

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería de Tecnologías Industriales

Introducción de mejoras en el diseño y la gestión de cuatro almacenes industriales

Autor: Pablo A. Castro Torres

Tutor: Jesús Muñuzuri Sanz

**Departamento de Organización Industrial y
Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de Tecnologías Industriales

Introducción de mejoras en el diseño y la gestión de cuatro almacenes industriales

Autor:
Pablo A. Castro Torres

Tutor:
Jesús Muñuzuri Sanz
Catedrático de Universidad

Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Grado: Introducción de mejoras en el diseño y la gestión de cuatro almacenes industriales

Autor: Pablo A. Castro Torres

Tutor: Jesús Muñuzuri Sanz

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El secretario del Tribunal

A mi familia

Agradecimientos

Este trabajo va dedicado a todas las personas que han hecho posible que pueda acabar la carrera: a mi tutor, Jesús Muñuzuri, por haberme guiado y orientado en la elaboración del TFG; a mis suegros por haberme acogido generosamente en el último año; a mis padres, por haberme dado los medios económicos y apoyo incondicional durante la carrera; y a mi mujer, por haberme apoyado siempre, en los buenos y en los malos momentos, en los sobresalientes y en los suspensos; gracias.

Pablo Castro Torres

Sevilla, 2020

Resumen

En este proyecto se van a plantear cuatro casos reales de almacenes industriales en los que se van a identificar sus puntos débiles y susceptibles de mejora. Teniendo en cuenta la teoría y estudios existentes sobre la materia, este proyecto intenta llevarlos a la práctica y conjugarlos con las limitaciones propias del mundo real para conseguir los objetivos deseados.

Estos objetivos, teniendo en cuenta que una empresa industrial busca minimizar sus costes para maximizar sus beneficios, están enfocados en el aumento de la capacidad de almacenamiento, mediante el rediseño de la planta y las estanterías; la optimización en la gestión de los inventarios, introduciendo conceptos como el stock de seguridad o el punto de pedido, que evitan o minimizan las roturas de stock y la prevención de riesgos, ya que la seguridad y la salud de los trabajadores debe ser lo más importante para cualquier empresa.

La mayoría de estos objetivos se alcanzaron con notable éxito, llegando a aumentar la capacidad de almacenamiento en los dos primeros almacenes, implantar la clasificación ABC en tres de los cuatro almacenes, establecer punto de pedido y stock de seguridad en los dos primeros y establecer un protocolo seguro para las operaciones en los dos últimos.

Abstract

In this project, four real cases of industrial warehouses will be presented, in which their susceptible of improvement weak points will be identified. Considering the theory and existing studies on the subject, this project tries to put them into practice and combine them with the limitations of the real world to achieve the desired objectives.

These objectives, taking into account that an industrial company seeks to minimize its costs in order to maximize its profits, are focused on increasing storage capacity, through the redesign of the plant and shelves; optimizing inventory management, introducing concepts such as safety stock or point of order, which avoid or minimize stock breaks and risk prevention, since the safety and health of workers should be the most important thing for any company.

Most of these objectives were achieved with remarkable success, reaching to increase storage capacity in the first two warehouses, implement the ABC classification in three of the four warehouses, establish point of order and safety stock in the first two and establish a safe protocol for operations in the last two.

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	12
Índice	13
Índice de Tablas	15
Índice de Figuras	17
1 Introducción y objeto del trabajo	19
2 Marco teórico	21
2.1 <i>Gestión de inventarios (Aparicio)</i>	21
2.1.1 Sistemas de gestión de inventarios	21
2.1.2 Stock de seguridad	23
2.1.3 Clasificación ABC	25
2.2 <i>Diseño de almacenes (Muñuzuri)</i>	26
2.2.1 Layout de almacén	26
2.2.2 Disposición de estanterías	27
2.2.3 Principios de la recepción de mercancías	27
2.2.4 Principios de envío de mercancías	28
3 Almacén 1: análisis de inventario	29
3.1 <i>Situación inicial</i>	29
3.2 <i>Medidas aplicadas</i>	31
3.2.1 Diseño	31
3.2.2 Clasificación ABC	32
3.2.3 Punto de pedido y stock de seguridad	35
3.2.4 Stock máximo y tamaño de lote	35
3.3 <i>Evaluación de resultados</i>	37
4 Almacén 2: configuración de estanterías	38
4.1 <i>Situación inicial</i>	39
4.2 <i>Medidas aplicadas</i>	40
4.2.1 Diseño	41
4.2.2 Homogeneización	41
4.2.3 Stock obsoleto y descuadres de stock	42
4.2.4 Clasificación ABC	43
4.2.5 Punto de pedido y stock de seguridad	44
4.3 <i>Evaluación de resultados</i>	46
5 Almacén 3: PRL	47
5.1 <i>Situación inicial</i>	48
5.2 <i>Medidas aplicadas</i>	51
5.2.1 Diseño	51
5.2.2 Balance	53

5.2.3	Zonas de recogida	55
5.2.4	Secuencia	56
5.3	<i>Evaluación de resultados</i>	57
6	Almacén 4: rotación de inventarios	58
6.1	<i>Situación inicial</i>	61
6.2	<i>Medidas aplicadas</i>	62
6.2.1	Prevención de riesgos laborales (PRL)	62
6.2.2	Gestión del stock	64
6.2.3	Gestión de las devoluciones	67
6.3	<i>Evaluación de resultados</i>	72
7	Conclusiones	74
	Referencias	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Referencias ordenadas según su consumo mensual	33
Tabla 3-2 Análisis de stock	35
Tabla 3-3 Cálculo de distancias al origen de cada ubicación	36
Tabla 4-1 Balance de compras de estanterías	42
Tabla 4-2 Fases de inversión de estanterías	42
Tabla 4-3 Ejemplo de codificación de referencia	44
Tabla 4-4 Análisis de inventarios	45
Tabla 5-1 Situación inicial de balance de operaciones	49
Tabla 5-2 Balance de stock	54
Tabla 5-3 Evolución de las recogidas en cada zona	55
Tabla 6-1 Pedidos por nave y topología de ubicación	62
Tabla 6-2 Productividades de operarios	63
Tabla 6-3 Tiempo necesario para finalizar cada nave	63
Tabla 6-4 Tiempo de margen en cada punto conflictivo	64
Tabla 6-5 Primera ejecución del software de devoluciones	70
Tabla 6-6 Primeras 20 referencias asignadas a la zona de devoluciones	70
Tabla 6-7 Posterior ejecución del software de devoluciones	71
Tabla 6-8 Referencias excluidas de la zona de devoluciones	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Cambio de paradigma para aumentar el margen de beneficios	20
Figura 1-2 Esquema del Trafajo Fin de Grado	20
Figura 2-1 Sistema de revisión continua con plazos de aprovisionamiento	22
Figura 2-2 Sistema de revisión periódica con plazos de aprovisionamiento	22
Figura 2-3 Demanda real inferior a demanda estimada	23
Figura 2-4 Demanda real superior a demanda estimada	24
Figura 2-5 Ejemplo de clasificación ABC	26
Figura 2-6 Layout de almacén	26
Figura 2-7 Correcta disposición de estanterías en almacén	27
Figura 3-1 Planta de almacén 1	30
Figura 3-2 Plano del almacén de embalajes con los huecos de palé después del diseño.	32
Figura 3-3 Frecuencia acumulada	34
Figura 3-4 Frecuencia acumulada con zonas	34
Figura 3-5 Plano del almacén con zonas ABC	36
Figura 4-1 Plano del almacén 2	39
Figura 4-2 Situación inicial almacén 1	40
Figura 4-3 Diseño final almacén 1	41
Figura 4-4 Clasificación ABC	43
Figura 5-1 Plano almacén 3	47
Figura 5-2 Situación inicial almacén 3	49
Figura 5-3 Situación inicial de zonas de recogida	50
Figura 5-4 Situación inicial de secuencia de recogida	51
Figura 5-5 Separación de ubicaciones según su tipología	52
Figura 5-6 Reconversión de estanterías	53
Figura 5-7 Nuevas zonas de recogida	55
Figura 5-8 Nueva secuencia de recogida	56
Figura 6-1 Nave 3 del almacén 4	58
Figura 6-2 Naves 1 y 2 del almacén 4	59
Figura 6-3 Almacenamiento Alta Rotación (Mecalux, s.f.)	60
Figura 6-4 Almacenamiento de Media Rotación	60
Figura 6-5 Almacenamiento de Baja Rotación (KJK Lagerprodukters, s.f.)	61
Figura 6-6 Diagrama temporal de operaciones	63
Figura 6-7 Primera ejecución del software de gestión de stock	65
Figura 6-8 Ejecución del software en régimen permanente	66
Figura 6-9 Zona asignada a devoluciones	68

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO

El motivo de este Trabajo Fin de Grado es aplicar los conocimientos adquiridos durante el Grado de Ingeniería de las Tecnologías industriales y aplicarlos para introducir una serie de mejoras aplicadas sobre cuatro almacenes industriales de diferentes características, en función de las carencias particulares de cada uno de ellos. Estas carencias pueden ser problemas de diseño, de gestión de inventarios, de renovación de estanterías, de seguridad en el trabajo, etcétera.

Para llevar a cabo estas mejoras, es importante tener un sólido fundamento teórico. El marco teórico de este TFG está basado en las asignaturas de Diseño de Sistemas Productivos, donde se estudia la gestión de inventarios y de Logística, donde se estudia el diseño y la gestión de almacenes.

No obstante, durante la aplicación de la teoría a la práctica, es posible encontrar diferencias en la ejecución de algunas medidas, ya que cada almacén tiene un contexto y unos datos disponibles muy particulares. Esto no debe alterar el concepto básico de la medida aplicada, que sí debe coincidir completamente con la teoría.

Antiguamente, las empresas fijaban el precio de venta por encima de sus costes, pudiendo elegir el margen deseado para obtener sus beneficios. Hoy en día, ha cambiado el paradigma, pues el precio está fijado por un mercado cada vez más globalizado. El único modo de aumentar el margen de beneficios sin alterar el producto es reducir los costes tanto de materia prima como operativos (ver Figura 1-1). Dentro de estos costes operativos se encuentran los costes de logística interna y almacén, objeto de estudio del presente proyecto.

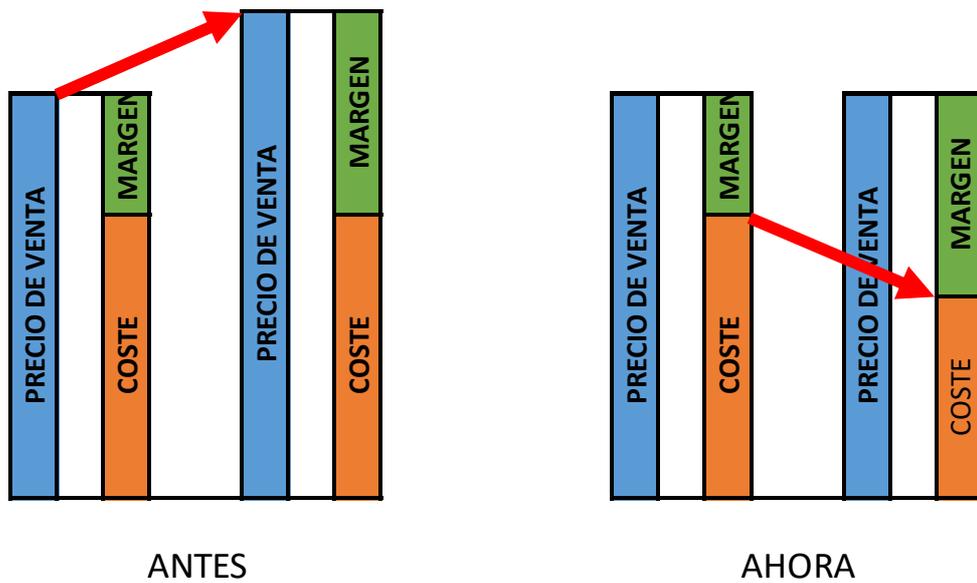


Figura 1-1 Cambio de paradigma para aumentar el margen de beneficios

La metodología que se ha llevado a cabo en este proyecto se estructura en tres apartados por cada capítulo que son:

- Situación inicial: en este punto se analiza el estado en el que se encuentra el almacén, cuáles son sus puntos débiles y cuáles de ellos son susceptibles de mejora.
- Medidas aplicadas: aquí se detallan, para cada una de las propuestas identificadas en el punto anterior, las medidas aplicadas para solucionar o mejorarlas.
- Evaluación de resultados: después de observar los resultados obtenidos una vez aplicadas las mejoras en el apartado anterior, se cuantifican y se demuestra si se han cumplido los objetivos deseados.

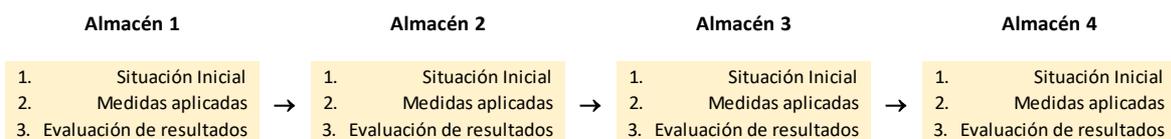


Figura 1-2 Esquema del Trabajo Fin de Grado

2 MARCO TEÓRICO

En el análisis teórico que se utilizó para la mejora de estos almacenes se focalizó los siguientes puntos y están basados, fundamentalmente, en las asignaturas de Diseño de Sistemas Productivos y Logística de tercer y cuarto curso respectivamente:

- **Gestión de inventarios:** gracias a la teoría sobre gestión de inventarios y también a la información obtenida de una correcta previsión de la demanda, es posible calcular el punto de pedido y el stock de seguridad para garantizar el nivel de servicio y evitar las roturas de stock.
- **Diseño y gestión de almacenes:** el layout del almacén y el correcto aprovechamiento de los espacios se torna imprescindible cuando el límite de este genera un problema de inventario. En este punto se verán medidas para el diseño de los pasillos, aprovechamiento de las paredes, distribución ABC, etc.

2.1 Gestión de inventarios (Aparicio)

2.1.1 Sistemas de gestión de inventarios

2.1.1.1 Sistema de revisión continua con plazos de aprovisionamiento (s,Q)

- La tasa de demanda es conocida y constante.
- El aprovisionamiento es por lotes, recibándose el lote completo.
- Existe plazo de aprovisionamiento.

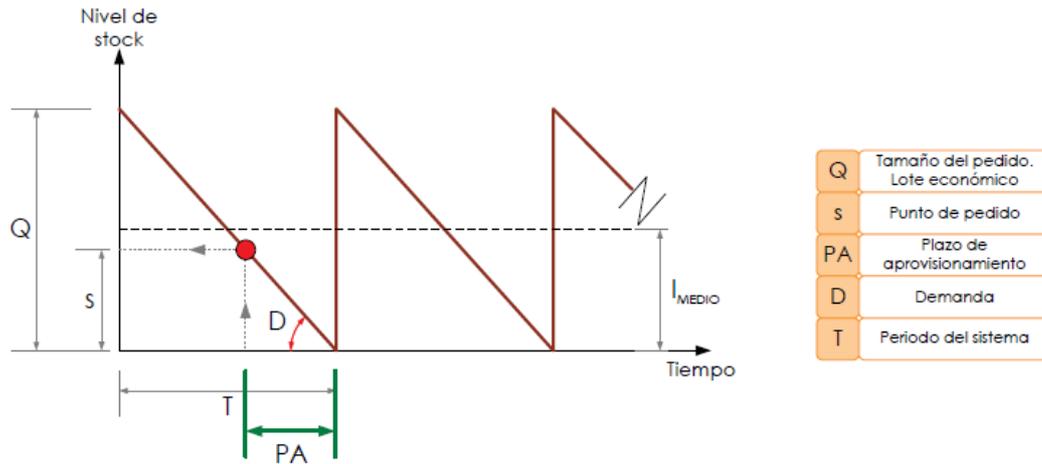


Figura 2-1 Sistema de revisión continua con plazos de aprovisionamiento

2.1.1.2 Sistema de revisión periódica con plazos de aprovisionamiento (R,S)

- La tasa de demanda es conocida y constante.
- El aprovisionamiento es por lotes, recibándose el lote completo.
- Existe PA.

