla de los reaprovisionamientos se disponen de algunos métodos y

estrategias a utilizar en función de la cadena a satisfacer. Para describir los principales tendríamos:

- **MRP (Material Requirements Planning)**: usa pronósticos de demanda y tiempo de producción para calcular necesidades de materia prima
- **DRP (Distribution Requirements Planning)**: planifica el reabastecimiento de productos en centros de distribución y tiendas. En la cadena de suministro, la planificación de requisitos de distribución es el proceso logístico que ayuda a determinar cuándo, dónde y cuánta cantidad de productos deben reabastecerse en diferentes puntos de la red de distribución.
- **MPS (Master Production Schedule)**, de la misma forma obtendremos el pronóstico por parte de las plantas productivas
- **VMI (Vendor Managed Inventory)**: el proveedor gestiona los niveles de inventario y realiza reabastecimientos automáticos.
- Reaprovisionamiento basado en IA y ML: modelos predictivos ajustan los pedidos en función de la demanda en tiempo real.

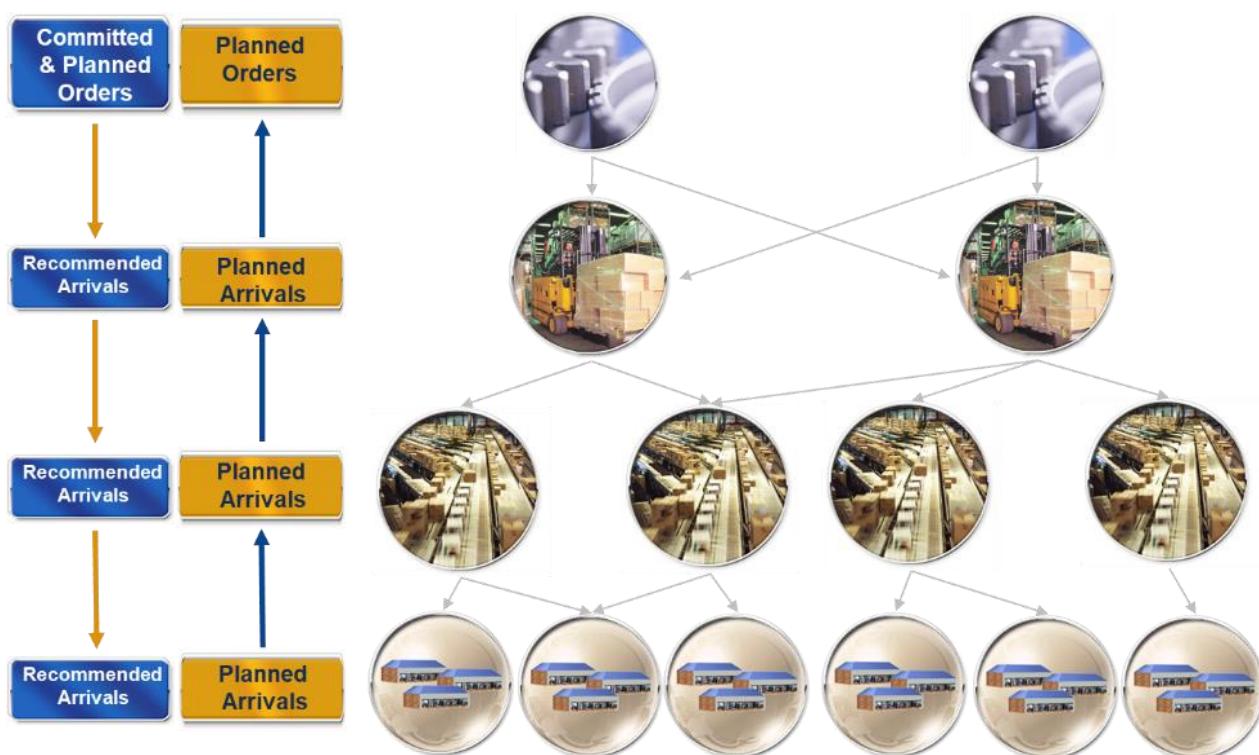


Figura 18 - Ejemplo de red modelizada.

Ejemplo de DRP en acción. Una empresa de alimentos tiene un centro de distribución central y varios almacenes regionales. Usando DRP, analiza el inventario actual, la demanda proyectada y los tiempos de entrega para enviar productos a cada almacén antes de que se agoten, evitando pérdidas de ventas y sobrecostes de envíos urgentes.

Las fases del proceso de reaprovisionamiento de toda la cadena podrían resumirse en:

1. **Recolección y análisis de la demanda,** independiente y dependiente. Entrada en el DRP/MPS/MRP, evaluación del consumo histórico y tendencias de compra. Empleo de herramientas de pronóstico de demanda para prever necesidades futuras. Del mismo modo, soportar la analítica con soluciones de BI y hojas de cálculo
2. **Definición de políticas o niveles de stock.** Como máster data o utilizando otras soluciones de planificación denominadas *Inventory Optimization*. Cálculo del stock de seguridad (para prevenir variaciones de demanda o retrasos). Determinación del stock mínimo y máximo según políticas de inventario. Determinación del lote económico de pedido (EOQ *Economic Order Quantity*) para minimizar costes de compra y almacenaje. Este puede ser determinista o probabilístico atendiendo a los errores en *Supply*
3. **Selección de métodos o políticas de reaprovisionamiento.** Puede venir predeterminado desde el ERP como dato maestro o de la misma forma calcularse de manera activa mediante herramientas de planificación estratégica (aunque como su nombre indica, serán herramientas con temporalidad mínima mensual). Algunos métodos serían:
 - a. reaprovisionamiento periódico: se reabastece en intervalos fijos de tiempo.
 - b. reaprovisionamiento continuo o punto de pedido o cobertura: se repone cada vez que el stock cae por debajo de un umbral.
 - c. modelo justo a tiempo (JIT): se minimiza inventario y se abastece sólo cuando es necesario.

Ejemplo: Si un almacén regional vende 500 unidades de un producto al mes y el tiempo de

entrega es de 10 días, el punto de reposición puede establecerse en 200 unidades para evitar quiebras de stock.

4. **Optimización de pedidos.** Algoritmos que utilizan toda la información anterior (y alguna más) para proponer los pedidos a satisfacer tanto a tiendas como a proveedores. Elección entre compras centralizadas o descentralizadas según necesidades. Consolidaciones
5. **Selección de proveedores, producción y logística.** El DRP debe estar alineado con la planificación de producción así como con los proveedores para evitar retrasos o cortes del suministro: evaluación de tiempo de entrega y confianza de proveedores, asumiendo políticas de stock de seguridad sostenibles. MRP Optimización de rutas y transporte para minimizar costes logísticos. TMS
 Ejemplo: Una empresa minorista puede utilizar DRP para coordinar envíos desde su centro de distribución a tiendas según la demanda proyectada, asegurando que los productos lleguen en el momento preciso.
6. **Ejecución, seguimiento y ajustes** análisis regular a diario o regularmente los resultados del DRP ajustes en la estrategia de reaprovisionamiento según demanda real y cumplimiento de proveedores. DRP/MRP Monitorización en tiempo real de niveles de stock y actualización de las herramientas de planificación. WMS.
 Ejemplo: Si un producto tiene una venta estacional alta en diciembre, el DRP debe ajustarse para aumentar el stock antes del pico de demanda.

Los beneficios de una buena planificación de reaprovisionamiento coordinando la demanda con la oferta o producto serían:

- Reducción de costes logísticos y de almacenamiento
- Mejor nivel de servicio al cliente al garantizar disponibilidad de productos
- Optimización del capital de trabajo, evitando exceso de inventario
- Mayor eficiencia en la gestión de proveedores y compras.

En resumen, una planificación eficiente del reaprovisionamiento permite a las empresas mejorar su rentabilidad, reducir costes operativos y garantizar la satisfacción del cliente. La clave está en el uso de

herramientas tecnológicas y estrategias optimizadas para anticipar la demanda y coordinar mejor los suministros. Esto junto a un equipo implementador con experiencia, garantizado por el fabricante y con referencias, es la garantía del aprovechamiento del valor.

3.3 Planificación de la producción y aprovisionamiento de materiales

Toda demanda tiene sus componentes, como se explicó en el capítulo anterior relacionado, en cada nodo de la cadena de suministro. Las necesidades de Supply del nodo anterior pasan a ser la demanda a satisfacer por el escalón suministrador, sin olvidar que también podría haber demanda independiente, es decir, ventas directas a cliente final (p. ej. productos semielaborados).

Los planes de producción tendrán que lidiar con las restricciones de capacidad de sus líneas productivas, así como de materiales críticos necesarios para alimentar las primeras. En su conjunto cada planta y línea de producción tendrá su Plan maestro de producción (MPS) nivelado con otros módulos o funcionalidades denominadas RCCP (*Rough Cut Capacity Planning*) o CRP

MANUFACTURING RESOURCES PLANNING SYSTEM MRP II

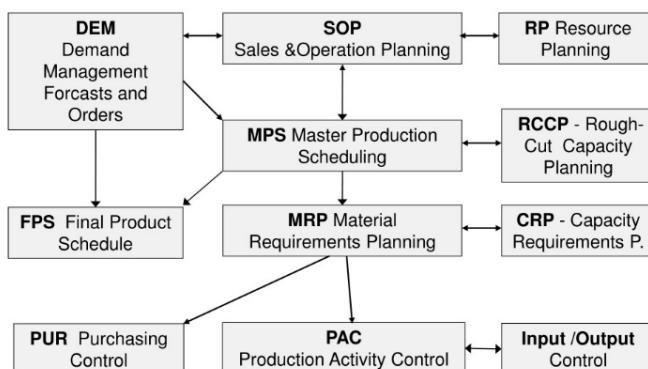


Figura 19 - Ejemplo ecosistema productivo.

