



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

Agradecimientos a mi tutor por su ayuda y dedicación, a mis amigos Miguel y Nacho por ayudarme con los diseños del almacén y a mi abuelo por estar siempre presente

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	9
2.2	Medios de almacenamiento.....	9
2.3	Gestión de ubicaciones	14
2.4	Medios de manutención	14
2.5	Segregación de picking y reserva	18
3.	ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD DEL ALMACÉN.....	18
3.1	Análisis de inventario	18
3.1.2	Nivel de stock por familia	20
3.1.3	Preparación de pedidos	20
4.	CATEGORÍAS DE PRODUCTOS	22
4.1	Familias.....	22
4.2	ABC de ventas.....	23
4.3	Formato logístico del proveedor	25
5.	DISEÑOS PROPUESTOS DE ALMACÉN	26
5.1	Perfil de inventario	26
5.2	Primera iteración.....	27
5.2.1	Selección de los medios de almacenamiento	27
5.2.2	Selección de los medios de manutención	28
5.2.2.1	Picking de cajas y unidades	29
5.2.2.2	Picking de paletas.....	30
5.2.3	Política de movimientos de stock en el almacén	30
5.2.4	Dimensionamiento del almacén	31
5.2.4.1	Estanterías de la zona de reserva.....	33
5.2.4.2	Estanterías de la zona de picking	35
5.2.4.3	Dimensionado de la zona de recepción y expedición	35
5.2.5	Diseño en planta del almacén	36
5.2.6	Análisis de coste e inversión	39
5.3	Segunda configuración.....	42
5.3.1	Perfil de inventario	43
5.3.2	Medios de almacenamiento y manutención	44
5.3.2.1	Picking de paletas.....	45
5.3.2.2	Picking de cajas y unidades	46

5.3.3	Política de movimientos de stock en el almacén	46
5.3.4	Dimensionamiento del almacén 2ª configuración	47
5.3.4.1	Estanterías de la zona de reserva 2ª configuración	51
5.3.4.2	Estanterías de la zona de picking 2ª configuración	51
5.3.4.3	Dimensionado de zona de expedición y recepción 2ª configuración	52
5.3.5	Diseño en planta del almacén segunda configuración.....	53
5.3.6	Análisis de costes e inversión.....	54
5.3.7	Análisis crítico y propuestas de mejora.....	57
5.4	Tercera configuración	58
5.4.1	Perfil de inventario.....	58
5.4.2	Medios de almacenamiento y manutención	60
5.4.3	Política de gestión de stocks en el almacén	60
5.4.4	Dimensionado del almacén 3ª configuración	61
5.4.4.1	Estanterías zona de reserva 3ª configuración.....	64
5.4.4.2	Estanterías zona de picking 3ª configuración	65
5.4.4.3	Dimensionado de zona de expedición y recepción 3ª configuración	66
5.4.5	Diseño en planta del almacén 3ª configuración.....	67
5.4.6	Análisis de costes e inversión 3ª configuración	68
6	Solución adoptada.....	71
7	Resumen y conclusiones	72
8.	Bibliografía	73
	ANEXO 1: MEDIOS DE MANUTENCIÓN	75
	ANEXO 2: PERSONAL	76
	ANEXO 3: EDIFICIO DEL ALMACÉN	77
	ANEXO 4: COSTES DE EQUIPAMIENTO.....	78
	ANEXO 5: COSTES DE MANTENIMIENTO.....	79
	ANEXO 6: PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE COSTES.....	80
	ANEXO 7: DATOS DE PARTIDA DE STOCKS	81
	ANEXO 8: DATOS DE PARTIDA PEDIDOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Referencias y ventas anuales por familia	19
Tabla 2 - Volumen de ventas familia	19
Tabla 3 - Volúmenes de stock por familias.....	20
Tabla 4 - Formato logístico	25
Tabla 5 - Perfil de inventario 1	26
Tabla 6 - Formatos de caja tipo I y II	27
Tabla 7 - Perfil de inventario ABC.....	28
Tabla 8 - Productividades necesarias cajas y unidades.....	29
Tabla 9 - Medios de manutención cajas y unidades.....	29
Tabla 10 - Productividades necesarias paletas	30
Tabla 11 - Medios de manutención paletas	30
Tabla 12 - Dimensión hueco estantería convencional de paletas.....	31
Tabla 13 - Dimensión hueco estanterías convencionales cajas I	32
Tabla 14 - Dimensión hueco estanterías convencionales cajas II	32
Tabla 15 - Huecos necesarios zona de reserva.....	32
Tabla 16 - Huecos necesarios zona de picking	33
Tabla 17 - Dimensión estanterías de paletas en reserva	34
Tabla 18 - Dimensión estanterías de cajas tipo I en reserva.....	34
Tabla 19 - Dimensión estanterías de cajas tipo II en reserva.....	34
Tabla 20 - Dimensionado estanterías de paletas y cajas en picking	35
Tabla 21 - Coeficiente de variación de las ventas	36
Tabla 22 - Dimensionamiento zona de recepción y expedición.....	36
Tabla 23 - Superficie total almacén.....	37
Tabla 24 - Dimensión pasillos según medio de manutención.....	37
Tabla 25 - Costes de instalación, equipamientos y servicios generales.....	40
Tabla 26 - Costes medios de almacenamiento	40
Tabla 27 - Costes medios de manutención	41
Tabla 28 - Costes de personal	41
Tabla 29 - Costes de mantenimiento y energía.....	41
Tabla 30 - Costes e inversión total 1ª configuración.....	42
Tabla 31 - Perfil de inventario reserva 2ª configuración.....	43
Tabla 32 - Perfil de inventario picking 2ª configuración	43
Tabla 33 - Referencias paletizables 2ª configuración	44
Tabla 34 - Productividades necesarias paletas 2ª configuración	45
Tabla 35 - Medios de manutención paletas 2ª configuración	45
Tabla 36 - Productividades necesarias cajas y unidades 2ª configuración	46
Tabla 37 - Medios de manutención cajas y unidades 2ª configuración.....	46
Tabla 38 - Dimensión hueco paletas para reserva 2ª configuración.....	48
Tabla 39 - Dimensión hueco para cajas tipo I en reserva 2ª configuración	48
Tabla 40 - Dimensión hueco para cajas tipo II en reserva 2ª configuración	48
Tabla 41 - Dimensionado huecos para caja I en picking 2ª configuración.....	49
Tabla 42 - Dimensionado hueco para cajas tipo II en picking 2ª configuración.....	49
Tabla 43 - Huecos necesarios para zona de reserva 2ª configuración.....	50
Tabla 44 - Huecos necesarios para zona de picking 2ª configuración	50
Tabla 45 - Dimensionado estanterías para zona de reserva 2ª configuración.....	51