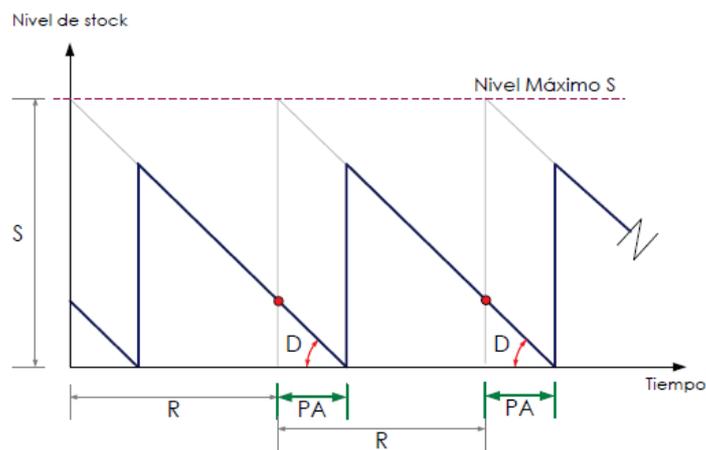


Figura 2-2 Sistema de revisión periódica con plazos de aprovisionamiento

- R: período entre revisiones del stock (períodos).
- S: nivel máximo de inventario (unidades).

2.1.2 Stock de seguridad

Al considerar situaciones deterministas el nivel de stock se puede calcular con completa certeza. A ese nivel de inventario, que cubre exactamente la demanda durante un ciclo, le llamamos stock de ciclo.

Si la demanda es aleatoria el stock ya no se vacía de forma uniforme. Las dos posibilidades en función de esta demanda son si es inferior o superior a la esperada:

- Si la demanda se presenta con valores inferiores a los previstos, pasará más tiempo hasta que se alcance el punto de pedido en sistemas (s,Q) o será necesario un pedido menor para rellenar hasta el nivel máximo de inventario en sistemas (R,S)

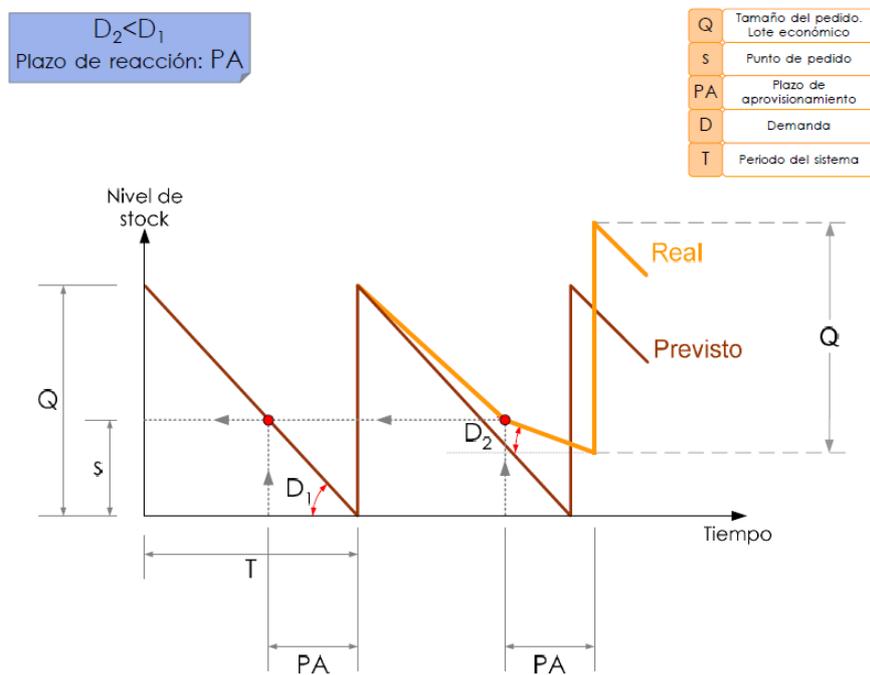


Figura 2-3 Demanda real inferior a demanda estimada

- Por el contrario, si la demanda es superior a la prevista se produce rotura de stock, por lo que aparece un concepto fundamental: el **stock de seguridad**.

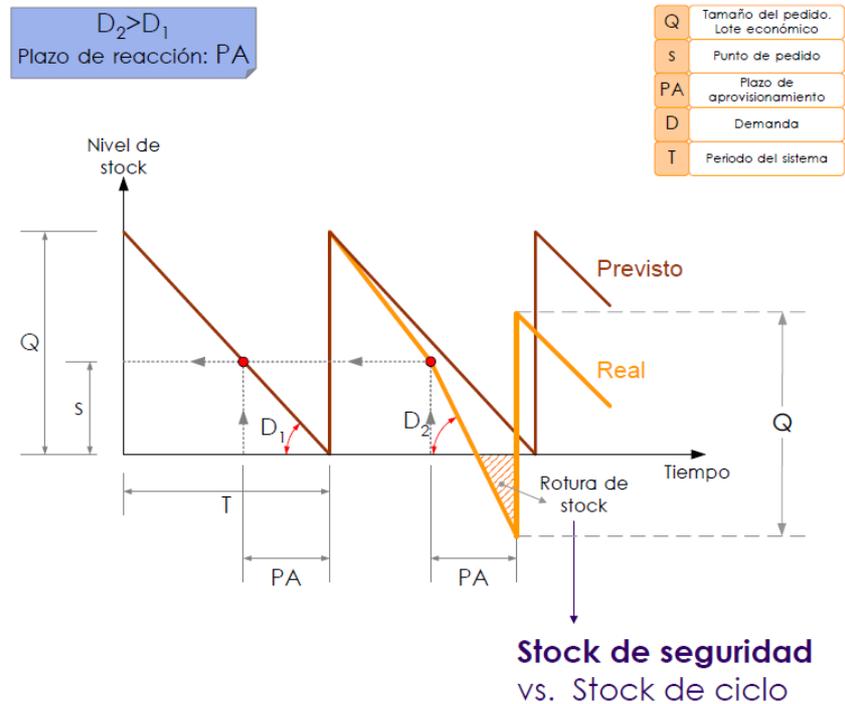


Figura 2-4 Demanda real superior a demanda estimada

Para cubrir la demanda según su valor medio utilizamos el stock de ciclo, y para cubrir los posibles aumentos de la demanda sobre su valor medio, durante el plazo de reacción del sistema, utilizamos el stock de seguridad.

Plazo de reacción:

- Sistema (s,Q) → PA
- Sistema (R,S) → PA + R

2.1.3 Clasificación ABC

Aproximadamente el 20% de los artículos suponen el 80% del volumen total de ventas. Para ello, la clasificación ABC ofrece un sistema que refleja a realidad con bastante fidelidad. Las tres zonas de la clasificación ABC son las siguientes:

- Zona A: productos a cuya gestión se dedica control especial, en lo posible individualizado y con revisión permanente de las decisiones propuestas.
- Zona B: productos intermedios a los que se adecúa la aplicación de un modelo automático de gestión que sólo requiera revisiones e intervenciones periódicas.
- Zona C: resto de productos, para los cuales sería más cara la aplicación de procedimientos sofisticados de gestión que los beneficios resultantes.

El análisis ABC es muy útil para detectar productos obsoletos o con movimiento nulo. Estos productos en exceso de inventario sin movimiento pueden ser eliminados mediante:

- Reutilización de productos para otros fines.
- Traslado a otro lugar donde sí se utilice.
- Promociones.
- Descuentos.
- Retorno al proveedor.
- Subastas.
- Prescindir de él.

Los criterios para clasificar el stock en zonas ABC pueden ser los siguientes, aunque suelen utilizarse una combinación de varios:

- Importancia en los procesos.
- Precio del artículo.
- Movimiento del artículo.
- Dificultad de aprovisionamiento.
- Comportamiento de la demanda.

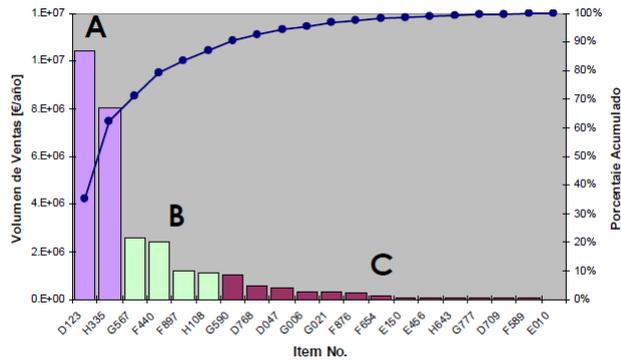


Figura 2-5 Ejemplo de clasificación ABC

2.2 Diseño de almacenes (Muñuzuri)

2.2.1 Layout de almacén

La entrada y salida por el mismo lado del almacén mejora los tiempos y los costes operativos, ya que posibilita el uso del ciclo doble, entre otras ventajas.

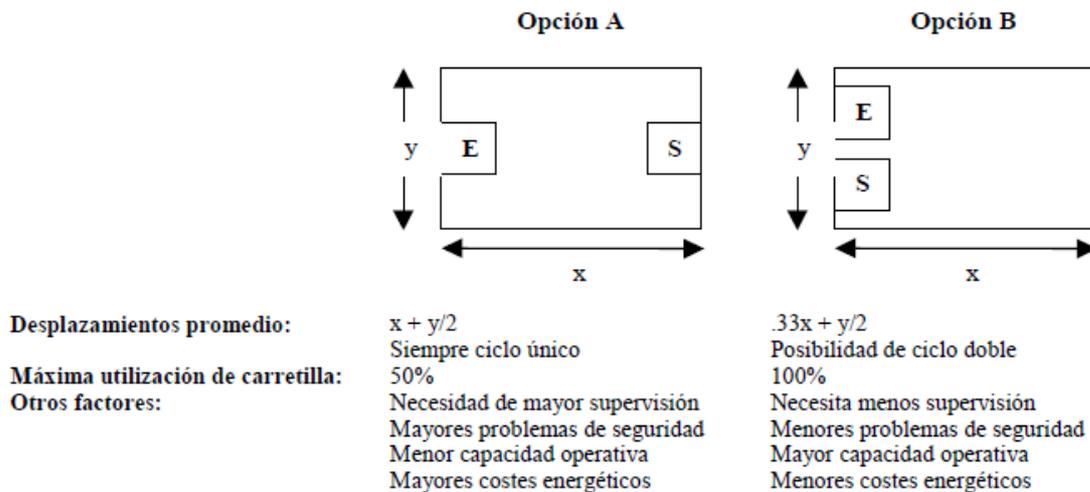


Figura 2-6 Layout de almacén

2.2.2 Disposición de estanterías

Para un correcto aprovechamiento del espacio, las estanterías deben estar dispuestas por todo el perímetro y en el interior, utilizando todos los lados del rectángulo.

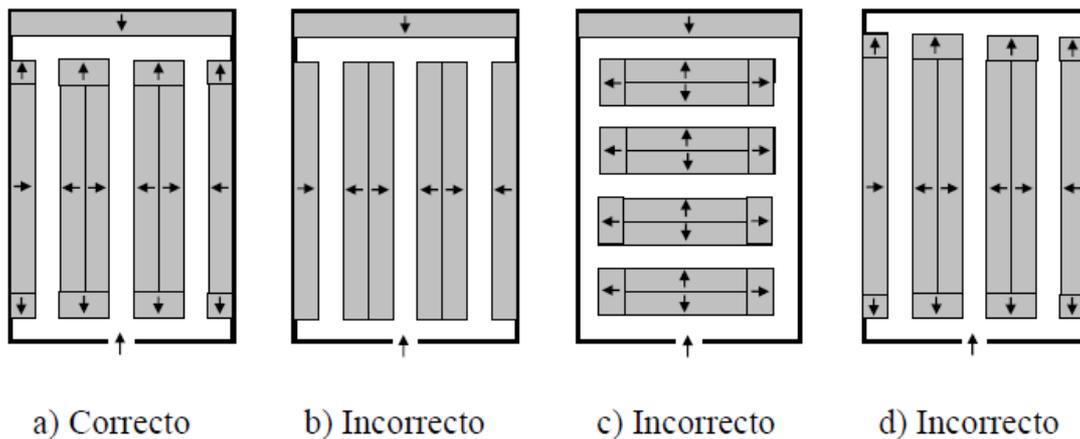


Figura 2-7 Correcta disposición de estanterías en almacén

2.2.3 Principios de la recepción de mercancías

- No recibir (drop shipping): envío directamente del fabricante al cliente.
- Pre-recibir: comunicación vía EDI de las características del material, para asignar localizaciones.
- Cross-docking: pasar mercancías directamente del muelle de entrada al de salida.
- By-pass a picking: utilizar material entrante para reposición picking.
- Reorganización en zonas de almacén: para minimizar requerimientos de espacio.
- Preparación para futura salida: pasos necesarios para descomposición y movimiento de cargas recibidas.
- Pre-empaquetado.
- Aplicación de etiquetas y códigos.
- Medida y pesado para planificación de almacenaje y transporte.
- Combinar operaciones de guardar y retirar cuando sea posible.
- Equilibrado de recursos mediante impulso de operaciones en horas valle.
- Flujo de materiales a través de estaciones de trabajo.

2.2.4 Principios de envío de mercancías

- Seleccionar unidades de manejo de materiales eficientes en coste y espacio:
 - Para cajas sueltas: selección del tipo de pallet.
 - Para unidades sueltas.

- Minimización de daños a productos:
 - Agrupar y asegurar elementos sueltos en cajas o embalajes.
 - Agrupar y asegurar cajas sueltas en pallets.
 - Agrupar y asegurar pallets en trailers de salida.

- Minimización de operaciones de picking: eliminar reorganización de envíos, y carga directa de tráileres de salida.

- Uso de racks de almacenaje para minimizar los requerimientos de espacio a causa de la reorganización de envíos.

- Minimizar burocracia y complicaciones sobre la actividad de los conductores internos.

3 ALMACÉN 1: ANÁLISIS DE INVENTARIO

El primer almacén objeto de estudio es un almacén de embalajes. El principal problema que tienen normalmente los almacenes de este tipo es el espacio reducido que tienen asignado que, sumado al gran volumen que ocupan sus referencias, obliga a tener muy optimizado el stock.

3.1 Situación inicial

Con unas dimensiones de 12 x 15 metros, tiene 4 columnas localizadas en las coordenadas (4,5), (4,10), (8,5) y (8,10) tal y como se puede visualizar en el plano del almacén (Figura 3-1).

Este almacén está formado por ubicaciones de palés de medidas europeas (120x80 cm) que contienen las cajas y demás accesorios que componen el embalaje del producto terminado. Estas ubicaciones se encuentran a la altura del suelo, ya que este almacén no dispone de carretilla elevadora ni ninguna otra máquina capaz de elevar un palé a una segunda altura.

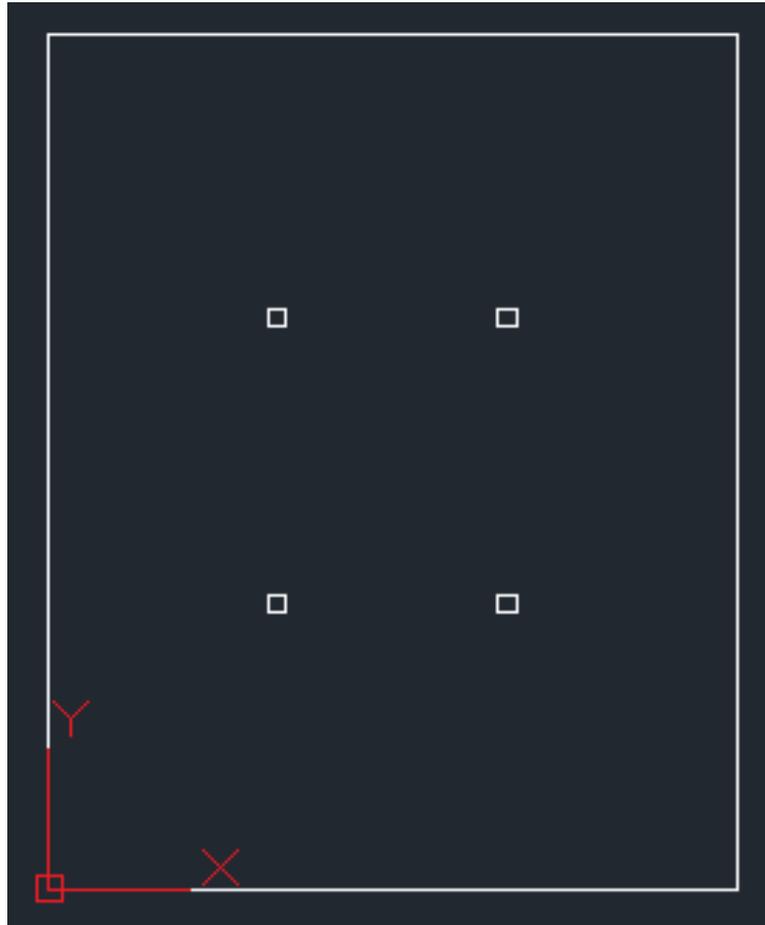


Figura 3-1 Planta de almacén 1

La situación inicial en la que se encontraba este almacén antes de realizar el proyecto de mejora se puede resumir en los siguientes puntos:

- **Diseño:** no existía estudio de la distribución del espacio, estando los palés de forma anárquica y con el único criterio del operario encargado de la reposición.
- **Clasificación ABC:** solamente las dos referencias con más salida estaban ubicadas cerca del puesto de empaquetado. El resto de las referencias no estaban sometidas a ningún estudio para conseguir una correcta distribución en función de las salidas.
- **Punto de pedido:** no existía un valor de punto de pedido por cada referencia, por lo que se desconocía el momento en el que se tenían que realizar los pedidos.
- **Stock de seguridad:** no existía un valor de stock de seguridad por cada referencia. Esto implicaba que se dieran roturas de stock en bastantes ocasiones.