(Capacity Requirements); y que será validado y publicado para el resto de las áreas de la empresa, incluso proveedores (p. ej. en el caso de que se necesite maquilar alguna partida).

Este MPS será la demanda en "explotar" hacia los distintos proveedores mediante la clásica "lista de

materiales", BOM (*Bill of Materials*) de sus siglas en inglés. Esto será un escandallo de cada SKU de producto final por cada listado de materiales necesarios para su producción, y esto por cada línea de producción/planta.

Posteriormente, cuando ya se requiera mayor control y ejecución de los procesos propios de fabricación, los sistemas a analizar serán los MES (*Manufacturing Execution System*), junto con los SCADAS para la visualización y control, así como los sistemas de gestión analítica avanzada para la toma de decisiones.

Respecto a los sistemas de planificación avanzada por sí, el planteamiento y las soluciones de mercado, serán similares a las del DRP, ya que se considera como parte de la cadena de suministro, gestionando la demanda, los plazos de entrega productivos o de aprovisionamiento para el control de roturas y exceso de stocks.

Un punto interesante para comentar es que no sólo se trata de planificar sino también de colaborar, llegando a plantear modelos de SCM integrados en los que por ejemplo el proveedor puede hacerse responsable de administrar los niveles de stock necesarios para un determinado nivel de servicio, *Vendor Managed Inventory* (VMI).

El VMI o inventario administrado por proveedor es un modelo en el que el comprador de un producto (cliente) provee información al proveedor para que se haga responsable en mantener ciertos niveles de inventario sea en su almacén o en las instalaciones o tiendas del cliente. La principal ventaja del VMI es evitar cortes de material y por igual reduce el inventario en la cadena de suministro.

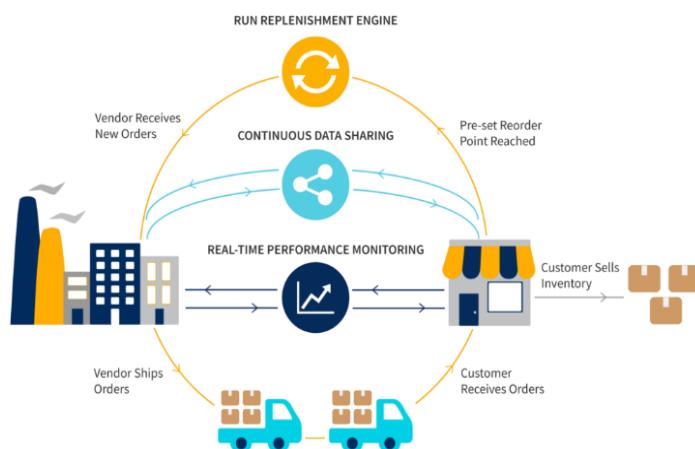


Figura 20 - Ejemplo de VMI.

Las plataformas colaboradoras para VMI permiten una mejor comunicación y coordinación entre proveedores y

clientes, asegurando una eficiente gestión del inventario. Estas plataformas integran datos en tiempo real, automatización y análisis predictivo para optimizar el abastecimiento. Estas plataformas colaboradoras permiten a las empresas reducir costes relacionados con

la compra de materiales o incluso con menores niveles de producto mismo, minimizar riesgos de desabastecimiento o sobrestock de seguridad y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro mediante la integración y automatización de procesos.

4. Monitorización y control estratégico

En este apartado se ha considerado incluir todo lo que puede ayudar a los clientes o usuarios a controlar y tomar decisiones basadas en los datos que recogen las diferentes soluciones a lo largo de la cadena de suministro.

Desde las clásicas herramientas de informes o de inteligencia de negocio (BI), pasando por plataformas colaborativas que soportan metodologías del tipo IBP/S&OP, aglutinando soluciones 360 de visibilidad como las torres de control (CT); sin olvidar la parte de simuladores (estratégicos o de procesos) que tanto en boga están en estos momentos. Cada uno de ellos puede soportar sus negocios aportando el valor adecuado.

4.1 Inteligencia de mercado

Respecto al análisis de los datos, es necesario plantear los cuatro tipos de categorías básicas donde se mueven las empresas en función de su grado de digitalización.

- **Análisis descriptivo.** Es el tipo más simple y común entre los negocios y es la base de toda la interpretación de datos. El análisis descriptivo responde a la pregunta "¿qué sucedió?" en un período determinado al resumir datos anteriores. Este tipo de análisis suele utilizarse principalmente para dar seguimiento a los indicadores clave de rendimiento (KPI) que establece cada empresa. Su principal ventaja es que ayuda a identificar áreas de mejora y oportunidades basadas en datos históricos.
- **Análisis exploratorio o estadístico.** También conocido como estadística exploratoria o análisis estadístico, investiga y valora los datos de los que se tiene poco conocimiento para identificar patrones o relaciones. Un análisis exploratorio tiene como objetivo encontrar información relevante para el negocio, en los datos que no se pueden detectar tan fácilmente en el análisis descriptivo. Su ventaja es que permite generar nuevas preguntas y enfoques para análisis posteriores, enriqueciendo la comprensión de los datos.
- **Análisis de diagnóstico.** Este tipo de análisis responde a la pregunta "¿por qué sucedió?", a partir de los descubrimientos realizados en el análisis descriptivo. Los analistas de datos profundizan en los resultados para encontrar las causas de los patrones de comportamiento, lo que es información de gran valor para las empresas, especialmente para aquellas dedicadas al marketing y al comercio. El análisis de

diagnóstico también funciona para detectar y solucionar problemas rápidamente.

- **Análisis predictivo.** Trate de responder a la pregunta "¿qué es probable que suceda?", a partir de datos anteriores y realizar estimaciones sobre resultados futuros. Este tipo de análisis es algo más complejo, puesto que se basa en el modelado estadístico (una herramienta basada en las matemáticas donde se combinan datos cualitativos y cuantitativos), que requiere tecnología adicional y profesionales especializados para realizar pronósticos correctamente. El análisis predictivo puede utilizarse, por ejemplo, para evaluar riesgos, pronosticar ventas y segmentar clientes. Su ventaja radica en la capacidad de prever futuros escenarios y planificar estrategias en consecuencia.
- **Análisis prescriptivo.** Se trata de una combinación de todos los tipos de análisis de datos anteriores, que determina qué acción tomar para eliminar un problema (actual o futuro) o aprovechar al máximo una tendencia, es decir, el análisis prescriptivo se utiliza para mejorar la toma de decisiones. También es algo complejo de implementar, ya que utiliza herramientas de análisis y tecnologías avanzadas, como el aprendizaje automático, reglas comerciales y algoritmos, la inteligencia artificial (IA) es el ejemplo perfecto para ello.

El análisis de datos es mucho más que números y gráficos, es la clave para tomar decisiones inteligentes y estratégicas en cualquier campo. En un mundo impulsado por los datos, comprender y aplicar los diferentes tipos de análisis es clave para cualquier profesional o empresa que busque una ventaja competitiva. La combinación de técnicas estadísticas, inteligencia artificial y *big data* ha revolucionado la forma en que se interpreta la información, cosa que permite optimizar procesos, mejorar la eficiencia operativa y descubrir nuevas oportunidades de negocio.

4.2 Coordinación estratégica | S&OP - IBP

Dentro de la planificación de una compañía, existen actividades recurrentes de alineamientos estratégicos englobando diferentes áreas e incluso unidades de negocio. Estos enfoques engloban las áreas de

operaciones, marketing, ventas, finanzas y cadena de suministro.

Normalmente en este apartado se dispone de al menos dos metodologías para esta planificación empresarial, con diferencias clave en su alcance, integración y enfoque estratégico. Se habla de *Sales & Operations Planning* (S&OP) e *Integrated Business Planning* (IBP).

IBP es un enfoque avanzado de planificación empresarial que integra estratégicamente las áreas de ventas, operaciones, finanzas y **cadena de suministro** para mejorar la toma de decisiones y la alineación organizativa. Se basa en el concepto tradicional de S&OP, pero lo amplía incorporando elementos financieros, estratégicos y de ejecución en tiempo real. Tanto S&OP como IBP son metodologías utilizadas para la planificación empresarial pero tienen diferencias clave en su alcance, integración y enfoque estratégico. En muchas empresas, IBP es una evolución del S&OP, ampliando su alcance y sofisticación para mejorar la toma de decisiones basada en datos.

Por tanto IBP tiene como principales diferencias que integra el componente financiero, lo que permite una alineación con los objetivos de rentabilidad y crecimiento de la empresa. Es más estratégico a largo plazo, mientras que S&OP se centra en la gestión operativa de la demanda y la oferta en el corto y medio plazo. Involucra a más áreas dentro de la empresa, no sólo ventas y operaciones, sino también finanzas, marketing, recursos humanos y dirección ejecutiva. Utiliza tecnologías avanzadas, como inteligencia artificial y modelos predictivos, para mejorar la toma de decisiones.

Poniendo esto en una tabla resumen, podría ser esta:

Características	S&OP (Sales & Operations Planning)	IBP (Integrated Business Planning)
Enfoque	Operacional y táctico	Estratégico y financiero
Objetivo principal	Equilibrar oferta y demanda	Alinear a toda la empresa con la estrategia corporativa
Áreas involucradas	Ventas, operaciones, cadena de aprovisionamiento	Ventas, operaciones, cadena de aprovisionamiento, finanzas, marketing, RRHH

Características	S&OP (Sales & Operations Planning)	IBP (Integrated Business Planning)
Nivel de planificación	Horizonte a corto y medio plazo (3-18 meses)	Horizonte de medio y largo plazo (1-5 años)
Uso de datos	Datos históricos y demanda actual	Datos históricos, proyecciones financieras y modelos predictivos
Toma de decisiones	Basada en producción e inventario	Basada en rentabilidad y estrategia corporativa
Tecnología utilizada	ERP, SCM herramienta de previsiones de demanda	IA, ML, simulaciones de escenarios, plataformas de analítica avanzada

Desde el punto de vista de cuándo utilizarlo, S&OP es ideal para empresas que buscan mejorar su eficiencia operativa y coordinar mejor la producción con la demanda. Mientras que, IBP es más adecuado para empresas que necesitan una visión global de su negocio y desean alinear sus operaciones con sus objetivos estratégicos y financieros.