Tabla 46 - Dimensionado estanterías para zona de picking 2ª configuración	52
Tabla 47 - Dimensionado zona expedición y recepción 2ª configuración	52
Tabla 48 - Superficie total almacén 2ª configuración	53
Tabla 49 - Dimensión pasillos según medio de manutención 2ª configuración	53
Tabla 50 - Costes de instalación, equipamiento y servicios generales 2ª configuración	55
Tabla 51 - Costes de medios de almacenamiento 2ª configuración	55
Tabla 52 - Costes de medios de manutención 2ª configuración	56
Tabla 53 - Costes de personal 2ª configuración	56
Tabla 54 - Costes de mantenimiento y energía 2ª configuración	56
Tabla 55 - Costes e inversión total 2ª configuración	57
Tabla 56 - Perfil de inventario para zona de reserva 3ª configuración	59
Tabla 57 - Perfil de inventario para zona de picking 3ª configuración	59
Tabla 58 - Dimensión estanterías de paletas reserva 3ª configuración	61
Tabla 59 - Dimensión estanterías de cajas tipo I reserva 3ª configuración	62
Tabla 60 - Dimensión estanterías de cajas tipo II reserva 3ª configuración	62
Tabla 61 - Dimensión estanterías de cajas tipo I picking 3ª configuración	62
Tabla 62 - Dimensión estanterías de cajas tipo II picking 3ª configuración	63
Tabla 63 - Dimensión estanterías para cajas tipo III picking 3ª configuración	63
Tabla 64 - Huecos necesarios para zona reserva 3ª configuración	63
Tabla 65 - Huecos necesarios para zona picking 3ª configuración	64
Tabla 66 - Estanterías zona de reserva 3ª configuración	65
Tabla 67 - Estanterías zona de picking 3ª configuración	66
Tabla 68 - Dimensión zona de expedición y recepción 3ª configuración	66
Tabla 69 - Dimensiones almacén 3ª configuración	67
Tabla 70 - Dimensión pasillos según medio de manutención 3ª configuración	67
Tabla 71 - Costes de instalación, equipamiento y servicios 3ª configuración	69
Tabla 72 - Costes medios de almacenamiento 3ª configuración	69
Tabla 73 - Costes medios de manutención 2ª configuración	70
Tabla 74 - Costes de personal 3ª configuración	70
Tabla 75 - Costes mantenimiento y energía	70
Tabla 76 - Costes e inversión total 3ª configuración	70
Tabla 77 - Comparativa resultados económicos de las configuraciones	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Metodología iterativa de diseño Fuente: (Cardós Carboneras, 2021)	9
Ilustración 2 - Almacenaje en bloque Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	10
Ilustración 3 - Estanterías convencionales Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	10
Ilustración 4 - Estanterías compactas Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	11
Ilustración 5 - Estanterías dinámicas Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	11
Ilustración 6 - Estanterías móviles Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	12
Ilustración 7 - Ejemplo de Almacén rotativo Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	12
Ilustración 8 – Mini load Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	13
Ilustración 9 - Almacén autoportante Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)	13
Ilustración 10 – Transpaleta Manual Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	15
Ilustración 11 - Apilador autopropulsado Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	15