- **Stock máximo y tamaño de lote:** no existía un valor de stock máximo por cada referencia, por lo que cuando se realizaban pedidos, era fácil colapsar el almacén por culpa de varias referencias.

3.2 Medidas aplicadas

Para cada una de las situaciones enumeradas en el apartado anterior, se detallarán a continuación las medidas que se tomaron para mejorar dichas situaciones.

3.2.1 Diseño

El primer punto susceptible de mejora que se encontró en el almacén es el del diseño de o layout de planta. Se comentó en el apartado anterior que no existía ningún diseño previo establecido más que el propio criterio del operario que hacía la reposición. Esto implicaba una ineficiencia inherente al propio almacén.

Para optimizar el diseño del layout, se dividió en dos, zona perimetral y zona interior (ver Figura 3-2) las cuales se detallan a continuación:

- Zona perimetral: para el mayor aprovechamiento de las paredes, se dispuso una línea de palés por todo el perímetro (menos el inferior que es la zona de acceso al almacén), siempre con el lado más pequeño en contacto con la pared para facilitar la manipulación de estos con el traspalé manual.
- Zona interior: se dispuso la zona interior en dos bloques divididos en dos columnas respectivamente de forma simétrica con respecto a los pilares de carga. Dichos bloques están divididos por un pasillo de 1,6 m, suficiente para la maniobra de la traspalé. Con el fin de optimizar aún más el diseño, las zonas superiores de cada uno de los bloques presentan una orientación en perpendicular a las demás.

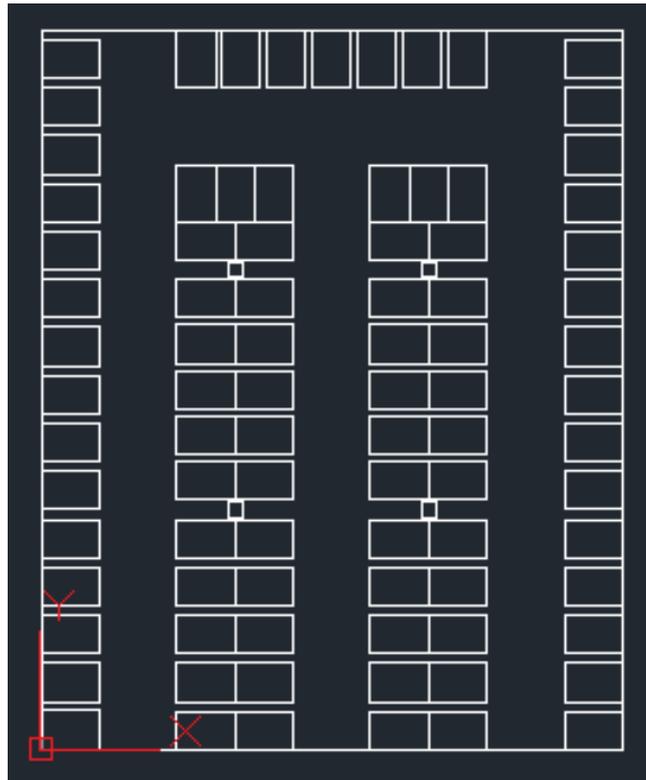


Figura 3-2 Plano del almacén de embalajes con los huecos de palé después del diseño.

La zona periférica y la zona interior está separada por un pasillo de 1,6 m tanto en el lateral como en la parte superior.

3.2.2 Clasificación ABC

Una correcta clasificación de las referencias en un almacén disminuye en gran medida la distancia en los desplazamientos. De entre todas las opciones, la conocida como “clasificación ABC” es una de las óptimas, ya que permite dividir el almacén en tres zonas según el consumo de cada referencia.

A continuación, en la Tabla 3.1 se muestra el listado total de referencias en el almacén junto con su consumo mensual por cada referencia. Se muestran ordenados en función del consumo junto con el porcentaje del total y el total acumulado. Las referencias quedan clasificadas en las tres zonas siguiendo los siguientes criterios en función del porcentaje de consumo con respecto al total:

- A: con el 78,9% del total, las referencias RE013, RE011 y RE002.
- B: con el 15,8% del total, las referencias RE004, RE008, RE012 y RE009.
- C: con el 5,3% del total, las referencias RE001, RE003, RE005, RE010, RE014, RE006 y RE007.

Tabla 3-1 Referencias ordenadas según su consumo mensual

Referencias	Unidades/mes	%	% acumulado
RE013	7.000	40,9%	40,9%
RE011	4.000	23,4%	64,3%
RE002	2.500	14,6%	78,9%
RE004	1.000	5,8%	84,7%
RE008	800	4,7%	89,4%
RE012	550	3,2%	92,6%
RE009	350	2,0%	94,7%
RE001	230	1,3%	96,0%
RE003	180	1,1%	97,1%
RE005	150	0,9%	98,0%
RE010	120	0,7%	98,7%
RE014	100	0,6%	99,2%
RE006	80	0,5%	99,7%
RE007	50	0,3%	100,0%

En la Figura 3-3 puede observarse la gráfica de la frecuencia acumulada de consumo en función de las referencias, comprobándose como recrean la curva de Pareto con bastante precisión y, en la Figura 3-4, la misma curva con las tres zonas ABC representadas por colores.



Figura 3-3 Frecuencia acumulada

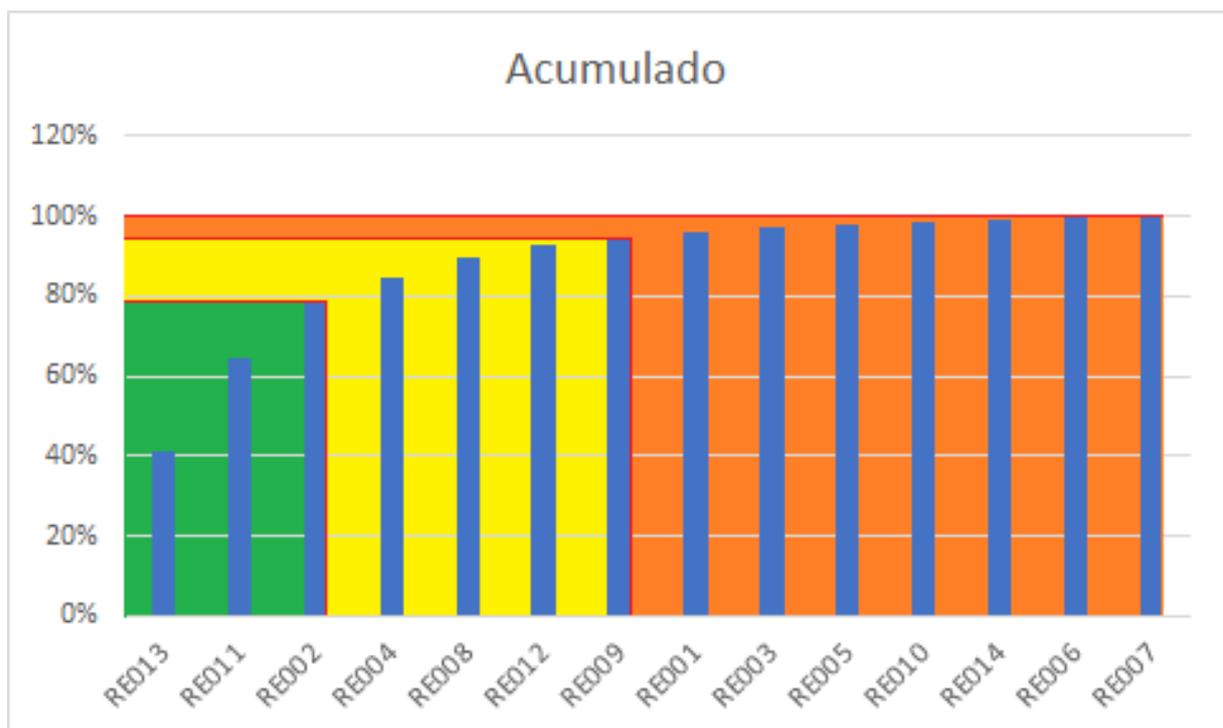


Figura 3-4 Frecuencia acumulada con zonas

3.2.3 Punto de pedido y stock de seguridad

Para resolver el problema del cálculo del stock de seguridad y el punto de pedido, lo primero que se observó fue el tiempo de aprovisionamiento de las referencias. En este caso, todas las referencias venían de un mismo fabricante y el plazo de aprovisionamiento variaba en función de la referencia (ver Tabla 3-2).

Por otro lado, para el cálculo del stock de seguridad, dado que la demanda (D) era bastante constante, se calculó en función de la variación del plazo de aprovisionamiento (PA) (ver Tabla 3-2).

$$SS = (PA_{m\acute{a}ximo} - PA_{est\acute{a}ndar}) * D$$

El punto de pedido se calculo sumando la demanda prevista en el plazo de aprovisionamiento (μ) y el stock de seguridad calculado anteriormente (SS) (ver Tabla 3-2).

$$s = \mu + SS$$

3.2.4 Stock máximo y tamaño de lote

Se calculó un stock máximo por cada referencia en función de la demanda prevista, asignando unas ubicaciones fijas a cada referencia (ver Tabla 3-2).

Tabla 3-2 Análisis de stock

Referencia	Zona	PA estándar (meses)	PA máximo (meses)	D (Uds./mes)	SS	μ	s	Palés mínimos	Lote (Q)		Ubicaciones asignadas	Uds./palé	Stock máximo
									Palés	Uds.			
RE001	C	1	2	230	230	230	460	1	1	350	2	350	700
RE002	A	0,5	0,75	2.500	625	1250	1.875	1	7	7.000	8	1.000	8.000
RE003	C	1	2	180	180	180	360	3	6	450	9	75	675
RE004	B	0,75	1,33	1.000	580	750	1.330	2	5	2.250	7	450	3.150
RE005	C	1	2	150	150	150	300	2	2	200	4	100	400
RE006	C	1	2	80	80	80	160	2	4	200	6	50	300
RE007	C	1	2	50	50	50	100	2	4	100	6	25	150
RE008	B	0,75	1,33	800	464	600	1.064	2	6	1.800	8	300	2.400
RE009	B	0,75	1,33	350	203	263	466	2	7	875	9	125	1.125
RE010	C	1	2	120	120	120	240	2	3	300	5	100	500
RE011	A	0,5	0,75	4.000	1000	2000	3.000	1	5	12.500	6	2.500	15.000
RE012	B	0,75	1,33	550	319	413	732	1	3	1.500	4	500	2.000
RE013	A	0,5	0,75	7.000	1750	3500	5.250	1	5	17.500	6	3.500	21.000
RE014	C	1	2	100	100	100	200	2	5	250	7	50	350

Para asignar una ubicación a una zona ABC, se hizo un cálculo de distancias sumando las coordenadas X e Y de cada ubicación y ordenándolas de menor a mayor (ver Tabla 3-3).

Tabla 3-3 Cálculo de distancias al origen de cada ubicación

Ubicación	X	Y	Distancia al origen
1	2	0,5	2,5
16	2	0,5	2,5
2	2	1,5	3,5
17	2	1,5	3,5
3	2	2,5	4,5
18	2	2,5	4,5
4	2	3,5	5,5
19	2	3,5	5,5
5	2	4,5	6,5
20	2	4,5	6,5
40	6	0,5	6,5
41	6	0,5	6,5
6	2	5,5	7,5
21	2	5,5	7,5
39	6	1,5	7,5
42	6	1,5	7,5
7	2	6,5	8,5
22	2	6,5	8,5
38	6	2,5	8,5
43	6	2,5	8,5
8	2	7,5	9,5
23	2	7,5	9,5
37	6	3,5	9,5
44	6	3,5	9,5
9	2	8,5	10,5
24	2	8,5	10,5
36	6	4,5	10,5
45	6	4,5	10,5
65	10	0,5	10,5
66	10	0,5	10,5
10	2	9,5	11,5
25	2	9,5	11,5
35	6	5,5	11,5
46	6	5,5	11,5
64	10	1,5	11,5
67	10	1,5	11,5
11	2	10,5	12,5
26	2	10,5	12,5
34	6	6,5	12,5
47	6	6,5	12,5
63	10	2,5	12,5
68	10	2,5	12,5
12	2	11,5	13,5
33	6	7,5	13,5
48	6	7,5	13,5
62	10	3,5	13,5
69	10	3,5	13,5
13	2	12,5	14,5
32	6	8,5	14,5
49	6	8,5	14,5
61	10	4,5	14,5
70	10	4,5	14,5
14	2	13,5	15,5
31	6	9,5	15,5
50	6	9,5	15,5
60	10	5,5	15,5
71	10	5,5	15,5
27	3,2	13	16,2
15	2	14,5	16,5
30	6	10,5	16,5
51	6	10,5	16,5
59	10	6,5	16,5
72	10	6,5	16,5
28	4	13	17
81	4,2	13	17,2
58	10	7,5	17,5
73	10	7,5	17,5
29	4,8	13	17,8
82	5,1	13	18,1
57	10	8,5	18,5
74	10	8,5	18,5
83	6	13	19
56	10	9,5	19,5
75	10	9,5	19,5
84	6,9	13	19,9
52	7,2	13	20,2
55	10	10,5	20,5
76	10	10,5	20,5
85	7,8	13	20,8
53	8	13	21
77	10	11,5	21,5
86	8,7	13	21,7
54	8,8	13	21,8
78	10	12,5	22,5
87	9,6	13	22,6
79	10	13,5	23,5
80	10	14,5	24,5

En la Figura 3-5 se puede ver en el plano del almacén como quedaron distribuidas las zonas utilizando todos los datos anteriormente calculados.

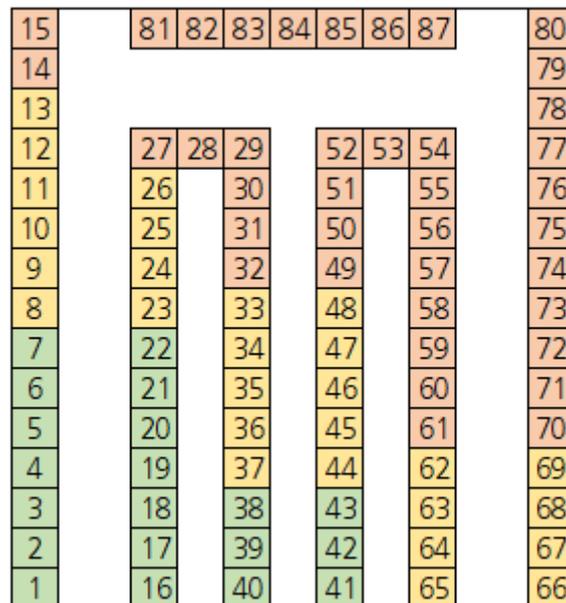


Figura 3-5 Plano del almacén con zonas ABC

Por último, se calculó el tamaño de lote, Q , de la siguiente manera: dado que el coste de mantenimiento del inventario era despreciable en función del coste de lanzamiento, y dado que los pedidos se debían hacer por palés completos, el tamaño de lote Q se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Q_i = S_{m\acute{a}x_i} - S_{min_i} \quad , \quad \forall i \in [1,14]$$

Donde:

- $Q_i = n^{\circ}$ de palés a pedir para cada referencia "i".
- $S_{m\acute{a}x_i} = n^{\circ}$ de palés asignados a la referencia "i".
- $S_{min_i} = n^{\circ}$ de palés que ocupa el stock de seguridad (SS) de la referencia "i".