Algunos de los beneficios del IBP podrían ser:

- Más precisión en la planificación gracias a datos en tiempo real
- Reducción de costes al optimizar inventarios y producción
- Mejor respuesta a la demanda de mercado con escenarios predictivos. Mayor alineación entre operaciones y finanzas para cumplir objetivos estratégicos
- Automatización y eficiencia mediante plataformas digitales avanzadas.

4.3 Torre de control

La torre de control de la cadena de suministro (*Supply Chain Control Tower*), como su propio nombre indica, es un concepto que proviene del símil de las torres de control aéreas, donde se vela por la detección temprana y fluidez en la gestión de los procesos de la cadena de suministro de acuerdo a la información recogida y tratada.

Muchas soluciones plantean los datos y presentan los avisos para que los usuarios avanzados tomen la decisión

que consideren, es decir, resultados **predictivos**. Desde hace un tiempo, ahora acelerado mucho más por la IA, estas soluciones no sólo plantean o muestran los datos/avisos en cuadros de comandos e indicadores, sino que también proponen soluciones alternativas para que el usuario elija una, es decir, ayudan con resultados **prescriptivos**.

Además, las *Control Tower* facilitan la colaboración entre socios comerciales al conectar datos internos, de socios y de terceros, lo que mejora la toma de decisiones y la gestión de excepciones. Implantar una solución de torre de control en la cadena de suministro es una decisión estratégica que puede transformar la forma en que una empresa gestiona sus operaciones logísticas, su visibilidad y su capacidad de reacción. En otras palabras, aunque se pueda plantear adquirir estas soluciones no teniendo toda la infraestructura sólidamente implementada, la recomendación sería ir paso a paso, primero definiendo cada proceso a cubrir con tecnología para posteriormente aunar todo el ecosistema, a modo de "paraguas", de este modo, orquestar cada parte del "rompecabezas".

Algunas claves a tener en cuenta por parte de los clientes a la hora de plantearse adquirir estas soluciones serían:

- Visibilidad en tiempo real de punta a punta. Permite monitorizar en tiempo real todo el flujo de la cadena de suministro, desde proveedores a clientes finales. Ayuda a detectar incidencias de forma proactiva antes de que escalen
- Mayor capacidad de respuesta frente a disruptiones de la red. Detecta retrasos, roturas de stock o cuellos de botella rápidamente. Permite activar planes de contingencia o redistribuir la red logística
- Integración de múltiples sistemas y áreas. Conecta ERP, TMS, WMS, sistemas de planificación, IoT, entre otros. Facilita la colaboración entre áreas internas y socios externos
- Fomento de una cultura *data-driven*. Permite pasar de una gestión reactiva a una proactiva. Impulsa la mejora continua mediante análisis de tendencias y performance
- Escalabilidad y alineación con la transformación digital. Es una pieza clave en la digitalización de la Supply Chain. A medida que crece la empresa o se internacionaliza.

Y, por tanto, lo que se consigue a su vez es:

- Reducción de costes operativos. Optimización de rutas, inventarios y recursos. Reduce penalizaciones, reprocesos y sobrecostes por falta de coordinación.

Evidentemente, esta parte se ejecuta en los sistemas especializados tipo TMS, WMS, *Demand Planning*, etc. Aunque algunas soluciones pueden plantear algoritmos para la resolución.

- Mejora del nivel de servicio al cliente. Aumenta la precisión de las entregas (OTIF). Proporciona información transparente y confiable sobre el estado de los pedidos.

Cualquier empresa puede plantearse controlar su SC (*Supply Chain*). Pero no todas deberían hacerlo sin antes tomar conciencia de los pros y conseguimos con su estrategia corporativa. Por ese motivo, antes de proponer una solución de la cadena de suministro, un cliente debe seguir varios pasos para asegurarse de que la solución sea relevante, viable y alineada con sus objetivos estratégicos. Algunos representativos, en orden lógico, como con cualquier proyecto estratégico que se precie, serían al menos:

- Definir objetivos estratégicos. ¿Qué se espera conseguir con la torre de control? (Visibilidad *end-to-end*, mejora del servicio al cliente, reducción de costes, etc.). ¿Cuál es el problema del cliente o *pain point* principal que se desea resolver?
- Evaluar el estado actual de la cadena de suministro. Mapear los procesos actuales. Identificar los sistemas existentes (ERP, WMS, TMS, etc.)
- Reconocer cuellos de botella, áreas sin visibilidad o baja eficiencia. Identificar a los interesados clave. Determinar quiénes serán los usuarios de la torre de control (planificadores, transportistas, finanzas, atención al cliente...). Alinear expectativas entre las distintas áreas implicadas
- Definir KPI y casos de uso. ¿Qué indicadores clave se desean monitorizar (OTIF, inventario, tiempo de ciclo, cumplimiento de pedidos, etc.)?
- Evaluar la calidad y disponibilidad de los datos. ¿Qué datos se tienen y qué fuentes provienen? ¿Cuán confiables y actualizados están estos datos? ¿Es posible integrarlos en una única vista? Etc.
- Estudiar la arquitectura tecnológica deseada. ¿Se busca una torre de control centralizada o descentralizada? ¿Qué grado de automatización o inteligencia artificial se requiere? Se asume que en los tiempos que corren se está yendo a SaaS nativo.
- Analizar el impacto organizacional. ¿Qué cambios operativos o de roles se necesitarán? ¿Se requiere formación o reestructuración? ¿Cómo se gestionará el cambio?

Con todo ello se podrá plantear el *Business Case* (evaluación de la rentabilidad de un proyecto) detectando las áreas de mejora en las que focalizarse si se decide llevar adelante el proyecto.

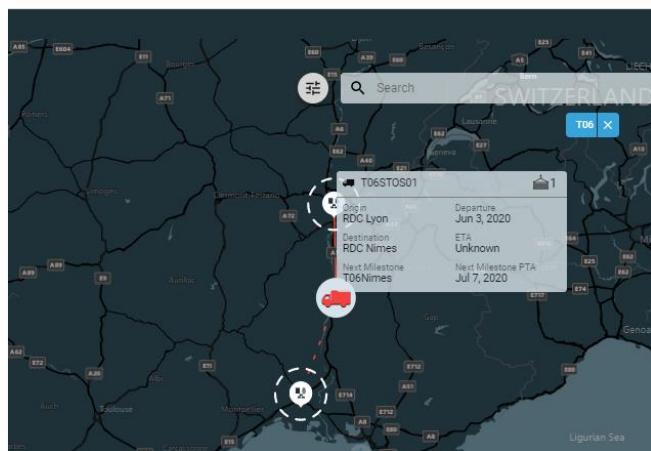


Figura 21 - Ejemplo de herramienta con diferentes estados de envío.

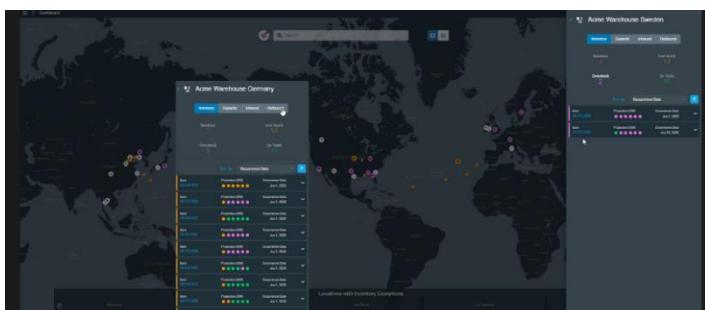


Figura 22 - Ejemplo de análisis de stocks.

4.4 Simulaciones

En nuestro entorno actual existen muchas decisiones que necesitan generar y simular muchos datos-escenarios para poder analizar en detalle los cuellos de botella. Para ello, entre otros sistemas, se poseen los llamados *Digital Twin* (DT) y las *Discrete Event Simulation* (DES) que son

técnicas de modelación usadas para representar o simular sistemas y procesos.

- Los DT son sistemas cuyo objetivo es hacer réplicas de lo existente, utilizando para ello sensores e integraciones en tiempo real. Permiten monitorizar, predecir y optimizar el funcionamiento real
- Las DES por su parte, son sistemas que simulan la evolución de un sistema a lo largo del tiempo mediante una secuencia de eventos discretos que se van sucediendo. Es útil para analizar procesos y optimizar operaciones.

Ambas técnicas son ampliamente utilizadas en distintas industrias como manufactura, logística o telecomunicaciones. A nivel comparativo se podrían categorizar de la siguiente forma:

Variable	DT	DES
Datos	Tiempo real	Normalmente series históricas o supuestos
Objetivo principal	Supervisión continua y predicción en tiempo real y predicciones para tomar decisiones	Evaluá escenarios "what-if". Análisis y optimización de procesos
Complejidad integración	Más compleja debido a sensores, IoT, sistemas de control, etc.	Más sencillo de construir y mantener y que se pueda ejecutar de forma aislada o "stand alone"
Ejemplos de uso	Supervisar una máquina de producción para detectar anomalías en tiempo real	Simulación del flujo de clientes en un supermercado para optimizar la disposición de las cajas

Este tipo de soluciones permiten obtener información a partir de modelos estadísticos y de la interacción de diferentes procesos individuales, lo que da la posibilidad de realizar múltiples cálculos sobre un sistema.