Ilustración 12 - Carretilla Contrapesada	Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	15
Ilustración 13 - Carretilla Retráctil	Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	16
Ilustración 14 - Carretilla trilateral	Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	16
Ilustración 15 - Carretilla recogepedidos de altura	Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	17
Ilustración 16 – Transelevador.	Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	17
Ilustración 17 - Carretilla elevadora externa	Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)	18
Ilustración 18 - Diseño en planta 1ª configuración		38
Ilustración 19 - Factores DFC		39
Ilustración 20 - Diseño en planta 2ª configuración		54
Ilustración 21 - Diseño en planta 3ª configuración		68

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Líneas de pedido paletas	21
Gráfico 2 - Líneas de pedido cajas.....	21
Gráfico 3 - Líneas de pedidos unidades.....	22
Gráfico 4 - Ley de Pareto	24
Gráfico 5 - Gráfico ABC.....	24
Gráfico 6 - Comparativa coste/inversión entre configuraciones	71

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de realización de este proyecto en concreto viene dado por el interés que despertó en mí el mismo. En él pondremos en práctica muchos conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, mayormente en la asignatura de 4º curso: Diseño y gestión de almacenes. Gracias a esta asignatura comprendí la importancia y la complejidad que rodean a estos centros de distribución.

El proyecto constará de una descripción de la empresa que va a disponer del almacén, así como del objetivo y el alcance del proyecto, con las restricciones que este tiene, todas impuestas por la dirección de la empresa.

En segundo lugar, explicaremos los fundamentos teóricos sobre los que vamos a basar nuestro proyecto.

Una vez introducido el proyecto y las bases teóricas en las que se sustenta, analizaremos las familias de productos que se almacenarán, partiendo de unos datos iniciales, observaremos los niveles de inventario y ventas.

A continuación, categorizaremos los productos en función de su rotación, ya que aquellos que generen más ventas condicionarán en mayor parte la forma de funcionamiento y distribución en el almacén.

Con todo esto, propondremos distintos diseños y configuraciones para nuestro almacén, hasta encontrar las que mejor se ajusten a nuestras necesidades y restricciones. Para finalmente plantear la configuración decidida y presentar el proyecto.

Para finalizar se presentará un resumen del proyecto junto a una conclusión personal.

1.1 Objetivo del proyecto

El objeto de este proyecto es el diseño de un centro de distribución de material deportivo para tiendas minoristas propias, con la finalidad de llegar más directamente al consumidor desde estas tiendas situadas en puntos estratégicos, más cercanas a estos.

Para la consecución del proyecto se estudiarán una serie de configuraciones de almacén en función de los datos de familias de productos y los volúmenes en ventas de estos, seleccionando los medios de almacenamiento y manutención que mejor se adapten a nuestros datos de partida y nos permitan cumplir con las restricciones impuestas por la dirección.