3.3 Evaluación de resultados

Después de observar las medidas adoptadas anteriormente, se pueden resumir las conclusiones en los siguientes puntos:

- **Diseño:** al disponer de un espacio limitado y de una sola altura, la optimización del diseño era fundamental. Se consiguieron entre 7 y 10 ubicaciones más (un aumento de entre un 9% y un 13%).
- **Clasificación ABC:** en línea con lo argumentado anteriormente, la distribución ABC (parcialmente instaurada inicialmente) correctamente calculada y analizada, disminuyó los desplazamientos innecesarios en un puesto ya saturado de carga de trabajo.
- **Punto de pedido y stock de seguridad:** las roturas de stock en un almacén con bajo coste de inventario es inadmisibles, ya que penaliza toda la cadena productiva y perjudica gravemente el nivel de servicio. Gracias a la implantación del stock de seguridad y punto de pedido se redujeron a 0 las incidencias por roturas de stock.
- **Stock máximo y tamaño de lote:** tan importante es evitar la rotura de stock como el exceso de este, por las propias limitaciones del almacén. El stock máximo permitió asignar posiciones fijas a las distintas referencias que facilitaron la localización y control del stock. Por otro lado, el tamaño de lote permitió reducir el coste de lanzamiento al aumentarlo al máximo posible.

4 ALMACÉN 2: CONFIGURACIÓN DE ESTANTERÍAS

El segundo almacén para estudiar es un almacén con estanterías convencionales y almacenamiento por unidades. Dicho almacén contiene una de las materias primas fundamentales de producto fabricado por la empresa. Con un alto valor económico, la optimización de este almacén era vital para el desarrollo estratégico de la empresa por dos motivos fundamentales:

- El exceso de stock compromete de manera claramente visible las necesidades financieras de la empresa.
- La falta de stock compromete a su vez las necesidades operativas de la planta, siendo completamente inaceptable la rotura de stock de algunos elementos, cuyo nivel de servicio pretende ser del 100%.

A continuación, en la Figura 4-1 puede observarse el plano del almacén, formado por seis lados y entrada y salida por la esquina inferior derecha.

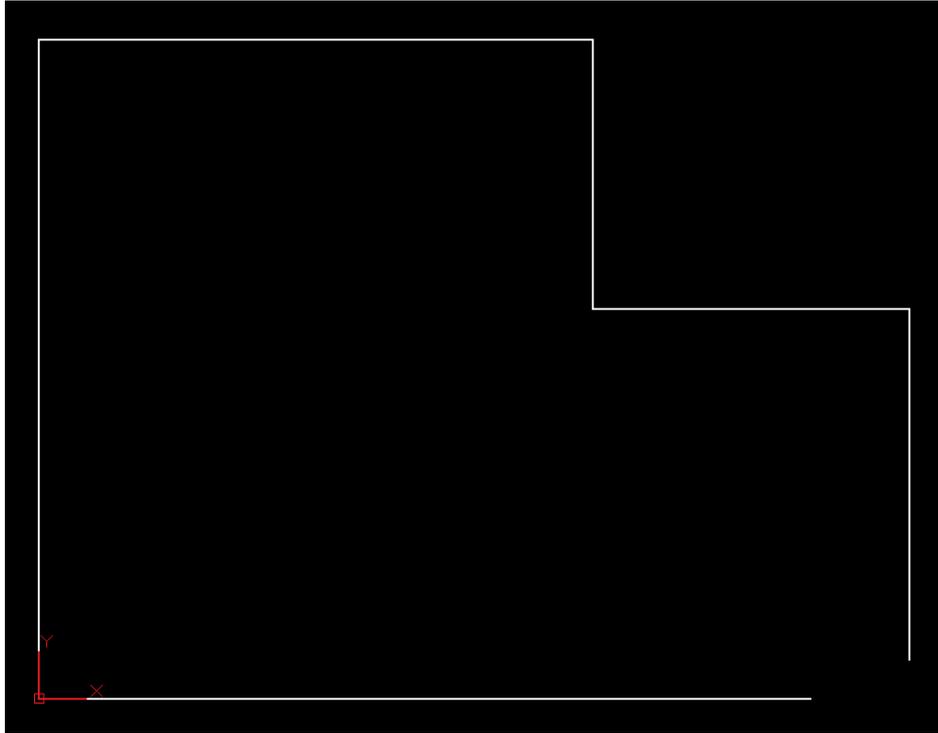


Figura 4-1 Plano del almacén 2

En este almacén de materia prima principal, el almacenamiento se efectúa en estanterías convencionales de varias alturas distribuidas en el perímetro y el interior de este.

4.1 Situación inicial

La situación inicial en la que se encontraba este almacén antes de realizar el proyecto de mejora se puede resumir en los siguientes puntos:

- **Diseño:** la distribución elegida para las estanterías no era óptima, estando desaprovechado parte del espacio del almacén (ver Figura 4-2).
- **Homogeneización:** dentro del almacén existían al menos siete tipos de estanterías distintas, algunas de ellas bastante deterioradas. Esto dificultaba la optimización del diseño ya que no estaban hechas a medida.
- **Stock obsoleto:** existían referencias descatalogadas y/o deterioradas por todo el almacén.
- **Descuadre de stock:** descuadre entre el stock real y reflejado en el ERP.

- **Clasificación ABC:** existía una distribución establecida de forma natural, sin ningún tipo de cálculo o análisis. Esto significa que las referencias estaban almacenadas según se usaban más o menos, pero no conseguía ser óptima.
- **Punto de pedido:** no existía un valor de punto de pedido por cada referencia, por lo que se desconocía el momento en el que se tenían que realizar los pedidos.
- **Stock de seguridad:** no existía un valor de stock de seguridad por cada referencia. Esto implicaba que se dieran roturas de stock en bastantes ocasiones.

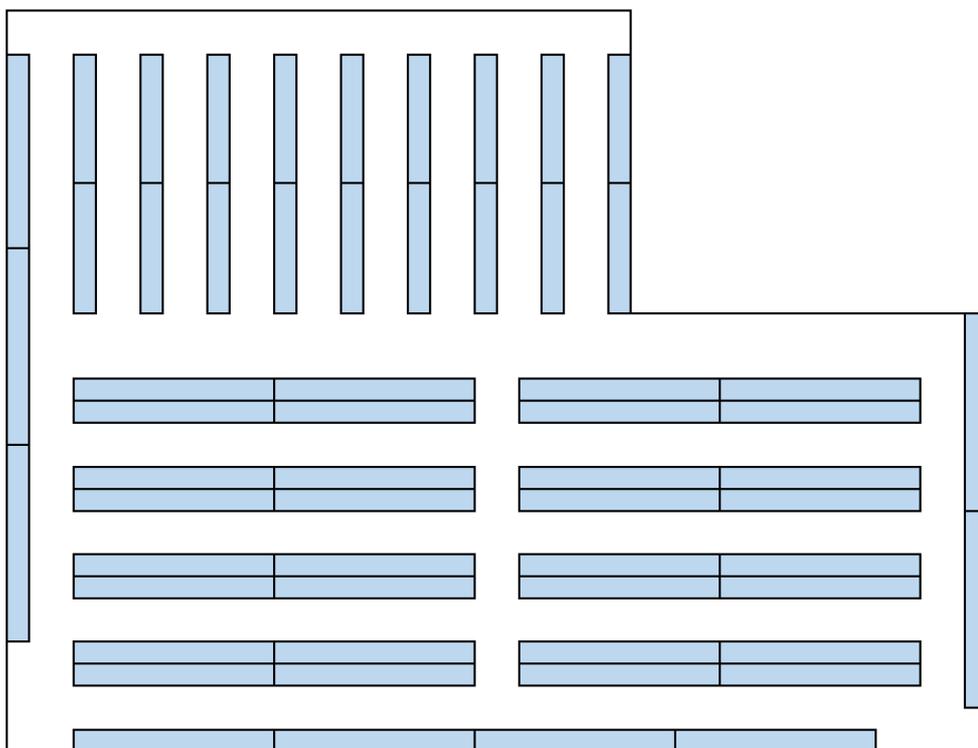


Figura 4-2 Situación inicial almacén 1

4.2 Medidas aplicadas

Para cada una de las situaciones enumeradas en el apartado “Situación Inicial”, se detallarán a continuación las medidas que se tomaron para mejorar dichas situaciones.

4.2.1 Diseño

En primer lugar, se rediseño completamente el almacén ya que las estanterías no estaban distribuidas inicialmente de la mejor manera posible. En parte, el motivo de este problema era que, salvo algunas estanterías que eran nuevas, el resto provenían de otro almacén anterior y no encajaban con las medidas del nuevo. En el punto siguiente se detalla el plan de homogeneización de estanterías.

Para comenzar, se distribuyeron las estanterías por todo el perímetro (algo básico en cualquier diseño de almacenes) como se puede observar en la imagen Figura 4-3.

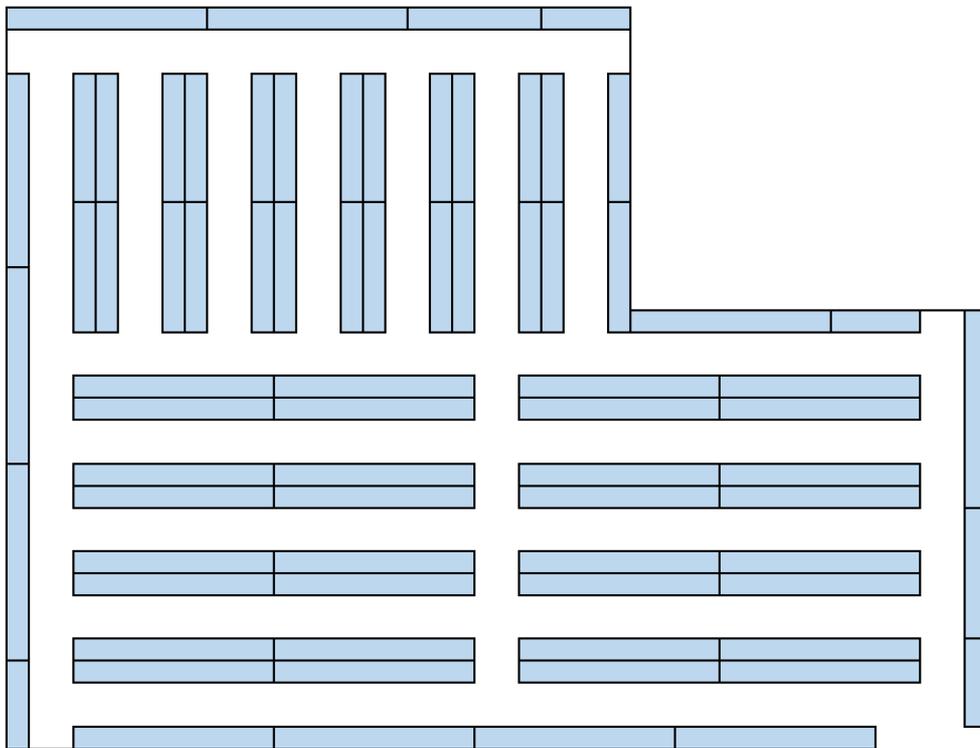


Figura 4-3 Diseño final almacén 1

4.2.2 Homogeneización

El segundo paso para mejorar y optimizar este almacén fue elaborar un plan de inversión para homogeneizar las estanterías de este. Dicho plan de inversión debía ser aprobado por la dirección general e introducir una partida en los presupuestos anuales de la empresa.

El almacén disponía de 59 estanterías convencionales distribuidas en estanterías de 4 y 5 niveles y longitudes de 4.5 m, 3 m y 2 m (altura 2,5 metros y profundidad 0,5 metros para todas ellas).

Después analizar las estanterías que debían ser sustituidas y las necesarias para completar el nuevo diseño fueron las siguientes, el balance total se puede comprobar en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Balance de compras de estanterías

Longitud	Antes			Después	Compra		
	4 Niveles	5 Niveles	Total	5 Niveles	5 Niveles	Precio	Total
4,5	6	35	41	43	8	2.000,00 €	16.000,00 €
3	5	13	18	28	15	1.400,00 €	21.000,00 €
2	0	0	0	4	4	1.000,00 €	4.000,00 €
Total	11	48	59	75	27		41.000,00 €

La adquisición de estas 27 estanterías se incluyó como inversión en los presupuestos anuales y constó de 3 fases diferenciadas (ver Tabla 4-2).

Tabla 4-2 Fases de inversión de estanterías

Fases	Estanterías			Importe
	4,5	3	2	
1	1	6	4	14.400,00 €
2	7	0	0	14.000,00 €
3	0	9	0	12.600,00 €
Total	8	15	4	41.000,00 €

4.2.3 Stock obsoleto y descuadres de stock

Se fijó un plazo de tiempo en el que, si la referencia no había tenido salida, pasaría directamente a un almacén alternativo destinado a referencias obsoletas. Estas referencias se eliminaron del ERP, siendo su tratamiento posterior completamente manual. Por otro lado, se eliminó el producto defectuoso o deteriorado.

Antes de proceder a analizar el stock en profundidad, era completamente necesario realizar un inventario exhaustivo. Para ello, se puntuaron todas las referencias y se actualizó el valor reflejado en el ERP.

4.2.4 Clasificación ABC

Entrando ya en lo que a gestión de stock se refiere, la distribución ABC fue lo primero en realizarse una vez estuvo completo el rediseño de estanterías (ver Figura 4-4).

Cabe resaltar que, debido al gran número de referencias (teniendo en cuenta las diferentes dimensiones de un mismo producto, color, etc.), la clasificación ABC se realizó de forma piramidal: primero se distribuyeron las familias, dentro de cada familia se hizo una clasificación ABC del modelo, etc. De este modo, se asignaron estanterías a cada familia, siendo posible realizar un plan fijo del almacén.

Dentro de la zona asignada a cada familia, las ubicaciones eran dinámicas, y dependía de la cantidad de stock que hubiera de cada referencia.

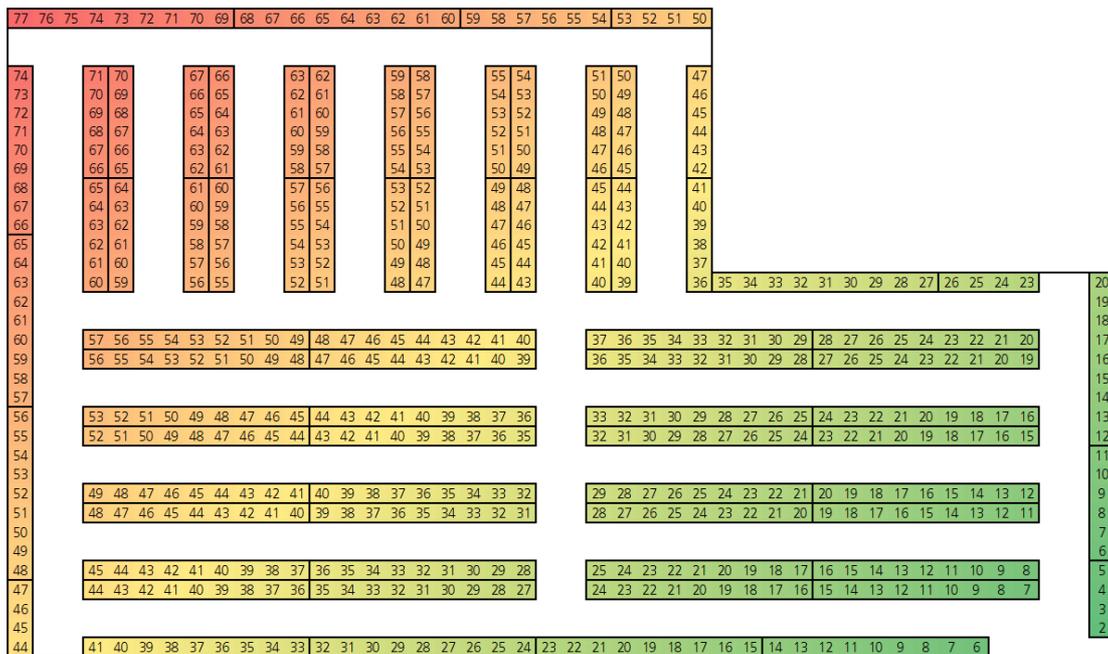


Figura 4-4 Clasificación ABC

4.2.5 Punto de pedido y stock de seguridad

De forma análoga a lo realizado en el almacén de embalajes, para resolver el problema del cálculo del stock de seguridad y el punto de pedido, se observó el tiempo de aprovisionamiento de las referencias.