Muchas de estas soluciones, además de generar entregables en series numéricas, normalmente aportan simulaciones 3D donde entender de forma más visual los resultados y agilizar la toma de decisiones.

Como en muchos sistemas se dispone de diferentes variantes que evidentemente tendrán diferencias en

cuanto a su alcance y coste. Desde softwares comerciales del tipo *FlexSim* o *AnyLogic*; hasta planteamientos de *open-source* donde se dispone de la plataforma o

framework para ampliar, si se requiere, la programación de estas simulaciones de procesos, por ejemplo, *SimPy* o *Salabim (Python)*, etc.

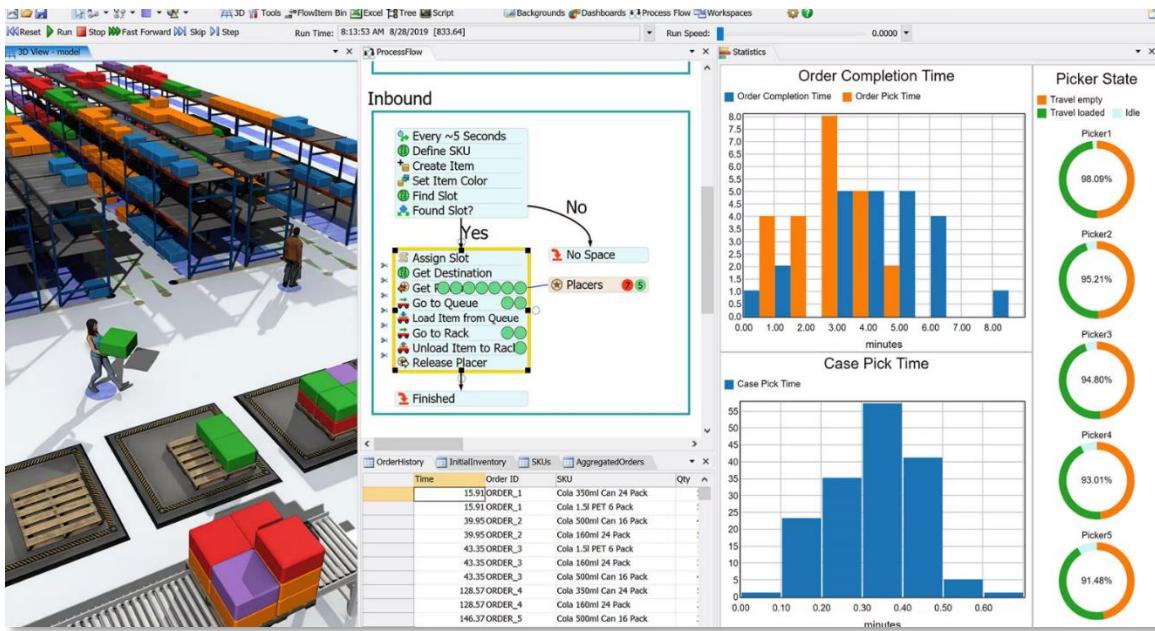


Figura 23 - Ejemplo de procesos de preparación.

5. Buenas prácticas

En este capítulo al tratar de poner temas basados en la experiencia a lo largo de los años y que agrega valor a las distintas soluciones.

5.1 Gestión de proyectos

En el ámbito de metodologías de implementación, todas estas tecnologías siguen los patrones determinados globalmente por instituciones del tipo PMI (*Project Management Institute*). Normalmente, cuando se poseen herramientas estándar, la estrategia aconsejada es la híbrida considerando:

- Una parte tradicional a cascada (*waterfall*) para aquellas partes donde se conocen los requisitos del cliente y el diseño no incluye desarrollos específicos del núcleo de la solución
- Y otros, en modo ágil para aquellos elementos que requieran algunos desarrollos en función de la evolución de los requisitos de los clientes

Todos estos proyectos siguen un patrón a partir de un primer proyecto a modo de plantilla o piloto para posteriormente realizar despliegues o *rollouts* graduales en otras áreas de negocio, países, etc. compartiendo las siguientes fases:

- Diseño de la solución, tanto funcional como técnica. Nota: Fit/Gap en caso de los rollouts
- Construcción: configurando el aplicativo, desarrollando las interfaces de integración, la automatización de procesos y algunos "ad-hoc" que normalmente se gestionan como cambios al alcance para ir controlando el presupuesto
- Validación o pruebas de integración, aceptación de usuarios y de rendimiento o volumen
- Puesta en productivo con un plan de corte de operaciones anticipado y acompañamiento del equipo de proyecto
- Traspaso a soporte del proveedor. Normalmente dependiendo del volumen de la operación el propio cliente tendrá varios niveles dentro de su organización

Como aprendizaje de las diversas experiencias implementando estos productos se ha consolidado la siguiente lista, a tener en cuenta, como principales razones para que un proyecto se retrase.

1. Definición del proyecto

- Definición del objetivo del proyecto basado en el resultado u output, en lugar del valor u Outcome. No es sólo una implementación de software que debe integrarse con otro software. El motor del proyecto debe tener el valor como guía. Es clave para una gobernanza 360, así como para definir un plan claro por fases/entregables. Razón 1: objetivos diferentes
- Mala transición de las ventas en la implantación. Esto comporta expectativas desalineadas. Razón 1: compromiso entre ventas y entrega o TI y negocios. Razón 2: demasiada documentación de alto nivel con una definición de responsabilidades deficiente normalmente porque no son las personas adecuadas

2. Gobernanza

- Plan de gobierno deficiente en todos los niveles y poco riguroso en la ejecución. Frecuencia: es necesario realizar reuniones diarias y semanales con los actores clave para revisar problemas, tapones, riesgos, dar visibilidad con desviaciones y escalar, lo antes posible, al siguiente nivel. El comité directivo mensual para resolver estos problemas debe intensificarse a un ritmo rápido.
- Dedicación parcial del equipo del proyecto. Produce desalineaciones y desconocimiento.

3. Diseño de la solución

- Baja participación de usuarios de las operaciones en las fases de diseño. Alto riesgo de incumplimiento de las operaciones estándar, ciertas reglas de negocio, excepciones o procesos no considerados, etc. Razón 1: proyecto está bajo el presupuesto de TI. Razón 2: operaciones no ha participado en la decisión, por lo que no es una prioridad. Razón 3: responsabilidades operativas diarias
- Demasiado diseño de alto nivel sin tener en cuenta los procesos

4. Gestión de datos maestros (MDM)

- Definición inexacta de las dimensiones de los artículos: longitud, anchura, altura, peso, capas por palés, etc. Especialmente importante en la función de paletización y embalaje.

5. Integración y personalizaciones

- Definición tardía o incompleta o demasiado compleja de la estrategia de integración. Exceso de puntos de contacto entre sistemas a causa de requisitos innecesarios de poco valor.

- Retraso en la construcción de interfaces. La fase de construcción debe empezar cuanto antes justo después de la definición de los campos para tener suficiente flotación, incluidos errores de comunicación, ajustes de mapeo, mala calidad de datos, etc.
- Definición de alto nivel de la estrategia de *Business Intelligence* y descripción de requisitos tardíos. Siempre es el último paso en estos proyectos, aunque es relevante para mantener el valor del negocio rastreado.
- Personalizaciones. Demasiadas rendijas sobre el estándar identificadas y validadas. Estos desarrollos requieren tiempo de +40 h cada uno y más presupuesto. Razón 1: falta de conocimiento de las funcionalidades de última generación. Razón 2: resistencia al cambio de liderazgo o usuarios. Razón 3: definición de solución incorrecta para cubrir el requisito (por ejemplo, *yard management* con el TMS)

6. Pruebas para garantizar la viabilidad

- Pruebas ineficientes e ineficaces durante los ciclos de integración entre sistemas (SIT) y los de aceptación de los usuarios (UAT), desplegando la puesta en marcha con errores en casos de uso (UC).
- Casos de uso o escenarios creados sólo pensando en excepciones y no cubriendo todos los procesos de negocio, o viceversa.
- Pruebas de rendimiento insuficientes con un importante volumen de datos.
- UAT ejecutado por superusuarios no operativos que validan los casos de uso sin la adecuada orientación al día a día de su Trabajo.
- El simulacro de prueba de extremo a extremo *end-to-end* (E2E) no se ha incluido en el plan para validar todos los procesos en un enfoque diario con un montón significativo de datos.

7. Formaciones

- Formación de usuarios insuficiente, que comporta mayor esfuerzo y problemas que afectan a la puesta en marcha: documentación insuficiente, programaciones inadecuadas, comunicación y compromiso inefficiente a través de la gestión del cambio, etc.

8. Entregables

- Baja definición de los entregables en matriz de responsabilidades (RACI) y contenido esperado.
- Los entregables no han sido revisados y firmados correctamente por el cliente.

9. Corte de operaciones

- Anticipar suficientemente el plan de corte de operaciones para crear un plan detallado de actividades que dé confianza y que incorpore a todos los interesados. Por ejemplo en el WMS la estrategia de carga de inventario lo antes posible para testarlo bien (es normal que tarde mucho tiempo).

10. Transición a soporte

- Bajo apoyo por parte del cliente durante la puesta en marcha, por lo que la dependencia del proveedor es crítica y la transición al soporte será más difícil

Seguro que hay más, pero éstas han sido un recopilatorio entre varios profesionales.

5.2 Outcome vs. Output

En este punto, se quiere profundizar un poco en postular la diferencia entre dos conceptos que habitualmente se confunden y que provocan la pérdida de foco en nuestra experiencia. Muchas veces se focaliza en los entregables de un proyecto y de esta forma se mide su éxito. Esto es correcto por supuesto, los **entregables** u *Outputs* son necesarios en cualquier proyecto. Pero siempre deberían venir acompañados de la variable del **valor** u *Outcome*, que serían los resultados medibles después de haber hecho algo u objetivos detrás de una implementación de soluciones tecnológicas (¿por qué se hace esto y cómo se medirá?).