Estas restricciones son:

- Que el diseño sea el más eficiente económicamente y la inversión no supere los 2 millones de euros.
- Conseguir un tiempo de servicio máximo de 5 días
- Capacidad de almacenar todas las referencias.
- En el almacén se trabajará durante 8h diarias, de las cuales 4h se dedicarán a la recepción, almacenamiento y reposición, y las otras 4h serán para la preparación y expedición de los pedidos.

1.2 Alcance del proyecto

El alcance del presente proyecto comprende el análisis de los datos iniciales, tales como niveles de stocks de cada referencia, familias de productos y ventas anuales, con tal de poder definir los perfiles de inventario. A través de los cuales se decidirán los medios de almacenamiento, con sus dimensiones y distribución en planta. Así como la distribución de las zonas del almacén y el funcionamiento de cada una de ellas, para todo esto también deberemos elegir el formato logístico idóneo en el que pediremos suministro al proveedor.

La definición del modelo de almacenamiento vendrá determinada por la configuración de tecnologías y equipos que se emplearán para la correcta mantenimiento, gestión, transporte y preparación de los equipos en el almacén.

Posteriormente se plantearán diferentes configuraciones que cumplan con nuestros objetivos y de cada una de ellas se realizará un estudio de costes sobre su inversión e implantación.

Se presentará la mejor configuración obtenida nivel económico y de funcionamiento, como elección definitiva al proyecto que nos ocupa. El diseño realizado parte de la información proporcionada de la empresa, así como de las limitaciones establecidas por la dirección.

El alcance no incluye el calendario con las fechas previstas para las fases del proyecto ni otros estudios de negocio distintos al propuesto.

1.3 Descripción de la empresa y su actividad

La empresa para la cual vamos a preparar y estudiar el suministro se dedica a la venta al por menor de productos del sector deportivo. Sus productos se estructuran diferentes familias las cuales son: Gimnasio, escalada, ciclismo, natación, tenis, caza, pesca y pelota. Especializándose sobre todo en la venta de los productos de ciclismo y pesca, los cuales forman la mayor parte de sus ventas anuales.

Actualmente la empresa se encuentra en expansión debido al auge que está experimentando hoy en día la afición por el deporte y la vida sana en la sociedad española. Gracias a esto el año pasado experimentaron un aumento significativo en las ventas y esto lo que les ha motivado a mejorar sus prestaciones en cuanto al nivel de servicio. Por lo que decidieron abrir este centro de distribución en una nueva posición estratégica a nivel regional que le permitiera llegar a más clientes y así dar a conocer sus productos en nuevas zonas.

Debido a la enorme competencia que existe en el sector, esta empresa se caracteriza por ofrecer unos precios muy competitivos en el mercado que le permiten competir con

otras empresas como Decathlon, las cuales ya están más asentadas en el sector y tienen un cliente fiel y un producto de calidad.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Metodología

Para lograr lo que se considera una configuración óptima de almacén, emplearemos una metodología iterativa de diseño.

Esta es una metodología constructiva, en la cual las decisiones que tomemos en cada una de las fases condicionarán el resto de las decisiones, por lo que no habrá dos configuraciones iguales.

Esta metodología nos permitirá identificar qué decisiones son las que hayamos seleccionado correctamente y cuáles debemos de variar para la siguiente iteración, aunque esto no siempre será así, puesto que existen soluciones que pueden ser dadas como buenas, aunque estas no sean las mejores, y hasta el final de cada proceso no podremos evaluar la alternativa de forma objetiva.

Este proceso consta de un análisis de los datos, para posteriormente definir el sistema mediante decisiones de diseño y otras especificaciones, y finalmente realizar una evaluación económica de la configuración, la cual será determinante.

Todas estas fases irán acompañadas de unas restricciones previamente expuestas.