El stock que se almacenaba también era suministrado por un solo fabricante, aunque en este caso, el tiempo de aprovisionamiento dependía de la referencia (las referencias más solicitadas tenían tiempos de entrega inferiores) debido al proceso productivo del fabricante.

Si se tiene en cuenta el modelo de cada familia, las dimensiones y el color, el almacén disponía de unas 11.250 referencias (15 familias, 5 modelos, 3 dimensión 1, 10 dimensión 2 y 5 colores). En la Figura 3-1 se puede ver una muestra de 15 referencias aleatoriamente escogidas.

Tabla 4-3 Ejemplo de codificación de referencia

Referencia	Familia	Modelo	Dim 1	Dim 2	Color
F1-M3-C-4-C1	F1	M3	C	4	C1
F2-M1-C-5-C2	F2	M1	C	5	C2
F4-M5-A-3-C4	F4	M5	A	3	C4
F5-M5-A-4-C2	F5	M5	A	4	C2
F6-M5-B-5-C1	F6	M5	B	5	C1
F7-M3-B-4-C3	F7	M3	B	4	C3
F7-M3-B-8-C5	F7	M3	B	8	C5
F7-M5-C-10-C3	F7	M5	C	10	C3
F8-M5-A-2-C4	F8	M5	A	2	C4
F8-M5-C-3-C2	F8	M5	C	3	C2
F9-M1-A-7-C1	F9	M1	A	7	C1
F12-M2-A-9-C3	F12	M2	A	9	C3
F13-M4-A-10-C3	F13	M4	A	10	C3
F14-M4-A-6-C2	F14	M4	A	6	C2
F14-M4-A-8-C5	F14	M4	A	8	C5
F15-M3-C-5-C5	F15	M3	C	5	C5

Se estableció un punto de pedido aproximadamente igual al stock consumido durante el tiempo de aprovisionamiento de cada referencia. Para el stock de seguridad se realizó el mismo cálculo y se estableció igual al punto de pedido. En la Tabla 4-4, utilizando la muestra anterior de referencias, se detalla el tiempo de aprovisionamiento, el stock consumido durante el tiempo de aprovisionamiento, el punto de pedido, el stock de seguridad y la cantidad a pedir, todo basado en el stock consumido durante el tiempo de aprovisionamiento.

Tabla 4-4 Análisis de inventarios

Tiempo de aprovisionamiento (semanas)	Consumo mensual (unidades)	Consumo TA (unidades)	Punto de pedido (unidades)	Stock de seguridad (unidades)	Cantidad a pedir (unidades)
3	1093	765	1530	765	2300
6	159	223	446	223	700
4	861	804	1608	804	2400
3	1298	909	1818	909	2700
5	230	268	536	268	800
3	1786	1250	2500	1250	3800
3	2587	1811	3622	1811	5400
5	122	142	284	142	400
3	1814	1270	2540	1270	3800
5	310	362	724	362	1100
5	334	390	780	390	1200
4	979	914	1828	914	2700
6	178	249	498	249	700
4	621	580	1160	580	1700
5	368	429	858	429	1300
6	96	134	268	134	400

4.3 Evaluación de resultados

Después de observar las medidas adoptadas anteriormente, los resultados más llamativos e importantes fueron los siguientes:

- **Diseño:** el rediseño de la planta consiguió aprovechar mejor el espacio limitado del que se disponía, aumentando en un 24% la capacidad neta del almacén.
- **Homogeneización:** adicionalmente, se consiguió homogeneizar el almacén gracias a la inversión realizada en este. Esto facilitó la futura gestión del stock y su reorganización por familias.
- **Stock obsoleto:** por otro lado, la eliminación del sobrante por mal estado o nula rotación arrojó unos datos más fieles en cuanto al activo corriente de la empresa eliminando su valor en el sistema.
- **Descuadre de stock:** este gran problema al que están expuestos todos los almacenes debe contrarrestarse mediante inventarios periódicos (anuales o semestrales). Un correcto control del stock es fundamental para la operativa de la empresa.
- **Clasificación ABC:** cualquier almacén que no disponga de recursos ilimitados (es decir, todos) debe tener en cuenta este punto tan importante. Con este sistema se redujeron considerablemente los desplazamientos por el almacén, siendo más productivos.
- **Punto de pedido y stock de seguridad:** por último, la implantación del sistema de stock de seguridad y punto de pedido consiguieron, a la par, reducir las roturas de stock y reducir el stock máximo del almacén.

5 ALMACÉN 3: PRL

El tercer almacén para analizar disponía de una superficie de almacenamiento de 11.000 metros cuadrados con 10 pasillos de estanterías convencionales, tal y como se puede observar en la vista en planta (Figura 5-1).

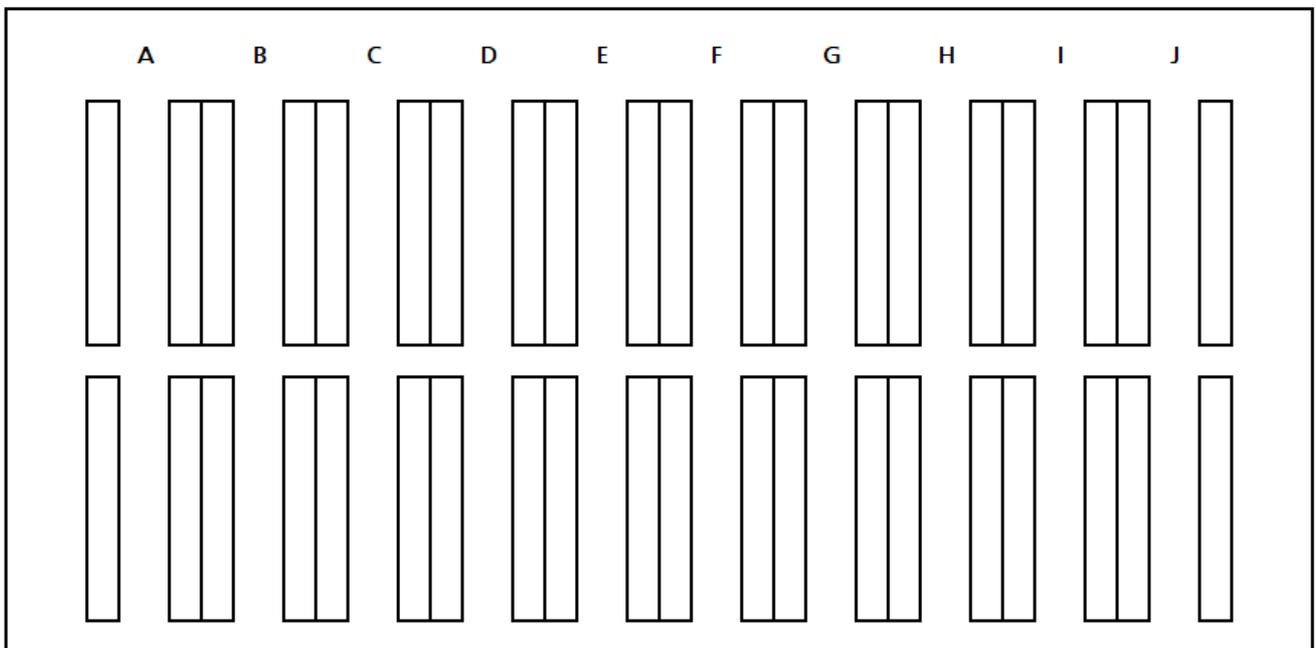


Figura 5-1 Plano almacén 3

Están numerados estos pasillos con letras desde la “A” hasta la “J” y los niveles están distribuidos de la siguiente manera:

- Tres niveles inferiores con huecos de poca altura para reposición individual de artículos.
- Cuatro niveles superiores con huecos para palé europeo y altura máxima de 2 metros.

En cuanto a las operaciones que se llevaban a cabo, las ubicaciones inferiores de reposición individual las realizaban operarios a pie, mientras que las reposiciones de palé de las cuatro ubicaciones superiores las realizaban operarios en carretilla retráctil.

Con esta breve explicación es posible enumerar los puntos susceptibles de mejora que se identificaron antes de realizar el proyecto.

5.1 Situación inicial

- Diseño:

El problema más grave identificado en el almacén era la simultaneidad de operaciones de operarios a pie y operarios con carretilla retráctil. Esto, desde un punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL), es un foco de accidentes graves bastante importante.

Por otro lado, existían cuatro pasillos que no estaban en uso, ya que con los pasillos anteriores había almacenamiento suficiente para todo el stock del cliente. El problema era la alta carga de trabajo en los pasillos ocupados debido a la alta concentración de stock.

En la Figura 5-2 puede verse el estado inicial del almacén con dos zonas diferenciadas en función del stock almacenado en ellas:

- Almacenamiento mixto: ubicaciones de reposición individual y reposición de palé.
- Almacenamiento no utilizado: sin stock.

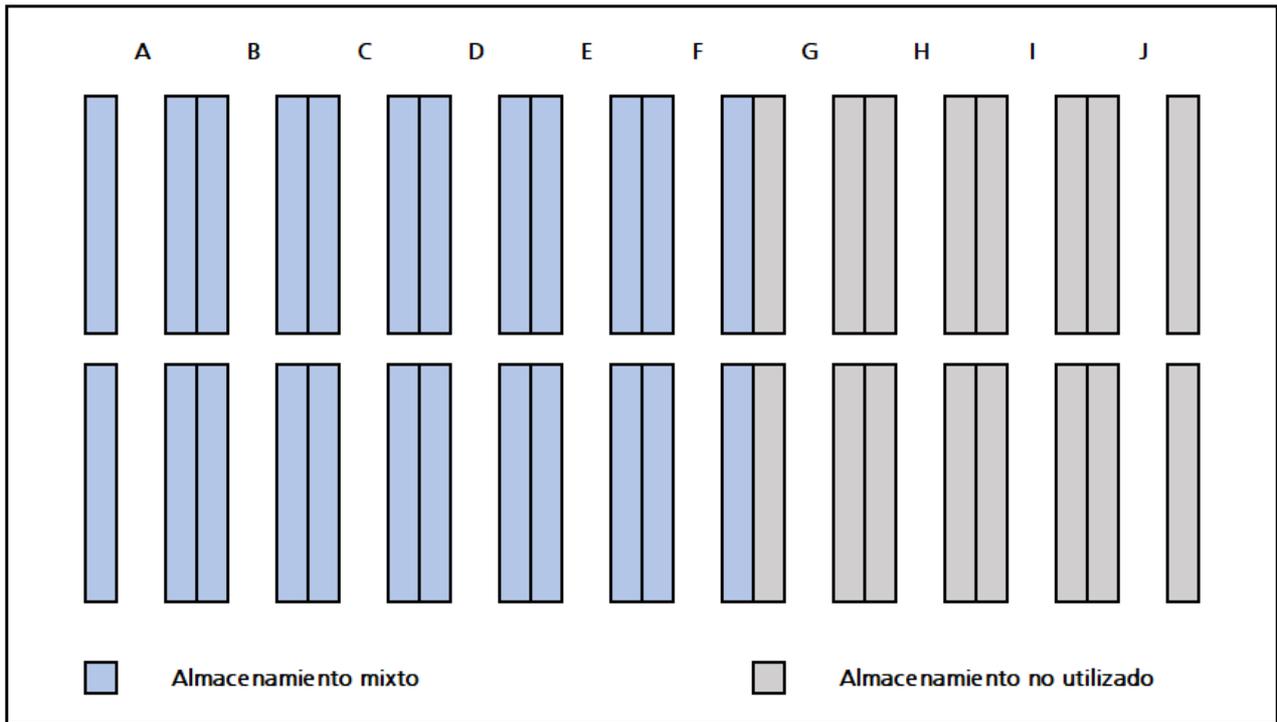


Figura 5-2 Situación inicial almacén 3

- Balance:

La recogida de pedidos de este almacén se hacía en una franja horaria muy concreta y limitado de la jornada. Esto ocasionaba que, al no estar bien balanceadas las cargas de trabajo por todos los pasillos, hubiera coincidencia de varias carretillas realizando operaciones en el mismo lugar, con el consiguiente riesgo que implicaba desde un punto de vista de la seguridad.

Tabla 5-1 Situación inicial de balance de operaciones

Pasillo	Día 0
A	38
B	15
C	52
D	43
E	28
F	51
G	0
H	0
I	0
J	0

- Zonas de recogida:

Inicialmente, solo existían 2 zonas de recogida implementadas en el SGA, una que englobaba los tramos superiores de los pasillos y otra los inferiores (ver Figura 1-4). Esto implica que había que asignar varios carretilleros en la misma zona, con las altas probabilidades de coincidencia de varios en el mismo pasillo.

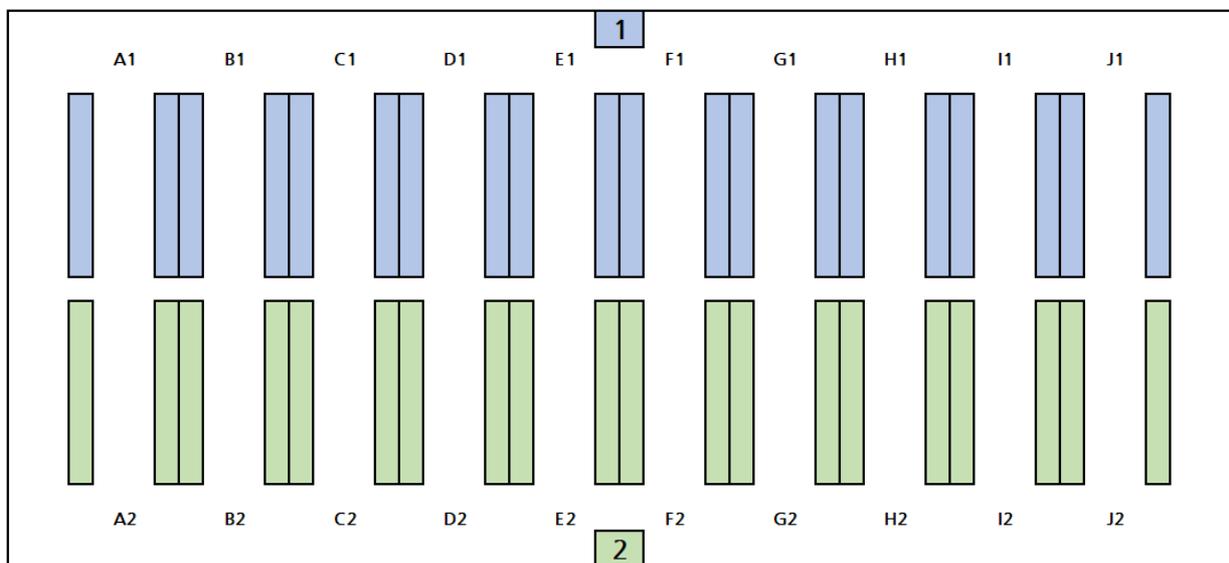


Figura 5-3 Situación inicial de zonas de recogida

- Secuencia:

La secuencia automática de recogida parametrizada en el Sistema de Gestión del Almacén (SGA) no era la más adecuada, promoviendo la simultaneidad de operaciones en la misma zona de trabajo para carretillas retráctiles.