Para exemplificarlo se utilizará un ejemplo real, con una empresa del sector logístico de carácter multimodal global. Esta empresa estaba realizando para uno de sus clientes preferentes una serie de acciones de mejora del servicio. Necesitaban tener trazabilidad total de unos contenedores especiales a lo largo de la cadena de suministro. Analizaron sus puntos débiles y detectaron diversas acciones

- Necesitaban mejorar el repositorio de información, por lo que se pusieron a ver cómo mejorar la fecha y analizar opciones de BI.
- Carecían de oficina de proyectos, por lo que asignaron a un tercero la gestión del proyecto de mejora de las operaciones.
- Por otra parte, necesitaban integrarse con otros 3PL para mantener la trazabilidad, por lo que analizaron las interfaces y solicitaron a los subcontratos soporte y esfuerzo.

- Había flujos con pérdidas de la señal GPS que necesitaban evaluar desde un punto de vista técnico
- ...

Así, varios equipos de trabajo y tareas concretas, coordinados bajo una oficina de gestión de proyectos. La anécdota de este caso vino cuando se planteó, después de varias semanas de trabajo intenso, por qué el cliente estaba pidiendo esto. Y curiosamente detrás de visibilidad y mejora de las operaciones había un indicador de que era el causante de todo, el tiempo de ciclo o *Cycle Time*. El contrato se regía por este indicador, por lo que el foco no era "mejorar toda la cadena de suministro dando visibilidad...", sino "mejorar el tiempo de ciclo desde el momento en que se depositaba el contenedor en la playa de expedición de las plantas hasta la entrega al cliente". Poco o nada importaba lo que ocurriera en medio, salvo incidencias en el servicio. Podía tener la mejor visibilidad del mundo con unas operaciones mejoradas que si no impactaba en este indicador por carga no le entregaba valor al cliente, y por tanto todo el esfuerzo era un poco en vano.

Los *Outputs* no te garantizan el éxito sostenible, puesto que pueden no estar alineados con la estrategia, cuál sea, de la empresa.

5.3 Procesos de selección de sistemas

El proceso de selección de una solución logística es una de las decisiones más críticas para cualquier organización que busque mejorar su eficiencia operativa, su capacidad de respuesta al cliente, su competitividad en el mercado y sus previsiones de crecimiento. Este proceso no se limita a elegir una herramienta tecnológica, sino que implica alinear estrategia, procesos y tecnología para conseguir objetivos empresariales clave.

En un contexto en el que la digitalización y la automatización están redefiniendo los modelos logísticos, elegir la solución adecuada puede suponer una mejora sustancial en la visibilidad, trazabilidad, planificación y ejecución de las operaciones. Por el contrario, una selección inadecuada puede generar costes ocultos, resistencia al cambio, dificultades de integración y, en definitiva, la pérdida de ventaja competitiva e incluso de clientes.

Además, el mercado de soluciones logísticas está en constante evolución, con una gran variedad de proveedores y enfoques (*cloud*, modulares, especializados por sector, IA, etc.). Esto hace imprescindible adoptar un proceso estructurado, objetivo y basado en criterios mensurables para evaluar las opciones disponibles.

Un buen proceso de selección debe garantizar:

- Que la solución cubra las necesidades actuales y futuras del negocio.
- Que sea económicamente viable y escalable a largo plazo.
- Que facilite la integración con los sistemas existentes (ERP, WMS, TMS...).
- Que cuente con el soporte de un proveedor fiable y con experiencia contrastada.

En resumen, el proceso de selección no sólo afecta al departamento de logística o IT, sino que impacta transversalmente en toda la organización, desde el servicio al cliente hasta la dirección estratégica. Por ello, es necesario abordarlo con el máximo rigor y profesionalidad.

5.3.1. Definición de los requisitos

El cimiento de una buena selección. Antes de iniciar la búsqueda y evaluación de soluciones del mercado, es imprescindible realizar una definición clara, estructurada y consensuada de los requisitos que debe cumplir la futura solución. Esta fase establece las bases sobre las que se va a construir todo el proceso de selección e implementación posterior.

Requisitos funcionales: Son aquellos relacionados con las capacidades operativas que debe tener la solución. Estos requisitos deben recogerse de forma detallada y deben alinearse con los procesos actuales y futuros. Ejemplos típicos en el ámbito logístico:

- Gestión de stocks multialmacén
- Planificación y ejecución del transporte
- Trazabilidad de productos y lotes
- Gestión de pedidos y retornos
- Integración con proveedores y transportistas
- Indicadores de rendimiento logístico (KPI)

Es

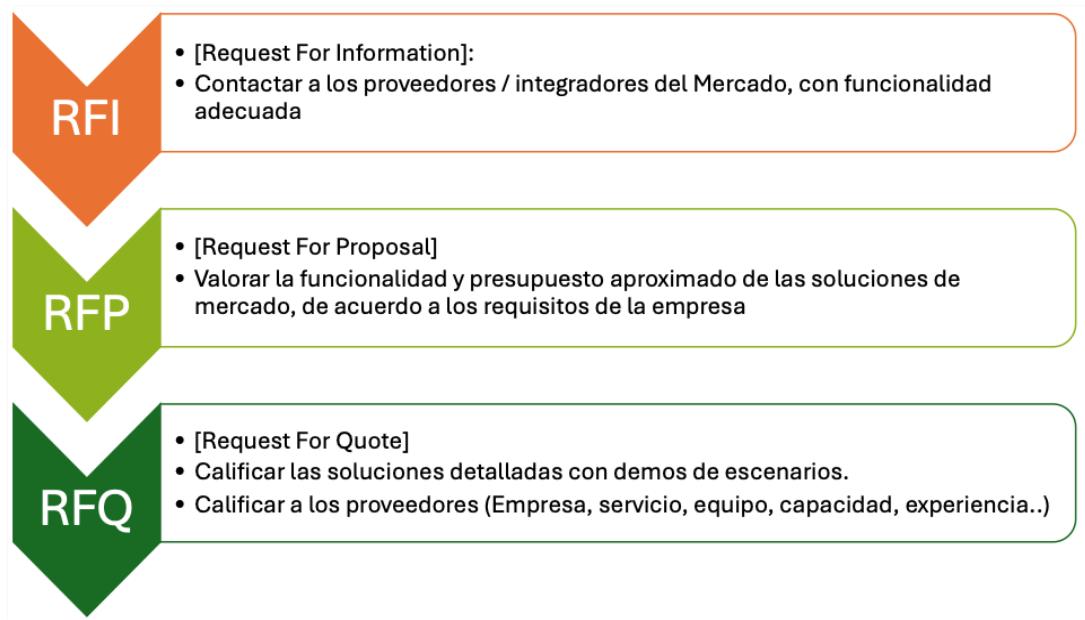


Figura 24: RFI-RFP-RFQ.

recomendable describir los requisitos utilizando escenarios concretos o casos de uso reales (use cases), para facilitar su comprensión y evaluación posterior.

Requisitos no funcionales: Hacen referencia a características del sistema que no están relacionadas directamente con las funcionalidades, pero que son igualmente críticas:

- Seguridad y control de accesos.
- Escalabilidad y rendimiento.
- Disponibilidad (SLA), *backups* y recuperación.
- Arquitectura tecnológica y modelo de despliegue (*cloud, on-premise, híbrido*).
- Facilidad de integración (API, formatos EDI, estándares...).
- Usabilidad y formación de usuarios.

Implicación de las partes interesadas: La definición de requisitos debe contar con una participación activa de las áreas afectadas:

- Departamentos operativos: aportan visión práctica y funcional.
- Departamento de TI: define criterios técnicos y de integración.
- Dirección: aporta una visión estratégica y alineación con los objetivos de negocio.
- Control de gestión o compras: ayuda a valorar impacto económico y eficiencia.

El proceso puede incluir entrevistas, talleres colaborativos o encuestas internas, siempre con el objetivo de garantizar que ninguna necesidad clave quede fuera.

Resultado esperado - documento de requisitos: El producto final de esta fase es un documento de requisitos que servirá de base para:

- Redactar los RFI/RFP.
- Evaluar las respuestas de los proveedores.
- Realizar demostraciones y pruebas de concepto.

Este documento debe estar vivo, pero controlado para garantizar trazabilidad y coherencia durante todo el proceso de selección e implementación.

5.3.2. RFI – Request for Information

Exploración estructurada del mercado.

El RFI (Request for Information) es el primer instrumento formal que se utiliza en el proceso de selección para obtener una visión general y objetiva del mercado de soluciones disponibles. El objetivo principal de esta etapa es recoger información de diferentes proveedores sin compromiso, para identificar a quienes pueden ser candidatos válidos para entrar en fases posteriores (RFP, demostraciones, etc.).

Es especialmente útil cuando:

- La empresa no conoce a fondo la actual oferta tecnológica.
- Hay muchos tipos de soluciones (verticales, generalistas, modulares...).
- Se desea validar si los requisitos internos son realistas y habituales.

Objetivos de la RFI

- Comprender las capacidades generales de las soluciones existentes.
- Identificar a los proveedores que encajan con las necesidades principales.
- Evaluar la madurez, experiencia y enfoque de los distintos vendedores.
- Detectar posibles restricciones tecnológicas o de arquitectura informática.