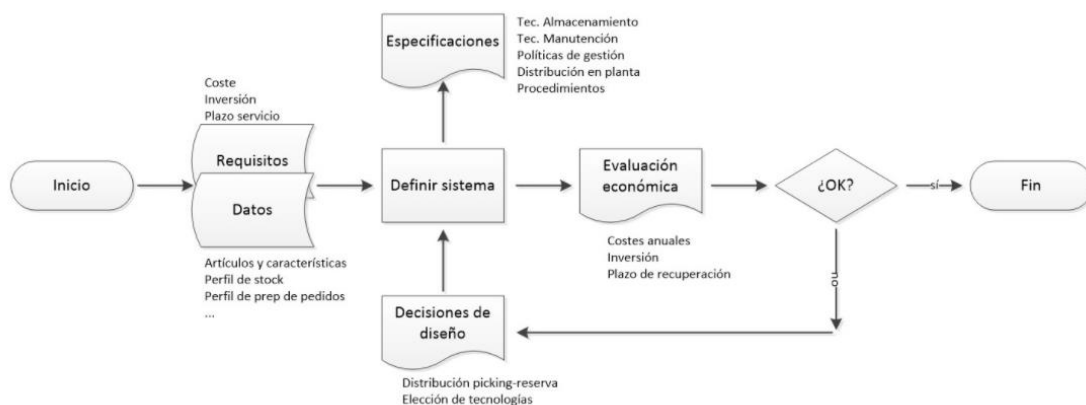


Ilustración 1 - Metodología iterativa de diseño Fuente: (Cardós Carboneras, 2021)

2.2 Medios de almacenamiento

En este apartado se van a presentar e introducir brevemente los distintos medios de almacenamiento (Manuel Cardós, 2019b) que optan a formar parte de nuestro almacén:

- Almacenaje en bloque: “El almacenaje en bloque consiste en apilar las cargas unitarias en bloques separados por pasillos, para tener acceso a cada uno de ellos con facilidad”



Ilustración 2 - Almacenaje en bloque Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Estantería convencional: Sistema de almacenamiento diseñado para poder almacenar paletas de forma mecánica mediante el uso de carretillas elevadores y similares: Se caracterizan por ofrecer un acceso directo a las referencias almacenadas. Puede diseñarse tanto para paletas como para cajas, y también pueden ser normales o de doble fondo.



Ilustración 3 - Estanterías convencionales Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Estanterías compactas: “Sistemas de estanterías que permitan el paso a su través de carretillas convencionales”. Está formada por “Cuerpos”, espacios que comprenden toda la profundidad de un pasillo, así como la altura. Aquí los estantes se sustituyen por vigas en las que se apoyan los pallets, pueden ser “drive in” si las

carretillas pueden entrar, o “drive rough” si pueden atravesarlas. En este medio de almacenamiento las paletas se colocan con el lado ancho mirando a la calle.



Ilustración 4 - Estanterías compactas

Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Estanterías dinámicas: Sistema de producto a operador, consiste en aprovechar el espacio disponible y forzar política FIFO de una forma simple. Las referencias se almacenan sobre rodillos o roldanas, y estas deslizan por medio de la gravedad a medida que se van retirando las que se sitúan a la salida de la estantería.



Ilustración 5 - Estanterías dinámicas

Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Estanterías móviles: “Permiten ocupar el espacio totalmente del mismo modo que el almacenamiento compacto, pero con las ventajas de un sistema de almacenamiento convencional”. Consiste en disponer las estanterías sobre carriles para poder desplazarlas.

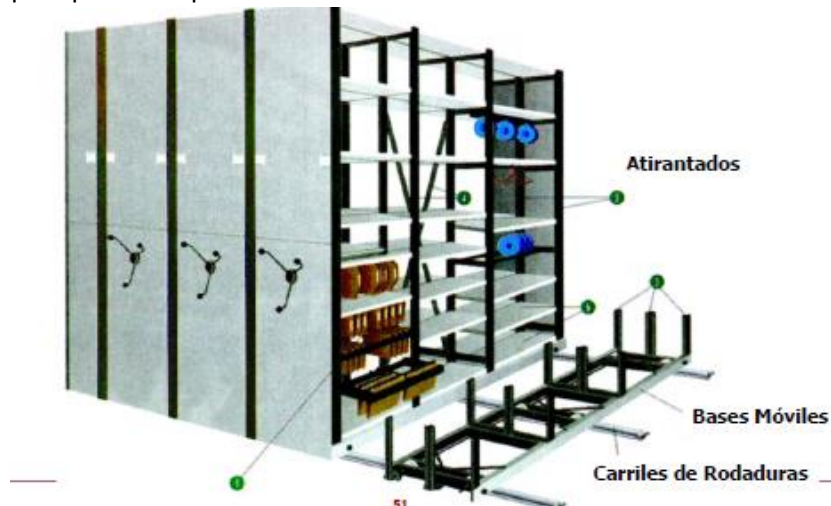


Ilustración 6 - Estanterías móviles Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Almacenes rotativos: Sigue el principio de “producto a operador” con tal de reducir los tiempos de desplazamiento del operario, permiten un alto aprovechamiento del espacio y se utilizan principalmente para productos pequeños y con alto y/o media rotación.