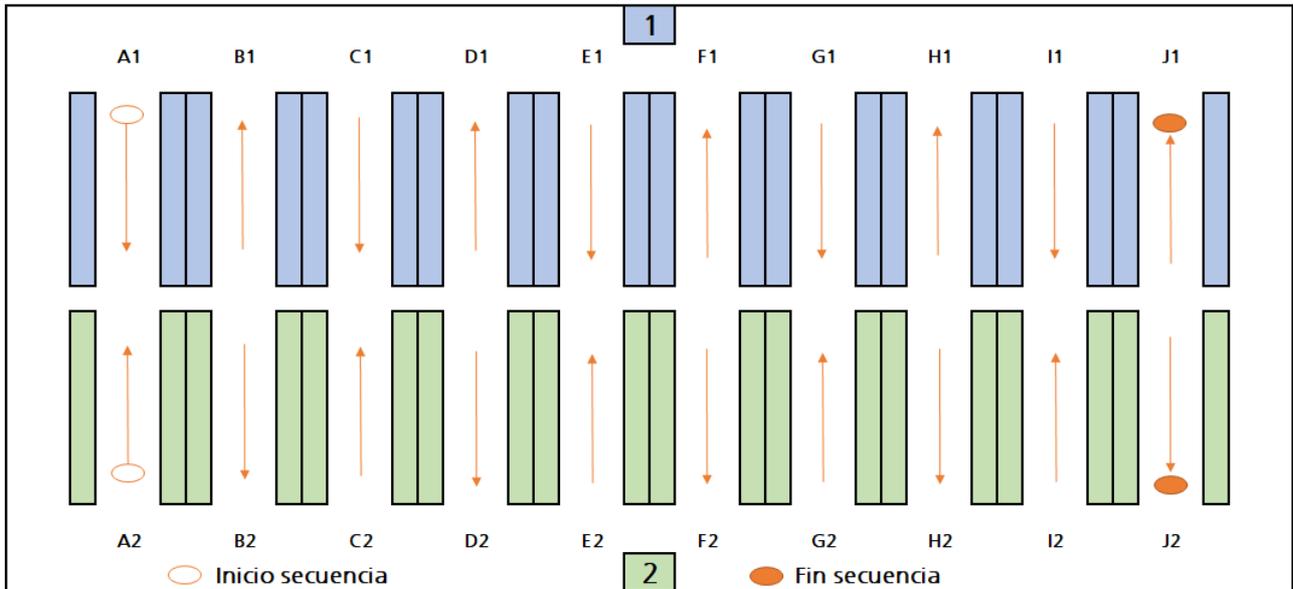


Figura 5-4 Situación inicial de secuencia de recogida

Como se puede observar, todos los problemas identificados están relacionados con la Prevención de Riesgos Laborales, campo en el que la empresa está muy concienciada y puso todos sus esfuerzos y recursos al servicio de su mejora. Ningún esfuerzo es demasiado cuando se tratan temas de seguridad y salud de los trabajadores.

5.2 Medidas aplicadas

Para cada una de las situaciones enumeradas en el apartado “Situación Inicial”, se detallarán a continuación las medidas que se tomaron para mejorar dichas situaciones.

5.2.1 Diseño

El primer asunto que se trató fue el diseño de las ubicaciones. Antes de comenzar el desarrollo, sería conveniente matizar dos ideas importantes:

- El espacio de almacenamiento era de 11.000 m^2 , no pudiendo ser ampliado ni reducido.
- Las estanterías eran fijas, no pudiendo cambiar su orientación, cantidad, separación, altura, etc. Lo único que podía modificarse eran las baldas que separaban las distintas alturas tanto en un tipo de ubicación como en otro.

Una vez dicho esto, se procedió a separar los dos tipos de ubicaciones (ver Figura 5-5), dejando dos pasillos (A y B) exclusivamente para las ubicaciones de reposición individual (operarios a pie) y ampliando de cuatro (C – F) a ocho (C - J) los pasillos destinados a las ubicaciones de palé (operarios en carretilla retráctil).

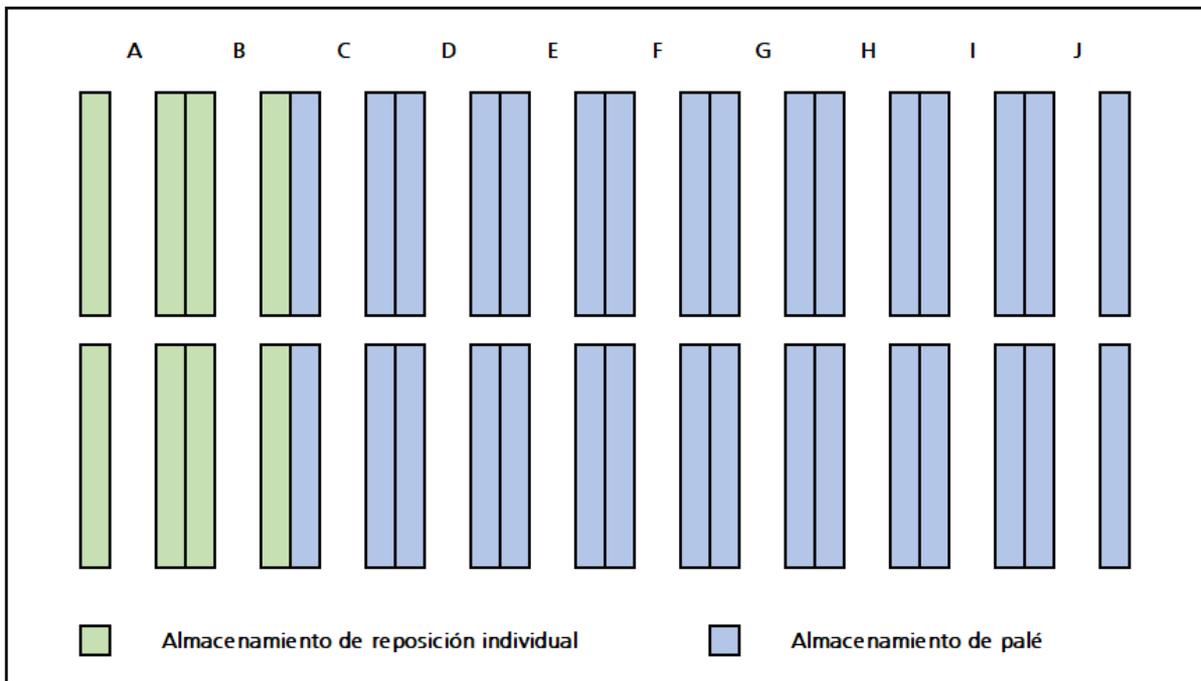


Figura 5-5 Separación de ubicaciones según su tipología

Para estos últimos ocho pasillos, se eliminaron las baldas destinadas a las ubicaciones de reposición individual situadas en la parte inferior de la estantería, quedando disponibles para palés completos cinco en vez de cuatro niveles (ver Figura 5-6). El stock procedente de los pasillos A y B se distribuyó en los pasillos anteriormente sin stock (G-J).

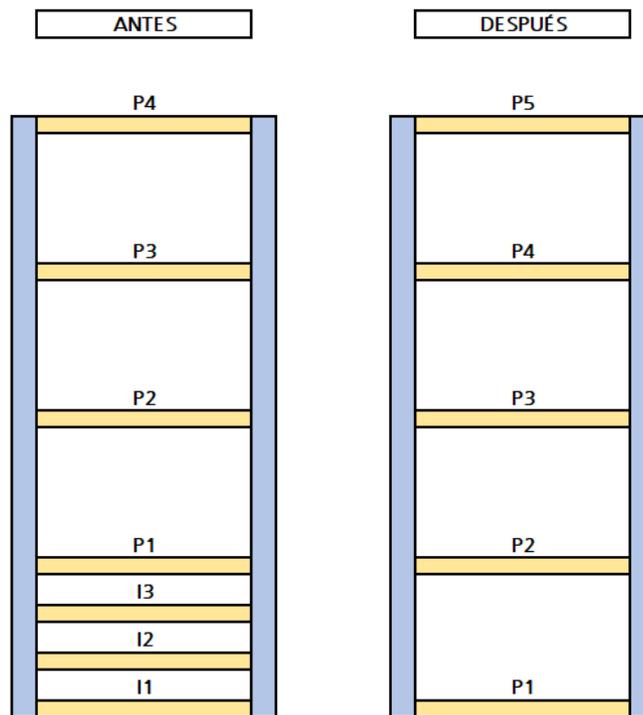


Figura 5-6 Reconversión de estanterías

5.2.2 Balance

Para solventar el problema del balance de carga de operaciones, se debe explicar brevemente la operativa del almacén.

- Se reciben los pedidos de los clientes minoristas de nuestro cliente.
- Se crean automáticamente en el SGA las recogidas en función de los pedidos recibidos.
- Se ordenan las recogidas siguiendo una secuencia parametrizada previamente en el SGA.
- Una vez terminadas todas las recogidas, se procede a ubicar* el stock de reposición previamente descargado de los camiones y ubicado temporalmente en los muelles.

* Hay que matizar que, a diferencia de las recogidas cuyas tareas son generadas automáticamente por el SGA, las tareas de ubicar el stock se realizan de forma manual a criterio del jefe de almacén.

El proceso para balancear el stock sin emplear recursos extraordinarios (esto significa que se balanceó utilizando la propia operativa) fue el que se detalla a continuación:

- 1) Una vez recibidos los pedidos diarios y generadas las tareas de recogida en el SGA, se identificaron los pasillos con más tareas.
- 2) Se bloquearon los pasillos anteriormente identificados para su ubicación de stock de reposición.
- 3) Repetir paso 1).

Se puede comprobar en la Tabla 5-2, como en el plazo de 20 días laborables se redujo la desviación típica (σ) de la muestra en un 90%, siendo esta reducción de un 50% en el tercer día del proceso (en rojo se muestran los pasillos bloqueados para su ubicación en cada día).

Tabla 5-2 Balance de stock

Pasillo	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
A1	15	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	23	0	0	0	0	0	0	0	0
B1	7	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	8	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	30	27	24	22	21	25	22	20	19
C2	22	15	16	15	11	11	15	16	14
D1	23	16	13	12	14	10	10	15	12
D2	20	13	15	14	16	11	14	12	11
E1	16	15	12	16	15	11	12	13	14
E2	12	14	13	14	12	11	10	10	12
F1	32	37	36	29	32	25	20	21	15
F2	19	16	13	13	14	12	11	12	13
G1	0	9	11	12	14	13	10	13	16
G2	0	9	13	10	11	12	15	13	15
H1	0	4	5	6	6	8	7	10	9
H2	0	7	7	9	10	9	12	11	9
I1	0	6	6	6	7	8	8	9	12
I2	0	9	10	12	12	9	10	12	11
J1	0	9	9	11	12	9	9	12	12
J2	0	7	8	8	13	10	10	11	11
μ	11,4	13,3	13,2	13,1	13,8	12,1	12,2	13,1	12,8
σ	2388,6	1063,4	866,4	506,9	537,0	409,8	256,4	171,8	102,4

5.2.3 Zonas de recogida

Continuando con el proceso de mejora de las actividades del almacén, se rediseñaron las zonas de recogida en el SGA, aumentándolas de 2 a 4 (ver Figura 5-7).

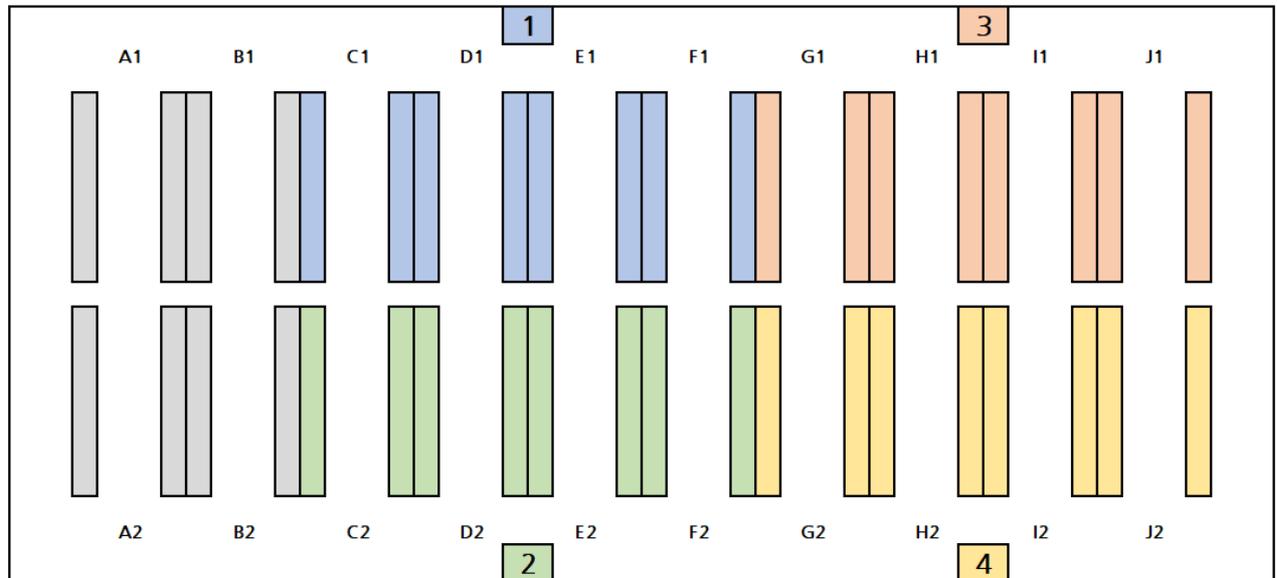


Figura 5-7 Nuevas zonas de recogida

En la Tabla 5-3, se observa como evolucionaron las tareas de recogida en las nuevas zonas en función del día. Se muestra día a día en la primera semana y, posteriormente, semana a semana.

Tabla 5-3 Evolución de las recogidas en cada zona

Pasillo	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20
Zona 1	123	95	85	79	82	71	64	69	60
Zona 2	104	58	57	56	53	45	50	50	50
Zona 3	0	28	31	35	39	38	34	44	49
Zona 4	0	32	38	39	46	40	47	47	46

5.2.4 Secuencia

Por último, se parametrizaron de nuevo las zonas de recogida, cambiando la secuencia con la que ordena las tareas el SGA. También se crearon nuevos puntos de inicio en cada zona, pudiendo de esta manera asignar dos operarios a cada zona y que no coincidieran en ningún momento en el mismo pasillo (hasta ocho carretilleros se podían asignar simultáneamente las tareas de recogida de pedidos sin tener problemas de coincidencia). En la Figura 5-8 puede comprobarse esta nueva parametrización que se realizó.

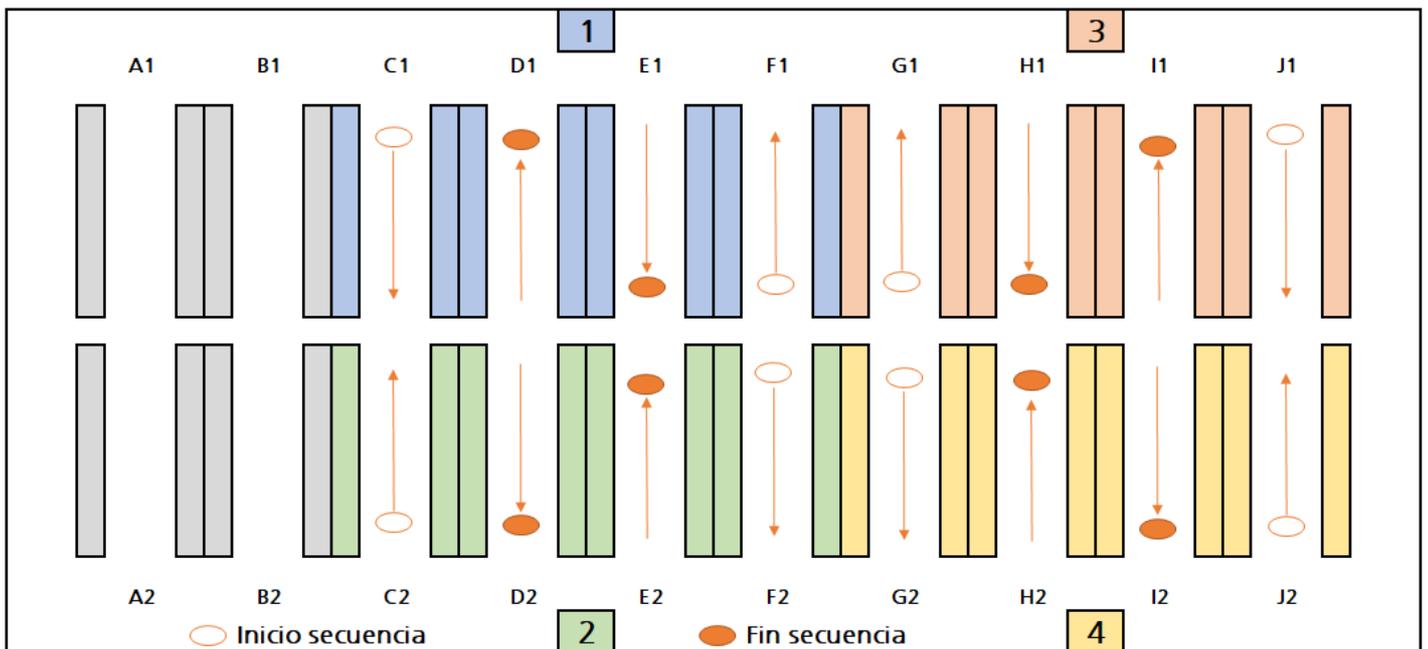


Figura 5-8 Nueva secuencia de recogida

5.3 Evaluación de resultados

Después de observar las medidas adoptadas anteriormente, se pueden resumir las conclusiones en los siguientes puntos:

- **Diseño:** el principal objetivo del rediseño del almacén era la separación de las ubicaciones de operarios a pie y de operarios en máquina cuya coincidencia conlleva un riesgo importante de seguridad tal y como se ha comentado anteriormente.