Contenido típico de un RFI

El documento de RFI debe ser breve, claro y enfocado a recabar información útil para una primera selección. Puede incluir:

- Presentación de la empresa solicitante (contexto y necesidades generales)
- Preguntas generales al proveedor, tales como: Descripción general del producto/solución. Arquitectura y modelo de despliegue. Experiencia en el sector y casos de uso relevante. Cobertura funcional general (*checklist*), Capacidades de integración con sistemas ERP, WMS, TMS... Hoja de ruta del producto (*roadmap* de funcionalidades). Apoyo internacional, idiomas y localización
- Información sobre el proveedor: Año de fundación, número de empleados, presencia geográfica. Modelo de soporte y mantenimiento. Referencias de clientes similares.

Resultado esperado

- Comparativa inicial entre distintas soluciones.
- Identificación de proveedores viables para entrar en la fase de RFP.
- Posibles ajustes de los requisitos internos según lo que el mercado puede ofrecer.

Buenas prácticas para un RFI efectivo

- Enviarlo a una muestra representativa de proveedores (entre 5 y 10, habitualmente).
- Establecer un claro plazo de respuesta.

- Evitar preguntas demasiado técnicas o comerciales (que se dejarán por la fase de RFP).
- Documentar de forma estandarizada las respuestas para facilitar su comparación.

5.3.3. RFP – Request for Proposal

Valoración funcional y técnica detallada.

Una vez realizada una primera selección de proveedores potenciales mediante el RFI, el siguiente paso es la emisión del RFP (*Request for Proposal*). Ésta es la fase central del proceso de selección, donde se pide a los proveedores una propuesta técnica y funcional completa, así como una descripción clara de los servicios asociados y del modelo de despliegue.

El objetivo del RFP es permitir a la organización comparar de forma rigurosa y estructurada las diferentes soluciones disponibles, teniendo en cuenta sus requisitos específicos.

Objetivos del RFP:

- Obtener propuestas detalladas y comparables entre proveedores.
- Evaluar el grado de cobertura funcional respecto a los requisitos internos.
- Conocer la propuesta técnica y arquitectónica de cada solución.
- Entender el modelo de implementación, soporte y evolución.
- Preparar terreno para demostraciones, pruebas de concepto o visitas a clientes.

Contenido típico de un RFP. El documento de RFP debería incluir:

A. Contexto e información general

- Presentación de la empresa y objetivos del proyecto.
- Retos actuales y motivación del cambio.
- Cronología estimada del proyecto y fases previstas.

B. Requisitos funcionales

- Listado detallado de requisitos (idealmente en formato *checklist* con respuesta: disponible, parcial, no disponible, en *roadmap*...).
- Escenarios operativos reales para validar cobertura y flexibilidad.
- Indicación de funcionalidades críticas vs. opcionales.

C. Requisitos técnicos y de integración

- Arquitectura propuesta (*cloud, on-premise, híbrida*).
- Capacidad de integración con sistemas existentes (ERP, WMS, TMS, etc.).
- Capacidad de integración y gestión de automatismos existentes (almacenes automatizados, etc.)
- Estándares utilizados (API REST, EDI, *web services*,...).
- Requisitos de seguridad, compatibilidad y rendimiento.

D. Servicios asociados

- Método y duración de implementación.
- Formación de usuarios y transferencia de conocimiento.
- Soporte técnico y mantenimiento (SLA).
- Evolución y *roadmap* del producto.

E. Condiciones comerciales preliminares

- No es una oferta cerrada, pero se puede pedir rangos de precios o modelos de licencia para orientar.

Procesamiento y evaluación de las respuestas

- Consolidación de las respuestas en una matriz comparativa.
- Asignación de puntuaciones ponderadas por criterios (funcionales, técnicos, comerciales...).
- Filtrado de 2–3 opciones para pasar a fases de demos, *workshops* o PoC.

Buenas prácticas en el RFP

- Ser muy claro en los requisitos y expectativas.
- Incluir un modelo de respuesta a estandarizar.
- Establecer un calendario realista y compartirlo con todos sus proveedores.
- Evitar textos excesivamente comerciales: el foco es técnico y funcional

5.3.4. RFQ – Request for Quotation

Definición clara de costes y condiciones.

Una vez que la empresa ha identificado una o varias soluciones viables a través del RFP, es momento de obtener una oferta económica formal y detallada. Éste es el objetivo del RFQ (*Request for Quotation*): pedir una cotización concreta, estructurada y comparable que

permita tomar decisiones informadas tanto desde el punto de vista económico como estratégico.

Esta fase suele centrarse en un reducido número de proveedores finalistas (normalmente entre 1 y 3) y a menudo va acompañada de una negociación técnica y comercial.

Objetivos del RFQ

- Obtener una oferta económica clara, desglosada y realista.
- Evaluar el coste total de propiedad (TCO).
- Comparar modelos de licencia y servicio.
- Preparar el terreno para la negociación final y contratación.

Contenido típico de un RFQ. El documento de RFQ puede incluir los siguientes blogs:

A. Escenario funcional de referencia

- Número de usuarios o terminales.
- Volumen de datos estimado (almacenes, pedidos, líneas por día, etc.).
- Módulos y funcionalidades que se esperan implementar.
- Horizonte temporal del proyecto.

B. Petición de desglose económico

- Costes de licencia o suscripción (SaaS, perpetuo...).
- Costes de implementación: configuración, personalización, integración, formación.
- Mantenimiento y soporte: SLA, niveles, cobertura horaria.
- Evolución y actualizaciones (si incluidas o no).
- Costes de consultoría o servicios adicionales (PoC, migración, etc.).
- Costes asociados a la infraestructura (en su caso).

C. Modelo de contratación y condiciones

- Términos de pago.
- Duración mínima del contrato y renovaciones.
- Condiciones de cancelación.
- Responsabilidades de las partes.

Resultado esperado

- Tabla comparativa de costes para cada proveedor.
- Identificación de gastos recurrentes vs. puntuales.
- Visión clara del coste total a 3–5 años.

- Base para iniciar una negociación estructurada.

Buenas prácticas para el RFQ

- Proporcionar un escenario base común para facilitar comparaciones.
- Pedir que las ofertas se presenten en un formato estandarizado (mesas, ficha Excel...).
- Aclarar si se trata de una licitación formal o petición para negociación privada.
- Revisar con detalle las condiciones legales y contractuales antes de su firma.

5.3.5. Evaluación y selección de la solución

De la comparación en la decisión.

Después de haber recogido toda la información mediante RFP y RFQ, llega el momento más decisivo del proceso: evaluar, comparar y escoger la solución que mejor se ajusta a las necesidades de la organización. Esta fase combina un análisis objetivo de criterios funcionales, técnicos y económicos con aspectos más cualitativos como la confianza en el proveedor o su capacidad de despliegue.

Matriz de evaluación y puntuación

Para garantizar transparencia y coherencia, se recomienda el uso de una matriz comparativa de puntuación, en la que se ponderen criterios previamente definidos. Esta matriz puede incluir:

Categoría	Ejemplo de criterios	Ponderación (%)
Cobertura funcional	Grado de ajuste a los requisitos clave	30%
Técnica e integración	Compatibilidad con el entorno IT, escalabilidad	20%
Usabilidad	Simplicidad, ergonomía, experiencia de usuario	10%
Coste total (TCO)	Licencias, implementación, mantenimiento, etc.	20%
Proveedor y servicio	Soporte, experiencia sectorial, roadmap, referencias	10%
Riesgos percibidos	Dependencias, flexibilidad contractual, etc.	10%

Cada miembro del comité de selección podrá puntuar según su criterio, pudiendo realizarse una media ponderada.

Workshops, demos y pruebas de concepto (PoC)

Para validar el funcionamiento real de la solución en contextos similares a los de la empresa, a menudo se organizan:

- Demos funcionales guiadas: los proveedores muestran el uso real del sistema según escenarios dados.
- Workshops de interacción: sesiones participativas con usuarios clave.
- Pruebas de concepto (PoC): instalación limitada de la solución para testarla con datos y procesos reales.

Estas acciones son muy útiles para contrastar la teoría con la práctica.

Validación de referencias y reputación

Es recomendable contactar con otros clientes del proveedor, preferiblemente del mismo sector o proyectos similares, para preguntar sobre:

- Cumplimiento de plazos y presupuesto.
- Calidad del servicio postventa.
- Respuesta frente a imprevistos.
- Satisfacción general.

Negociación final

Con la propuesta escogida identificada, es necesario abrir un espacio de negociación técnica, económica y contractual, para acordar:

- Ajustes al precio o servicios incluidos.
- Términos del contrato, condiciones de ejecución, penalizaciones.
- Definición clara de responsabilidades, metas y calendario.
- Revisión legal y aprobado final por parte de la dirección.

Decisión y formalización

- Presentación de la decisión frente a la dirección o comité de gobernanza.
- Firma del contrato marco y documentación de compromisos.
- Planificación del inicio del proyecto de implementación.

Buenas prácticas y conclusiones del proceso de selección

Un proceso de selección bien estructurado no sólo aumenta las probabilidades de elegir una solución adecuada, sino también **reduce riesgos, mejora la alineación interna** y garantiza una mejor relación a largo plazo con el proveedor. A continuación se presentan algunas buenas prácticas recomendadas y las conclusiones generales del capítulo.

Aquí se presenta un Decálogo con buenas prácticas recomendadas:

- 1. Adoptar una visión estratégica, no sólo operativa.** La solución escogida debe dar respuesta a las necesidades actuales, pero también debe estar alineada con los planes de crecimiento y transformación digital de la empresa.
- 2. Involucrar a las partes interesadas desde el principio.** Hacer participar a usuarios clave, dirección, IT y operaciones asegura que los requisitos sean realistas y que haya aceptación del cambio.
- 3. Mantener una documentación clara y trazable.** Todo el proceso (requisitos, criterios, respuestas, puntuaciones...) debe quedar documentado para garantizar transparencia y justificar la decisión.
- 4. Estandarizar formatos y respuestas.** Esto facilita la comparación entre propuestas y reduce interpretaciones subjetivas.
- 5. Separar claramente las fases del proceso (RFI – RFP – RFQ).** Cada fase tiene un objetivo propio y no es necesario mezclar cuestiones técnicas con precios antes de tiempo.
- 6. Evaluar con criterios objetivos y ponderados.** Utilizar una matriz de evaluación con pesos adaptados a la realidad del proyecto facilita una decisión racional y consensuada.
- 7. No subestimar la importancia del proveedor.** El equipo humano, la experiencia sectorial y el compromiso del *partner* tecnológico son factores claves para el éxito de la implantación.
- 8. Considerar el coste total de propiedad (TCO).** Más allá del precio inicial, es necesario analizar mantenimiento, actualizaciones, personal interno necesario, y posibles costes ocultos.