Ilustración 7 - Ejemplo de Almacén rotativo Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Mini load: Se trata de un sistema estándar de cajas o bandejas que consta de un conjunto de estanterías, maquinaria y software de gestión de almacén. Permite aprovechar el espacio en mucha mayor medida que los almacenes convencionales manuales debido a la capacidad de carga y preparación de pedidos.



Ilustración 8 – Mini load

Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

- Almacén autoportante: Consiste en la integración de la estructura de almacenaje como edificio, en este sistema las estanterías poseen una finalidad doble: almacenar y constituir la propia estructura del almacén. Suelen alcanzar alturas muy elevadas, incluso a los 35m.



Ilustración 9 - Almacén autoportante Fuente: (Cardós Carboneras, 2019)

2.3 Gestión de ubicaciones

En función de la política de ubicación que utilicemos en el almacén determinará la forma de trabajar y la eficiencia del almacenamiento (Mecalux, 2020). Hay dos métodos bien diferenciados de cómo seleccionar la ubicación de cada referencia en el almacén:

- Gestión de ubicación fija o específica, donde se asigna una posición o un número de ubicaciones concreto. Este método presenta la gran ventaja de poder encontrar con mayor facilidad la localización de las referencias, no obstante, tiene un gran inconveniente en lo que a capacidad efectiva se refiere, frente a la física existente. Se recomienda para almacenes pequeños donde no se necesite un sistema de gestión.
- Gestión de ubicación caótica o aleatoria, en la que la mercancía se deposita en cualquier hueco vacío disponible, en base a una política previamente establecida y programada en el SGA (Sistema de gestión de almacén). En almacenes que siguen esta gestión se suele tener en cuenta algún tipo de clasificación de productos como la A-B-C. El sistema indica al operario donde debe colocar o buscar cada referencia. Es un sistema de gestión mucho más eficiente que la gestión física y permite una capacidad efectiva muy cercana a la capacidad física del almacén.

2.4 Medios de manutención

Cuando hablamos de los medios de manutención nos referimos al conjunto de medios, instrumentos o dispositivos destinados a la manipulación y traslado de stocks en un almacén (Cardós Carboneras, 2018). Pueden diferenciarse entre aquellos equipos que aportan movimiento, pero no se trasladan, o aquellos que son móviles.

Aquellos que se mueven, pero no se trasladan son:

- Cintas transportadoras: Medios que permiten el transporte continuo de materiales, pueden ser de cinta de banda, de charnelas, de roldanas, de rodillos o de cadenas, entre otras.
- Electro vías: Medios aéreos que permiten mantener el suelo despejado de mercancías, necesitan techos altos.
- Polipastos: Sistemas de alta precisión que se montan en las grúas para transportar mercancías pesadas.
- Puente grúa: Grúas móviles apoyadas en una estructura lateral fija, utilizadas para amplias superficies.

Por otro lado, los medios de manutención con movimiento y traslado se pueden diferenciar entre aquellos dedicados al transporte interno y los destinados al transporte externo.

Los medios de transporte interno son:

- Transpaleta: Medio mecánico diseñado exclusivamente para el transporte de paletas o similares. Puede ser manual o eléctrica y es preferente en almacenes pequeños y de escasa altura.



Ilustración 10 – Transpaleta Manual Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)

- Apiladores: Máquinas similares a las transpaletas, con la principal diferencia de alcanzar alturas mucho mayores, también puede ser manual o autopropulsada.



- Ilustración 11 - Apilador autopropulsado Fuente: (Cardós Carboneras, 2018) Carretillas contrapesadas: Medios autopropulsados ideales para actividades de carga y descarga, además de labores de almacenamiento, necesita de pasillos más anchos.



Ilustración 12 - Carretilla Contrapesada

Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)

- Carretilla Retráctil: Carretilla capaz de transportar y apilar de manera frontal, necesitan de pasillos estrechos y alcanzan hasta 8-9m de altura.