El segundo objetivo era la utilización de todo el espacio disponible del almacén para evitar la alta densidad de operaciones en una misma zona.

Ambos objetivos fueron resueltos de manera satisfactoria y, colateralmente, se mejoró la productividad de las operaciones. Esto es debido a que cuando coincidían en una misma estantería un operario a pie y un operario con máquina, el operario a pie tenía que ceder el paso al operario con máquina y esperar a que termine para realizar su recogida. Separando físicamente ambos tipos de ubicación, se eliminaron los problemas tanto de seguridad como de productividad.

- **Balance:** es lógico pensar que, si las cargas de tareas de recogida están bien distribuidas por toda la zona de almacenamiento, los operarios tendrán menos conflictos y se estorbarán menos. En efecto, al balancear el stock y conseguir reducir la desviación típica en un 90%, además de ganar en seguridad, se aumentó la productividad.
- **Zonas de recogida:** el hecho de aumentar las zonas de recogida para las ubicaciones de palé de dos a cuatro aumentó la capacidad de gestión de los jefes de equipo a la hora de asignar zonas a los operarios con máquina, pues podían jugar con la cantidad de operarios que iban a trabajar en cada zona.
- **Secuencia:** por último, la nueva parametrización completó el proceso de mejora en materia de seguridad, ya que permitió introducir un nuevo sentido de secuencia para evitar el encuentro de dos operarios con máquina en la misma zona de recogida, aumentando nuevamente la seguridad y la productividad de la operativa.

6 ALMACÉN 4: ROTACIÓN DE INVENTARIOS

El cuarto almacén tenía una superficie de almacenamiento que triplicaba el del almacén 3, con 33.000 metros cuadrados distribuidos en 3 naves. Dos de las naves (22.000 metros cuadrados) son idénticas a la anterior utilizada por el almacén 3 (ver Figura 6-2), sin embargo, la tercera nave tiene una distribución distinta (ver Figura 6-1).

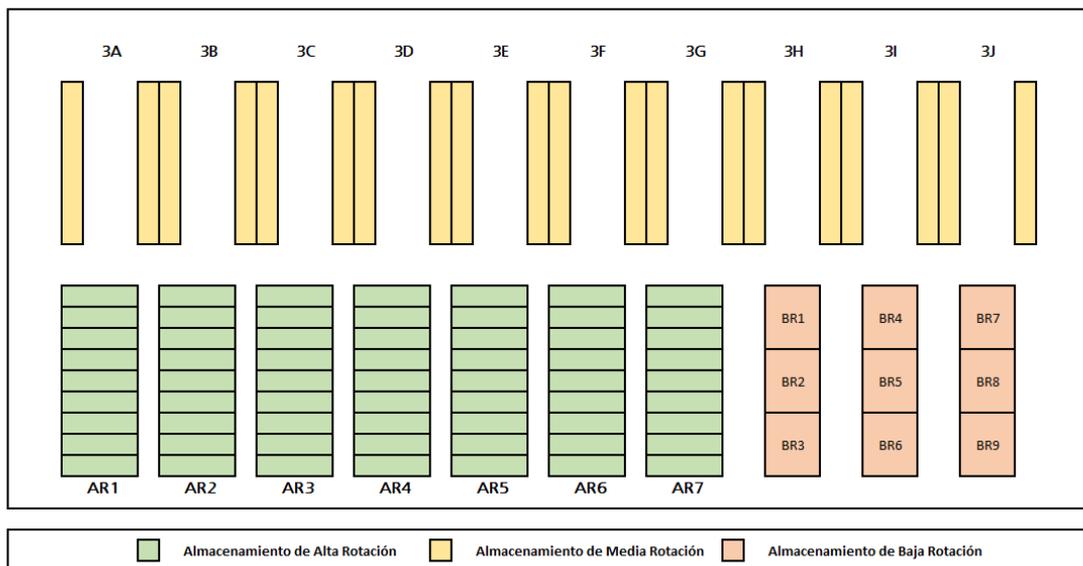


Figura 6-1 Nave 3 del almacén 4

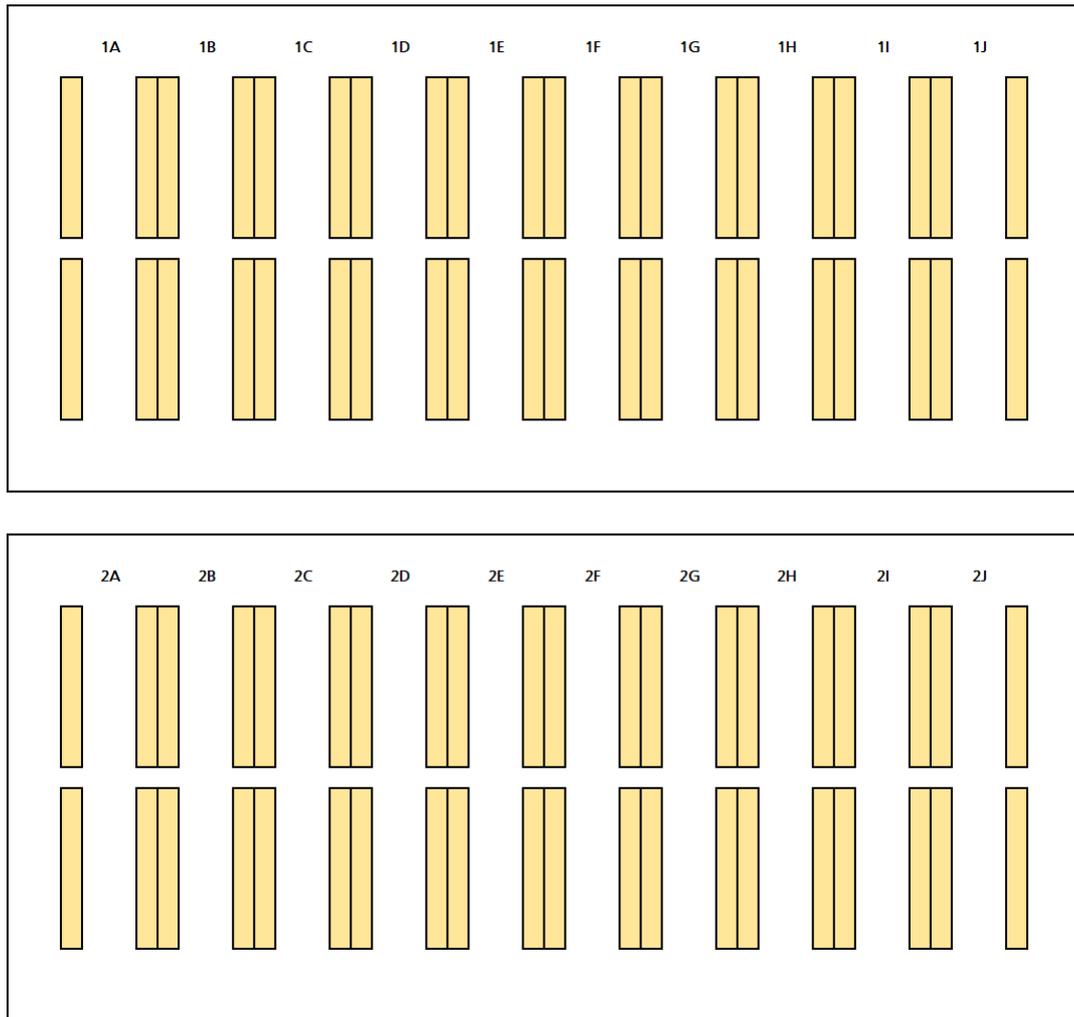


Figura 6-2 Naves 1 y 2 del almacén 4

Por otro lado, la tercera nave del almacén 4 estaba formada por 3 zonas diferenciadas y de distinto tamaño que almacenaban el stock en función de su rotación:

- **Alta rotación:** estanterías dinámicas de recogida individual de cuatro niveles y sistema FIFO (ver Figura 6-3).



Figura 6-3 Almacenamiento Alta Rotación (Mecalux, s.f.)

- **Media rotación o estándar:** estanterías convencionales (ver Figura 6-4) de recogidas mixtas (recogidas individuales en los niveles inferiores y recogidas de palé en los niveles superiores).

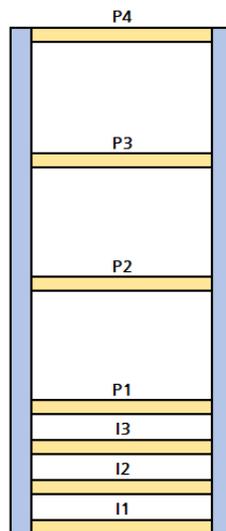


Figura 6-4
Almacenamiento de
Media Rotación

- **Baja rotación:** de tipo paternóster (ver Figura 6-5), diez niveles (bandejas) y gestión automática para recogidas individuales.



Figura 6-5 Almacenamiento de Baja Rotación (KJK Lagerprodukters, s.f.)

Los principales problemas encontrados en este almacén y que fueron solucionados o mejorados son los siguientes:

6.1 Situación inicial

- **Prevención de Riesgos Laborales (PRL):** al igual que en el anterior negocio, coincidencia entre operarios a pie y operarios a máquina era un problema grave de seguridad.
- **Gestión del stock:** como se ha descrito anteriormente, el almacén disponía de varios tipos de almacenamiento en función de su rotación. No obstante, estos no estaban siendo utilizados según fueron concebidos, es decir, todos se utilizaban como almacenaje estándar. Esto es un gran problema de productividad. Por ejemplo: las estanterías paternóster son extremadamente lentas para hacer muchas recogidas diarias.

- **Gestión de las devoluciones:** las devoluciones de este cliente (Negocio 2) eran clasificadas por pasillo y nave y, posteriormente, eran almacenadas de nuevo en su ubicación (después de pasar por exhaustivos controles de calidad). No obstante, algunas referencias que tenían una gran tasa de devolución también tenían una gran tasa de recogida para pedidos. Era un trabajo doble: almacenar la devolución en su ubicación para ser recogida posteriormente para un pedido.

6.2 Medidas aplicadas

Para cada una de las situaciones enumeradas en el apartado “Situación Inicial”, se detallarán a continuación las medidas que se tomaron para mejorar dichas situaciones.

6.2.1 Prevención de riesgos laborales (PRL)

La empresa, en su afán por conseguir unas condiciones de seguridad y prevención lo más altas posible, quiso mejorar también en este negocio las operaciones que se llevaban a cabo en él. Para conseguirlo, se diseñó un protocolo el cual se detalla a continuación:

- 1) En primer lugar, una vez se vuelcan los pedidos diarios en el sistema, se cuantifica el número de tareas de cada tipo de ubicación (individual o de palé).

Tabla 6-1 Pedidos por nave y topología de ubicación

Tareas	Nave 1	Nave 2	Nave 3
	Recogidas	Recogidas	Recogidas
Individual	1450	1190	630
Palé	210	150	85

- 2) Después, teniendo los datos de productividad de los operarios disponibles en ese turno, se estima la productividad total del grupo.

Tabla 6-2 Productividades de operarios

Operario	Productividad (recogidas/hora)	Carretillero	Productividad (recogidas/hora)
Op1	150	Ca1	20
Op2	160	Ca2	19
Op3	180	Ca3	24
Op4	145	Ca4	20
Op5	130	Ca5	15
Total	765	Total	98

- 3) Se calcula la duración estimada que se tardaría en completar cada nave en función del tipo de ubicación (individual por operario y de palé por carretillero).

Tabla 6-3 Tiempo necesario para finalizar cada nave

Tareas	Nave 1		Nave 2		Nave 3	
	Recogidas	Duración (horas)	Recogidas	Duración (horas)	Recogidas	Duración (horas)
Individual	1450	1,90	1190	1,56	630	0,82
Palé	210	2,14	150	1,53	85	0,87

- 4) Finalmente, se asigna un orden de recogida de naves y se incorpora a un diagrama temporal para comprobar que no hay conflictos.

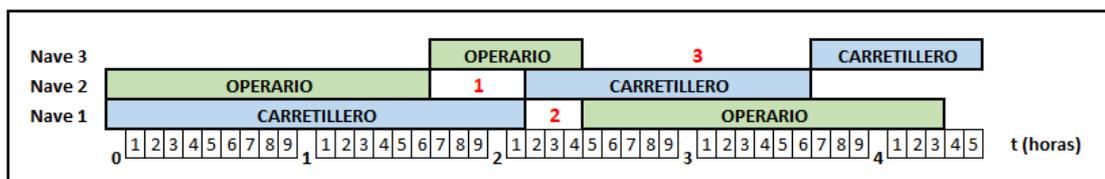


Figura 6-6 Diagrama temporal de operaciones

- 5) Se analizan los tiempos susceptibles de conflicto y se comprueba el margen. El punto más ajustado del ejemplo es el N.º 2 y tiene lugar en la Nave 1 aunque, basados en la experiencia, 15 minutos es suficiente margen para no tener problemas.

Tabla 6-4 Tiempo de margen en cada punto conflictivo

Márgenes		
Conflicto	t (horas)	t (minutos)
1	0,59	35
2	0,24	14
3	1,29	78

6.2.2 Gestión del stock

Para acometer el problema derivado de una gestión deficiente del stock, se analizaron las veces que se accedía a cada ubicación para recoger un pedido en un período concreto de tiempo (varios días). El criterio elegido para decidir qué referencias deben estar en cada zona, se establecieron los siguientes rangos:

- Entre el 81% y el 100% de los días con recogidas: zona de **alta rotación**.
- Entre el 21% y el 80% de los días con recogidas: zona de **media rotación**.
- Entre el 0% y el 20% de los días con recogidas: zona de **baja rotación**.

Para realizar este análisis, se desarrolló un programa que extraía la información del SGA, lo ordenaba y proponía los cambios de zona que debían realizarse. El primer día de ejecutar el software, se obtuvo el siguiente resultado sesgado en su parte central (ver Figura 6-7).

Alta rotación			Media rotación			Baja rotación		
Referencia	Recogidas	%	Referencia	Recogidas	%	Referencia	Recogidas	%
171328	20	100%	648586	20	100%	402319	18	90%
447245	20	100%	637693	20	100%	374605	16	80%
360026	20	100%	406277	20	100%	358096	14	70%
274320	20	100%	679624	19	95%	404748	10	50%
959053	20	100%	994081	19	95%	591496	9	45%
496981	20	100%	971035	19	95%	899402	9	45%
230604	20	100%	935318	18	90%	809637	9	45%
213175	20	100%	770685	18	90%	513057	8	40%
591758	20	100%	315537	18	90%	265718	7	35%
443898	20	100%	646265	18	90%	131374	7	35%
264239	20	100%	345853	18	90%	670229	7	35%
.	-	-	.	-	-	.	-	-
.	-	-	.	-	-	.	-	-
.	-	-	.	-	-	.	-	-
258188	10	50%	240395	0	0%	669020	0	0%
201795	10	50%	263349	0	0%	580519	0	0%
264517	9	45%	944663	0	0%	913996	0	0%
707627	8	40%	662439	0	0%	125023	0	0%
649031	8	40%	394547	0	0%	102029	0	0%
108308	8	40%	547128	0	0%	942017	0	0%
671794	7	35%	511520	0	0%	406005	0	0%
613353	4	20%	869973	0	0%	684590	0	0%
431307	2	10%	860137	0	0%	949503	0	0%
354724	1	5%	895270	0	0%	465595	0	0%
651357	0	0%	814077	0	0%	909700	0	0%
777476	0	0%	279081	0	0%	933975	0	0%

Figura 6-7 Primera ejecución del software de gestión de stock

Analizando los resultados obtenidos en función de las zonas en la primera ejecución del software, se puede observar lo siguiente:

- En la zona de alta rotación, hay referencias que deben moverse a la zona de rotación media, pero también hay algunas referencias que deben moverse directamente a la zona de rotación baja (muestra de lo mal distribuido que estaba el stock).
- En la zona de media rotación (la más grande de todas), hay muchas referencias sin movimientos que van a la zona de baja rotación y referencias con muchas recogidas que van a la zona de alta rotación.
- En la zona de baja rotación, análoga e inversamente a la zona de alta rotación, existen referencias que deben ser movidas directamente a la zona de alta rotación y referencias que deben ser movidas a la zona de media rotación.