9. Realizar pruebas de concepto cuando existan dudas.

Un poco planteado permite validar funcionalidades y detectar limitaciones antes de firmar.

10. Establecer un marco claro para su implementación.

La selección es sólo el primer paso: es necesario planificar desde el inicio cómo se desplegará, con qué recursos y en qué plazo.

5.4 Gestión del cambio

Por mejor planificado que esté un proyecto, el mundo no es estático y, a lo largo de la vida útil del sistema, las necesidades pueden cambiar por varios condicionantes, desde requisitos operativos, de negocio, técnicos o, incluso, normativos. En proyectos de cierta duración y complejidad, los cambios pueden aparecer ya en la fase de definición funcional y técnica, siendo clave una gestión correcta de su ciclo de vida para reducir los impactos en calendario y coste.

Una gestión formal del cambio implica identificar lo antes posible que una determinada necesidad no está contemplada en el alcance del proyecto contratado. Habrá veces que está muy claro que se trata de un nuevo requisito, pero otras puede no ser del todo evidente y suscitar discusiones con el proveedor. Una buena toma de requisitos previa a la contratación, reflejadas en un buen contrato, reducirá estas inevitables zonas grises.

Identificada la necesidad no cubierta, como clientes, deben contestarse honestamente estas dos preguntas sucesivas:

- ¿Realmente aporta un valor considerable cubrirla con el sistema? ¿O sería útil únicamente en situaciones muy poco frecuentes que podrían gestionarse “operativamente”?
- ¿Hay alternativas suficientemente válidas que nos puede proponer el proveedor que no obliguen a realizar un cambio de alcance?

Si resulta que sí es necesario realizar un cambio de alcance, llega el momento de formalizar un documento de solicitud de cambio, que explique claramente el contexto, detalle bien el requisito a cubrir, para que el proveedor indique también formalmente la solución que propone al requisito, los riesgos, el impacto en tiempo y en coste inicial, y también si debe generar costes recurrentes.

En este documento, toca evaluar si el coste-beneficio de aceptar esta propuesta resulta provechoso. Este análisis necesita implicar a los actores interesados y que tengan suficiente conocimiento de detalle; además conviene hacerla conjuntamente para todo el paquete de cambios detectados en la fase de proyecto en que se está, de forma que se vean los impactos agrupados, en coste y en tiempo, que permitan priorizar unas solicitudes enfrente a otras, en caso de no poder afrontar todas.

Elegido el conjunto de cambios más prioritarios, podemos ver de negociar con el proveedor un coste conjunto y el cambio de calendario. Recomendamos una aprobación formal, especificando plazos de pago por metas o anticipo, si no están prefijados los términos contractualmente.

Ya aceptado, en algunos casos, el cambio necesitará empezar por una fase de especificación de detalle y diseño técnico, generando documentación que deberá ser formalmente aceptada. Una vez desarrollado el cambio sobre el sistema, implicará pasar unas pruebas de aceptación en las que se contrasta el resultado con la especificación, y disponer de una documentación específica (de configuración, uso, sistemas, mantenimiento...), eventualmente una cierta formación, y en ciertos casos una puesta en producción planificada con validación final sobre el uso real. Una vez rodado el cambio, recoger el *feedback* de las partes interesadas puede enseñar a perfeccionar el proceso.

Todo este ciclo de vida debe gestionarse cuidadosamente para que la inversión hecha resulte productiva. No son pocas las veces que los cambios nunca llegan a utilizarse en la realidad, y normalmente esto ocurre por no haber realizado una gestión adecuada desde el inicio, y con el paso del tiempo, eso que parecía imprescindible, no lo es tanto o la solución se definió tan superficialmente que no resulta aplicable en términos prácticos. Con este objetivo, es muy relevante disponer de una persona que asuma la labor de gestión de proyecto, dándole la debida formalidad y ejerciendo un control cercano que dé garantías.

5.5 Sistemas en propiedad o SaaS

Consideraciones para la elección de modelos de contratación de sistemas logísticos

Una de las decisiones estratégicas más relevantes a la hora de implantar un sistema informático de soporte a la gestión logística es la elección del modelo de

contratación: sistema en propiedad, o modelo como servicio (*Software as a Service*, SaaS). Ambas opciones tienen ventajas y limitaciones que deben analizarse desde una perspectiva funcional, económica, operativa y estratégica.

El modelo tradicional de adquisición en propiedad implica una elevada inversión inicial para adquirir las licencias del software, que se consideran de uso indefinido. Estas licencias se instalan en una infraestructura local (*on-premise*), gestionada directamente por la empresa. Esto implica también total responsabilidad sobre la seguridad, el mantenimiento y la evolución del sistema. Suele complementarse con contratos de soporte técnico y actualizaciones, los cuales pueden incluir evolutivos a medida para adaptar el sistema a nuevas necesidades.



Errores habituales

- ✗ Requerimientos poco definidos
- ✗ No implicar a los usuarios y otros interesados
- ✗ Olvidar el conjunto, analizando los cambios individualmente sin perspectiva
- ✗ No pensar en el coste-beneficio
- ✗ Nadie se encarga de coordinar el cambio de inicio a fin

Por el contrario, el modelo SaaS ofrece acceso al sistema como servicio mediante el pago de una cuota periódica. El proveedor asume la responsabilidad sobre la infraestructura, seguridad, actualizaciones y copia de seguridad (*backup*) de datos. La empresa usuaria puede acceder al sistema de forma casi inmediata, sin inversiones iniciales relevantes, y con un menor coste de entrada. Este modelo es especialmente adecuado para organizaciones que buscan rapidez de despliegue, escalabilidad y una gestión simplificada de los recursos TIC.

Sin embargo, el modelo SaaS presenta algunas limitaciones a considerar:

- Dependencia del proveedor tanto por el servicio como por la evolución funcional.
- Menor capacidad de personalización, puesto que se trata a menudo de una plataforma compartida entre varios clientes.
- Dependencia de una conexión estable a Internet.

- Posibles restricciones en el rendimiento en momentos de alta demanda si la infraestructura no está dedicada.
- En el caso de soluciones de SaaS escalables en función de la carga, los costes adicionales pueden ser considerables.

Por otro lado, el modelo en propiedad puede resultar ventajoso en escenarios donde:

- Se requiera un alto nivel de personalización.
- Se disponga de un equipo TIC interno robusto capaz de gestionar el sistema y garantizar su seguridad.
- La integración con sistemas automatizados exija tiempos de respuesta muy bajos y predecibles.

La siguiente tabla resume los principales contrastes entre los dos modelos:

Aspecto	En propiedad	SaaS
Control	Total sobre sistema, datos e infraestructura.	Delegado en el proveedor. Dependencia de Internet y evolución externa.
Seguridad	Gestión interna según sus propios requisitos.	Delegada. Es necesario validar los protocolos del proveedor y los acuerdos (SLAs)
Personalización	Alta con opciones evolutivas a medida.	Limitada. Enfoque estandarizado.
Escalabilidad	Limitada, adaptación más lenta.	Elevada. Flexibilidad según necesidades.
Tiempo de respuesta	Elevado si bien dimensionado. Esencial para automatizaciones.	Potencialmente variable según la arquitectura del servicio.

Hay que tener en cuenta que algunas soluciones sólo están disponibles en una de las dos modalidades. Si una herramienta se presenta exclusivamente como SaaS, puede ser un indicativo pensado para mercados de gran volumen y baja personalización. Sin embargo, las soluciones en propiedad pueden apuntar a una orientación hacia proyectos con profundidad funcional e integración a medida.

Por último, algunos proveedores ofrecen ambas opciones, lo que demuestra una orientación flexible y adaptativa que puede facilitar la escalabilidad futura o cambios de modelo según la evolución de las necesidades logísticas.

6. PYMES y Cataluña

Cataluña, como *hub* industrial y logístico en el sur de Europa, enfrenta desafíos específicos en la planificación y ejecución de su cadena de suministro. Las pequeñas y medianas empresas (Pymes) como motor de la región tendrán que amoldarse a las nuevas circunstancias competitivas tecnológicas, en el tamaño de lo posible. Una fecha, el +99% de las empresas son consideradas PYMES representando un +61% del VAB (valor añadido bruto) y el 68% del empleo (ref. Pimec 2024).