Diariamente, se destinaba un cierto tiempo de la operativa a realizar dichos cambios siguiendo este procedimiento:

- Se ejecuta el programa.
- Se elige una de las zonas para optimizar los desplazamientos.
- Se realizan los movimientos empezando por las referencias con porcentaje más alejado al rango de dicha zona.
- Al día siguiente se repite el proceso.

Se pudo comprobar como los primeros días de la ejecución del procedimiento aún se obtenían resultados muy drásticos (cambios de zona de baja rotación a alta rotación y viceversa), pero después de un par de semanas, los resultados que se obtenían del software proponían unos cambios más suaves entre las zonas (ver Figura 6-8).

Alta rotación			Media rotación			Baja rotación		
Referencia	Recogidas	%	Referencia	Recogidas	%	Referencia	Recogidas	%
301541	20	100%	270808	20	100%	904541	9	45%
955668	20	100%	572363	20	100%	156963	9	45%
407514	20	100%	226724	19	95%	123723	8	40%
237395	20	100%	782743	19	95%	132736	8	40%
302443	20	100%	357034	18	90%	914516	8	40%
686798	20	100%	338395	18	90%	458531	7	35%
159943	20	100%	657580	18	90%	299632	7	35%
867478	20	100%	570755	17	85%	293357	7	35%
821370	20	100%	577033	17	85%	329978	7	35%
204589	20	100%	317270	17	85%	442464	7	35%
725360	20	100%	124182	17	85%	998338	7	35%
.	-	-	.	-	-	.	-	-
.	-	-	.	-	-	.	-	-
.	-	-	.	-	-	.	-	-
225496	9	45%	156865	1	5%	497347	0	0%
911724	9	45%	373467	1	5%	491999	0	0%
712315	9	45%	857376	1	5%	473140	0	0%
614943	8	40%	727474	1	5%	129281	0	0%
911450	8	40%	413771	1	5%	182922	0	0%
527222	8	40%	230824	0	0%	172685	0	0%
458023	8	40%	751925	0	0%	608521	0	0%
941903	7	35%	326664	0	0%	522113	0	0%
293617	7	35%	896494	0	0%	430618	0	0%
298422	6	30%	729605	0	0%	149351	0	0%
237928	6	30%	637861	0	0%	472912	0	0%
777476	6	30%	279081	0	0%	933975	0	0%

Figura 6-8 Ejecución del software en régimen permanente

El procedimiento de mejora de la distribución del stock en el almacén 4 se realizó durante dos períodos bien diferenciados:

- Período ejecución: se desarrolló durante aproximadamente un mes y durante este período se destinaron bastantes recursos a realizarlo hasta conseguir una situación estable y óptima dentro del almacén.
- Período de mantenimiento (régimen permanente): se desarrolló a partir de la finalización del período de ejecución. Durante este período se destinaban recursos mínimos pero constantes para mantener el punto óptimo de operación al que se había llegado anteriormente.

6.2.3 Gestión de las devoluciones

Las devoluciones en este almacén, como se ha comentado en el apartado anterior (Situación inicial), después de pasar por el control de calidad, eran almacenadas junto con el resto del stock de esa referencia. Cuando dicha referencia tenía muchas ventas, era bastante probable que parte de ese stock (si no todo) de devoluciones almacenado de nuevo saliera en pedidos ese mismo día o próximamente.

La operativa del almacenamiento de devoluciones era lenta y se destinaban muchos recursos para realizarla, por lo que era una oportunidad muy buena para optimizar dicha operativa.

En primer lugar, se diseñó un espacio próximo a la zona de lectura de devoluciones y se reservó dicho espacio para almacenar estas referencias con mucha devolución y que además tuvieran mucha salida para pedidos. Esta nueva zona sería muy ágil a la hora de almacenar la devolución, ya que iría en lotes de grandes cantidades y el almacenaje sería rápido y óptimo.

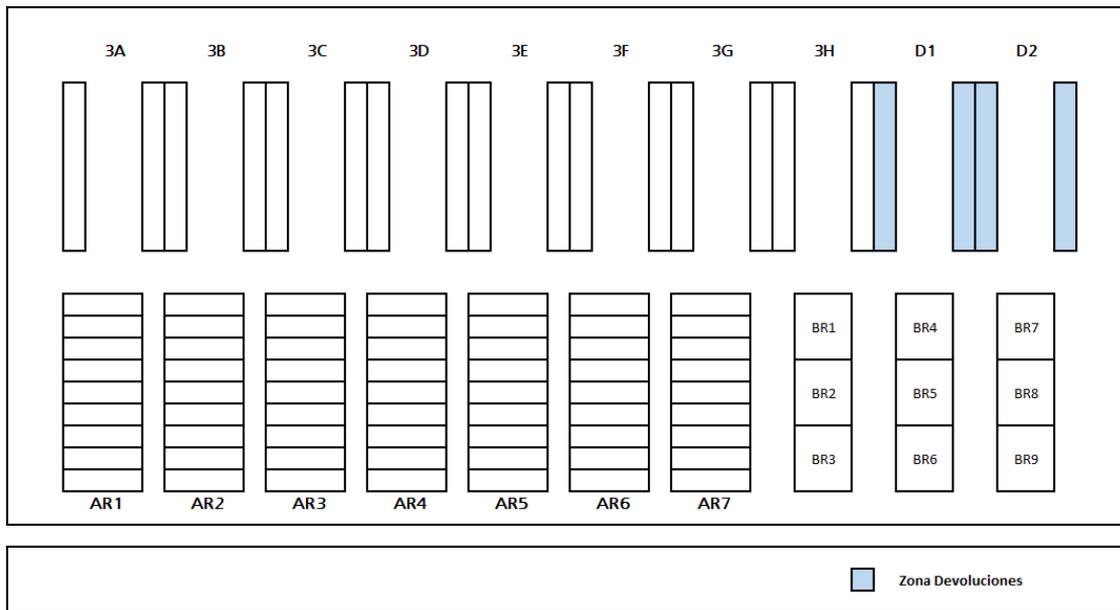


Figura 6-9 Zona asignada a devoluciones

La “zona devoluciones” disponía de 20 ubicaciones de palé disponibles para el almacenamiento, 10 en cada pasillo.

Para seleccionar qué referencias debían ser almacenadas en esta zona, se creó un software que, mediante un ranking basado en varias variables, ordenaba las referencias para saber cuáles son las 20 mejores referencias que debían ser almacenadas. Este ranking se calculaba a partir de los siguientes parámetros obtenidos del SGA:

- D: Lectura de devoluciones: cantidad de unidades que entraban por devoluciones en el tiempo T.
- P: Recogidas para pedidos: número de operaciones de recogida sobre una referencia em el tiempo T.
- T: Tiempo de cálculo: es el tiempo fijado para obtener los datos de lecturas de devoluciones y de recogidas para pedidos.

El ranking se estableció según la siguiente fórmula (Donde D y P son las variables normalizadas anteriormente descritas):

$$r = D * 0.8 + P * 0.2$$

Después de ejecutar por primera vez el software (ver Tabla 6-5), los resultados fueron los siguientes (sesgado a los primeros 28 resultados). Esto significa que las 20 referencias que van a ocupar las 20 ubicaciones de devoluciones son las 20 primeras referencias con mejor ranking (ver Tabla 6-6)

Si se ejecuta el software por segunda vez el software al cabo de los días, el resultado obtenido se divide en dos partes.

- El ranking muestra en **azul** las referencias que salen entre las 20 primeras del ranking, pero ya están ubicadas en la zona de devoluciones y en **verde** las referencias que salen entre las 20 primeras del ranking, pero no están ubicadas en la zona de devoluciones (Tabla 6-7).
- Cruzando los datos de las ubicaciones de la zona de devoluciones con el ranking, muestra en **rojo** las referencias que deben salir de dicha zona al no estar entre las 20 mejores referencias en el ranking (Tabla 6-8).

Tabla 6-5 Primera ejecución del software de devoluciones

Referencia	Devoluciones		Pedidos		Ranking
660410	469	94%	10	100%	95%
632926	479	96%	8	80%	93%
998845	452	91%	9	90%	91%
547840	485	98%	6	60%	90%
346456	480	97%	6	60%	89%
854094	494	99%	4	40%	88%
309818	469	94%	6	60%	87%
948814	444	89%	8	80%	87%
354160	481	97%	5	50%	87%
811040	430	87%	9	90%	87%
126748	404	81%	10	100%	85%
869101	463	93%	5	50%	85%
253131	497	100%	2	20%	84%
903939	397	80%	10	100%	84%
389858	470	95%	3	30%	82%
545179	395	79%	9	90%	82%
302978	468	94%	3	30%	81%
192291	443	89%	5	50%	81%
787360	461	93%	3	30%	80%
538102	405	81%	7	70%	79%
498853	464	93%	2	20%	79%
575339	386	78%	8	80%	78%
721689	435	88%	4	40%	78%
144356	359	72%	10	100%	78%
938925	392	79%	7	70%	77%
174250	401	81%	6	60%	77%
949730	371	75%	8	80%	76%
477937	419	84%	4	40%	75%

T	10
D max	497
P max	10

Tabla 6-6 Primeras 20 referencias asignadas a la zona de devoluciones

Ubicaciones	Referencia
D01	660410
D02	632926
D03	998845
D04	547840
D05	346456
D06	854094
D07	309818
D08	948814
D09	354160
D10	811040
D11	126748
D12	869101
D13	253131
D14	903939
D15	389858
D16	545179
D17	302978
D18	192291
D19	787360
D20	538102

Tabla 6-7 Posterior ejecución del software de devoluciones

Referencia	Devoluciones		Pedidos		Ranking
660410	492	93%	10	100%	94%
998845	497	94%	9	90%	93%
632926	508	96%	7	70%	91%
547840	500	94%	6	60%	87%
389858	531	100%	3	30%	86%
346456	466	88%	7	70%	84%
354160	491	92%	5	50%	84%
854094	504	95%	4	40%	84%
948814	462	87%	7	70%	84%
498853	524	99%	2	20%	83%
192291	483	91%	5	50%	83%
811040	443	83%	8	80%	83%
787360	502	95%	3	30%	82%
903939	445	84%	7	70%	81%
130499	403	76%	10	100%	81%
538102	437	82%	7	70%	80%
894581	386	73%	10	100%	78%
302978	473	89%	3	30%	77%
126748	376	71%	10	100%	77%
492742	409	77%	7	70%	76%
165334	459	86%	3	30%	75%
144356	355	67%	10	100%	73%
937527	442	83%	3	30%	73%
391989	375	71%	8	80%	72%
416718	410	77%	5	50%	72%
309818	396	75%	6	60%	72%
590274	364	69%	8	80%	71%
545179	348	66%	9	90%	70%

T	10
D max	531
P max	10

Tabla 6-8 Referencias excluidas de la zona de devoluciones

Ubicaciones	Referencia
D01	660410
D02	632926
D03	998845
D04	547840
D05	346456
D06	854094
D07	309818
D08	948814
D09	354160
D10	811040
D11	126748
D12	869101
D13	253131
D14	903939
D15	389858
D16	545179
D17	302978
D18	192291
D19	787360
D20	538102

6.3 Evaluación de resultados

Después de observar las medidas adoptadas anteriormente, se pueden resumir las conclusiones en los siguientes puntos:

- **Prevención de Riesgos Laborales (PRL):** como casi siempre en esta clase de mejoras de PRL, una correcta optimización en seguridad redundaba en una optimización a nivel de productividad. Esto se debe a que, al no haber coincidencia de máquinas y personas en la misma zona, se evitan pérdidas de tiempo por tener que cederse el paso (la máquina siempre tiene preferencia frente a la persona a pie).

Por otro lado, es cierto que los primeros días de ejecución del método era necesario seguir todos los pasos del protocolo de actuación, lo que podía llevar entre media hora y una hora.

No obstante, después de llevar varias semanas, resultaba fácil llegar a la situación óptima sin necesidad de hacer el análisis completo. Únicamente conociendo las tareas de recogida en cada una de las zonas, podía deducirse el orden de zonas para cada tipo de ubicación.

- **Gestión del stock:** el problema existente en el almacén para la correcta gestión del stock no era la infraestructura (disponía de los elementos de almacenamiento necesarios para cada una de las referencias en función de su rotación), sino la ausencia de una herramienta que hiciera sencillo la función de seleccionar qué referencia debe ir en cada zona de almacenamiento.

Con el software de gestión diseñado para este fin, se consiguió que, de una manera intuitiva, rápida y fácil, se pudiera conocer qué referencia mover a qué zona, posibilitando su ejecución diaria durante la primera fase (ejecución) y durante la segunda (mantenimiento).

- **Gestión de las devoluciones:** una vez alcanzado un punto óptimo (primer día de ejecución), el software se ejecutará al menos de forma semanal o bimensual para mantener la zona optimizada. No se ejecutará en menor tiempo que una semana para dar tiempo a las ubicaciones a llenarse. En caso de que las ubicaciones no se llenaran en un porcentaje de al menos el 50% no se conseguiría el efecto deseado, siendo peor este sistema que el estándar para el almacenamiento de devoluciones.

Por suerte, era posible conocer en tiempo real el estado de las ubicaciones (gracias al SGA) y el estado del ranking (gracias al software diseñado). Gracias a esto, el responsable del área era capaz de conjugar ambos requisitos (ranking y llenado de ubicaciones) para decidir cuándo realizar los cambios de referencias.

Esto implica que el software estaba supeditado a la decisión del responsable y su criterio es el que finalmente debe tomar la decisión final. No obstante, el software supuso una gran mejora que facilitó en gran medida la tarea de toma de decisiones.

7 CONCLUSIONES

Para finalizar, se van a exponer una serie de reflexiones a las que se pueden llegar después de analizar el proyecto que pueden ayudar a comprenderlo mejor.

Antes que nada, es oportuno explicar que las medidas adoptadas en este proyecto suponen un punto de partida en la mejora de unos almacenes que apenas tenían establecido unos criterios de diseño y gestión de inventarios. Posteriormente, se deberían implementar otras medidas tales como la previsión de la demanda, que ayudarían, por ejemplo, a calcular con mayor precisión el stock de seguridad.

También es fácilmente apreciable como, aplicando una de las bases de la mejora continua (planificar, hacer, controlar y actuar), se pueden conseguir grandes avances en materia de optimización y control.

Entrando a valorar el desempeño de las mejoras implementadas, cabe destacar como en los almacenes 1 y 2, se consiguió un aumento de un 9% y un 13% respectivamente, lo que dio como resultado un mayor orden y una mejor organización del stock.

Otro hito importante llevado a cabo es la implantación de la clasificación ABC en casi todos los almacenes ya que, debido a que ningún almacén goza de recursos ilimitados. El tiempo es uno de los recursos más importantes, ya que aumenta muchas las necesidades de personal y es precisamente la clasificación ABC una de las herramientas que más reduce los tiempos de operación, teniendo lo más cerca posible las referencias con más rotación.

La implementación del punto de pedido y del stock de seguridad dieron al stock una mayor robustez frente a variaciones inesperadas de la demanda, algo de lo que casi ninguna empresa está exenta. Durante el tiempo de observación posterior al proyecto de mejora, no se produjeron roturas de stock (algo bastante habitual en la situación inicial).

En cuanto a la seguridad y la prevención, un almacén industrial es un foco de accidentes graves, pues conviven de manera habitual maquinaria móvil, personas a pie y almacenamiento pesado en altura. En este proyecto se han adoptado varias medidas muy enfocadas a mejorar la seguridad en los almacenes, consiguiendo grandes avances en lo que a este campo se refiere.

Por último, decir que, gracias a los programas de cálculo implementados y descritos anteriormente en el proyecto, se es capaz de calcular de forma inmediata ciertos datos que de forma manual llevarían mucho tiempo. También se consigue evitar hacer estos cálculos de forma distinta cada vez que se realizan al estar automatizados.

Es posible que en los dos últimos almacenes hubiera sido interesante rediseñar el layout, opción que estaba descartada desde el principio debido a los altos costes de supondrían dichos cambios. No obstante, a pesar de esta limitación, se consiguió optimizar y aprovechar mejor el stock utilizando la infraestructura existente.

REFERENCIAS

Aparicio, P. (s.f.). Gestión de inventarios - Diseño de Sistemas Productivos (tercer curso de GITI).

Muñuzuri, J. (s.f.). Diseño de almacenes - Logística (cuarto curso de GITI).

KJK Lagerproduktors. (s.f.). Obtenido de

<http://dev.glowisol.com/emsdesign/kjk/produkter/smagodshantering/lagerautomater/paternosterverk/>

Mecalux. (s.f.). Obtenido de

<https://www.mecalux.es/blog/sistemas-almacenamiento-dinamico-tipos>