Existen varios proyectos para el desarrollo de la ventaja competitiva que traerá nuevas oportunidades. Por ejemplo:

- **Transición hacia la movilidad eléctrica.** La región está impulsando su reindustrialización enfocándose en la producción de baterías para vehículos eléctricos. Proyectos como la instalación de una fábrica de cátodos en Sallent y una planta de componentes para baterías en Mont-roig del Camp, con una inversión de 600 millones de euros, son ejemplos de esta apuesta. Este cambio requiere una adaptación significativa a la cadena de suministro para satisfacer las necesidades del sector de la movilidad eléctrica.
- **Descarbonización de la industria petroquímica.** El sector petroquímico de Tarragona ha señalado la necesidad de triplicar su consumo energético actual para conseguir la descarbonización antes de 2030. Esto implica una mayor demanda de energía barata y baja en carbono, proveniente de fuentes renovables o nucleares, y una adecuada infraestructura de alta tensión. La planificación de la cadena de suministro debe adaptarse para garantizar el suministro energético necesario para esta transformación.
- **Desarrollo de la industria 4.0.** Proyectos como Distrito 4.0 buscan convertir a Cataluña en un polo de la industria 4.0, promoviendo la automatización y la transformación digital. Infraestructuras como DFactory Barcelona facilitan la cooperación entre grandes empresas, startups y centros de investigación. La integración de tecnologías avanzadas en la cadena de suministro es esencial para mejorar la eficiencia y la competitividad en este nuevo entorno industrial.
- **Desarrollo de la industria de semiconductores.** Cataluña está apostando por la industria de chips para fortalecer su posición tecnológica. Por ejemplo,

Openchip: empresa público-privada fundada en Barcelona en 2021, con el objetivo de liderar el diseño de chips avanzados para sectores como la supercomputación y la inteligencia artificial. Financiada con 111 millones de euros por la Unión Europea y el Gobierno español, planea su primer prototipo para 2026 y alcanzar rentabilidad en 2027

- **Conectividad logística con regiones vecinas.** La colaboración con regiones vecinas, como Aragón, es crucial para fortalecer la posición de Cataluña como *hub* logístico.
- **Mejora de infraestructuras logísticas.** La región está viendo inversiones significativas en infraestructura logística para optimizar su cadena de suministro. Algunos ejemplos actuales serían: Centro logístico en Constantí: inversiones que incluyen una estación logística de Amazon de 30.000 m² y una plataforma logística de 40.000 m² de Nuveen y Scannell Properties. Nueva plataforma de CEVA Logistics en Tarragona. Centro logístico multimodal de Grup Sesé en Barcelona que incluirá la recepción de mercancías, trámites aduaneros y preparación para expedición.

En el caso de la logística, al ser un fenómeno transversal en la cadena y global en el que todo el mundo, tiene más o menos las mismas necesidades, los problemas que se necesitan solucionar con tecnología, pueden ser ampliamente considerados como similares en las diferentes regiones. Aspectos como:

- Déficit de infraestructuras, aunque sea buena la red de carretera y ferroviaria, hay recorrido para la mejora
- Huelgas y movilizaciones del sector transporte que generan interrupciones del servicio a clientes y, por tanto, cuantiosas pérdidas económicas
- Escasez de conductores calificados
- Problemas de seguridad en el transporte público
- Implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE), restricciones de circulación
- Congestión de las grandes ciudades y, por tanto, la contaminación de CO₂ y la pérdida de productividad. La huella de carbono se ha convertido en la punta de lanza de las compañías que quieren estar alineadas con el beneficio social del medio ambiente.

Como se aprecia, estas necesidades están más en la vertiente de gestión gubernamental y necesidades de recursos que en la de mejora de la tecnificación con sistema. Evidentemente, existen oportunidades de mejora mediante soluciones logísticas que muchas empresas aprovechan, pero la prioridad parecería estar en los primeros puntos.

Estos desafíos requieren una atención coordinada entre las autoridades locales, regionales y nacionales para implementar soluciones efectivas que mejoren la movilidad y la calidad de vida en Cataluña.

La conclusión es que las empresas catalanas, como se mencionaba al principio, atan en el día a día con los problemas transversales de cualquier empresa española o europea. Por tanto, el uso de tecnología aplicada puede ser adaptable y escalable a varios mercados. De igual modo, en cuanto al ámbito de aplicación conviene definir muy bien desde el principio si el objeto es para uso doméstico en una región o se está planteando esta ventaja competitiva en modo global. Por experiencia, los clientes tendrán soluciones para ambos tipos de mercados adaptadas en función del grado de madurez que se tenga en la estandarización de procesos e integración dentro del ecosistema logístico.

Abordar estos y otros desafíos requiere una planificación estratégica que incorpore innovación tecnológica, sostenibilidad y colaboración interregional para fortalecer la cadena de suministro en Cataluña.

6.1 Sugerencias para PYMES

La mayor parte del tejido empresarial catalán son las PYMES, con una gran diversidad sectorial y una gran variabilidad en cuanto a madurez digital. La limitación de recursos económicos y humanos es una constante. Por este motivo, la implementación de soluciones TIC en el ámbito logístico debe ser especialmente pragmática y eficiente.

A continuación se presentan una serie de buenas prácticas específicas para este tipo de organizaciones:

Práctica recomendada	Descripción
1. Definir procesos clave y prioridades	Identificar los procesos con mayor impacto y establecer prioridades claras

2. Soluciones modulares y escalables	Empezar con funcionalidades básicas y ampliar según crezca la empresa
3. Sistemas SaaS y en la nube	Reducen costes de infraestructura y mejoran la accesibilidad
4. Integración con ERP básicos	Asegurar compatibilidad con ERP ya en uso como Sage, Holded, etc.
5. Evitar sobredimensionamiento funcional	Seleccionar sólo las funcionalidades realmente necesarias
6. Proveedores con experiencia en PYMES	Seleccionar socios habituados a presupuestos ajustados y despliegues rápidos
7. Implicar a usuarios desde el principio	Facilita la adopción y reduce la resistencia al cambio, factor crítico en cualquier proyecto de transformación digital
8. Formación y soporte postimplantación	Garantizar soporte inicial y recursos formativos adaptados
9. Evaluar el ROI operativo	Considerar ahorros en tiempo, errores y mejoras de servicio
10. Subvenciones y ayudas públicas	Explorar programas como Kit Digital, ACCIÓN, CDTI, o fondos europeos
11. Contratar servicios de consultores especialistas	Los consultores independientes o especializados en logística y TIC pueden ayudar a definir requisitos, seleccionar proveedores y realizar seguimiento de la implantación con criterios objetivos y experiencia práctica

Las PYMES catalanas, pese a sus limitaciones de recursos, pueden alcanzar niveles elevados de eficiencia logística mediante la adopción estratégica de soluciones tecnológicas adaptadas. Aplicar buenas prácticas como la selección modular de software, el uso de modelos SaaS, la implicación de los usuarios y el soporte de expertos externos, permite maximizar la rentabilidad de la inversión y garantizar una implantación exitosa. El objetivo no es sólo digitalizar, sino hacerlo con sentido, alineando tecnología y valor operativo en un contexto cada vez más exigente.

7. Glosario

Principales acrónimos utilizados en el documento

Plazo / Acrónimo	Definición
▪ TIC	Las TIC, o Tecnologías de la Información y la Comunicación, son las herramientas, equipos, programas y sistemas que permiten la creación, procesamiento, almacenamiento, transmisión y gestión de la información. Incluyen dispositivos como ordenadores, servidores, telefonía móvil, etc., así como sistemas informáticos y redes de comunicación
▪ TMS	Sistema de gestión de transporte, del inglés Transport Management System
▪ WMS	Sistema de gestión de almacén (SGA), del inglés Warehouse Management System.
▪ WCS	Sistema de control de almacenamiento, del inglés Warehouse Control System
▪ BI	Sistema de inteligencia de negocio o de informes, del inglés Business Intelligence
▪ Business Case	Caso de negocio o modelización de escenarios de negocio donde se simulan inversiones y cuyos entregables pasan por indicadores cuantitativos (p. ej. rentabilidad de la inversión (VAN), Benchmarks operativos, etc.) y cualitativos (calidad, resultados y encuestas, etc.), acompañados por las conclusiones comparativas entre ellos
▪ PMO	Oficina de proyectos, del inglés Project Management Office. Entidad de gestión transversal de los proyectos de una organización buscando la estandarización para mejorar la eficiencia y eficacia enajenada con los objetivos estratégicos de la empresa.
▪ MPS	Del inglés Master Production Scheduling: usa pronósticos de demanda, necesidades de envíos y tiempo de producción para calcular necesidades de producción
▪ MRP	Del inglés Material Requirements Planning: usa pronósticos de demanda y tiempo de producción para calcular necesidades de materia prima
▪ DRP	Del inglés Distribution Requirements Planning: planifica el reabastecimiento de productos en centros de distribución y tiendas
▪ VMI	Del inglés Vendor Management Inventory. Gestión de “tu” inventario por terceros
▪ OMS	Sistema de gestión de pedidos, del inglés Order Management System: son sistemas que permiten la gestión y trazabilidad de pedidos desde su procesamiento inicial por el cliente hasta su entrega, y en su caso devolución
▪ APS	Sistemas de planificación avanzada, del inglés Advanced Planning System
▪ DES	Simulación de eventos discretos, del inglés Discrete Event Simulation
▪ DT	Gemelo digital del inglés Digital Twin
▪ S&OP	Planificación de las ventas y operaciones del inglés Sales & Operation Planning
▪ IBP	Planificación integrada del negocio, del inglés Integrated Business Planning
▪ SaaS	Software como servicio, del inglés Software as a Service
▪ IIoT	Industrial Internet of Things
▪ PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
▪ Transelevador	Dispositivo automatizado que se desplaza horizontal y verticalmente para almacenar y recuperar cargas en estanterías altas.
▪ AMR	<i>Autonomous Mobile Robot</i>
▪ API	<i>Application programming interface</i> . Interfaz de programación de aplicaciones.

Plazo / Acrónimo	Definición
▪ BIAS	Tendencia sistemática de los algoritmos de inteligencia artificial a tomar decisiones incorrectas o injustas debido a datos sesgados utilizados en su entrenamiento. Sesgo.
▪ OTIF	<i>On Time In Full</i> . Porcentaje de pedidos que se entregan a tiempo y en la cantidad correcta.
▪ ROADMAP	Hoja de ruta. Pasos que hay que seguir para convertir una idea de negocio en una realidad

DESCARGA EL LIBRO AQUÍ