Ilustración 13 - Carretilla Retráctil Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)

- Carretillas bilaterales y trilaterales: Capaces de tomar y depositar la carga en dos y tres posiciones respectivamente, requieren de pasillos estrechos. Es necesaria la participación visual del operario y que vayan guiadas por los pasillos. Son capaces de elevarse hasta 12m.



Ilustración 14 - Carretilla trilateral Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)

- Carros recogepedidos: Adaptados para facilitar la preparación de pedidos. Pueden ser de nivel bajo, medio o de altura.



Ilustración 15 - Carretilla recogepedidos de altura Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)

- Transelevador: Aparatos mecánicos capaces de transportar y elevar cargas en pasillos estrechos a gran velocidad, van guiados y siguen el principio de “producto a operario”



Ilustración 16 – Transelevador. Fuente: (Cardós Carboneras, 2018)

Por otro lado, para los transportes externos contamos con:

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA MATERIAL DEPORTIVO CON 12.000 REFERENCIAS

Tabla 1 - Referencias y ventas anuales por familia

Familia	Descripción	N.º Referencias por familia	Ventas anuales (Uds./año)
A	Gimnasio	1509	185536
B	Escalada	1005	288796
C	Ciclismo	1905	467265
D	Natación	1188	331528
E	Tenis	1506	611391
F	Caza	2324	135448
G	Pesca	971	234819
H	Pelota	2488	1092288
Total		12896	3347071

A continuación, mostraremos una tabla resumen con los volúmenes de venta por familia, expresados en m³, ya que el volumen que ocupen será determinante a la hora de diseñar nuestro almacén. Para obtener este valor, se ha multiplicado el volumen unitario de cada referencia por el número de unidades vendidas, para después agruparlo por familias. Se mostrarán los datos de ventas semanales y anuales:

Tabla 2 - Volumen de ventas familia

Familia	Descripción	Ventas (m ³ /año)	Ventas (m ³ /semana)
A	Gimnasio	52,49	1,01
B	Escalada	123,84	2,38
C	Ciclismo	18700,75	359,63
D	Natación	186,91	3,59
E	Tenis	295,78	5,69
F	Caza	1461,47	28,11
G	Pesca	2802,51	53,89
H	Pelota	1202,39	23,12
Total		24826,14	477,43

Observando los resultados obtenidos, se puede apreciar que la familia de ciclismo es la responsable de la mayor parte de las ventas, por lo que será la que tengamos más en cuenta a la hora de tomar decisiones de configuración. Los productos de pesca serían los siguientes en tener mayor rotación, pero en un volumen mucho menos elevado que los de pesca. El volumen de ventas de los productos de pelota y caza aún los tendremos en cuenta, pero el resto de las familias producen un volumen prácticamente insignificante, por lo que serán considerados como datos marginales.

3.1.2 Nivel de stock por familia

En este apartado vamos a mostrar los volúmenes de stock de cada familia, que vienen aportados en los datos de partida como stock mínimo y máximo en semanas. Para tener estos datos en metros cúbicos hemos multiplicado el valor en semanas por las ventas semanales expresadas también en metros cúbicos.

A continuación, hemos calculado el promedio para obtener el stock medio, que será el dato que más tengamos en cuenta. Gracias a estos valores nos podemos hacer una idea del volumen de almacenamiento que necesitaremos en el almacén para almacenar todas las referencias, y saber que familias de producto. En esta tabla se muestran los valores de stock mínimo, máximo y medio:

Tabla 3 - Volúmenes de stock por familias

Familia	Stock Mínimo (m3)	Stock Máximo (m3)	Stock Medio (m3)
A	2,44	5,79	4,11
B	5,10	15,13	10,11
C	806,78	1659,38	1233,08
D	7,27	19,85	13,56
E	12,90	29,38	21,14
F	75,67	177,25	126,46
G	100,19	238,62	169,41
H	50,77	117,89	84,33
Total	1061,12	2263,29	1662,20

3.1.3 Preparación de pedidos

En este apartado vamos a analizar la cantidad de cada tipo de líneas de pedido que llegan al almacén a lo largo del año, estructurado en: pallets, cajas y unidades.

De esta manera nos podemos hacer una idea de en qué formato logístico deberemos preparar los pedidos y con qué frecuencia.

En primer lugar, mostramos las cantidades de Líneas de Pedido en paletas pedidas durante un año:

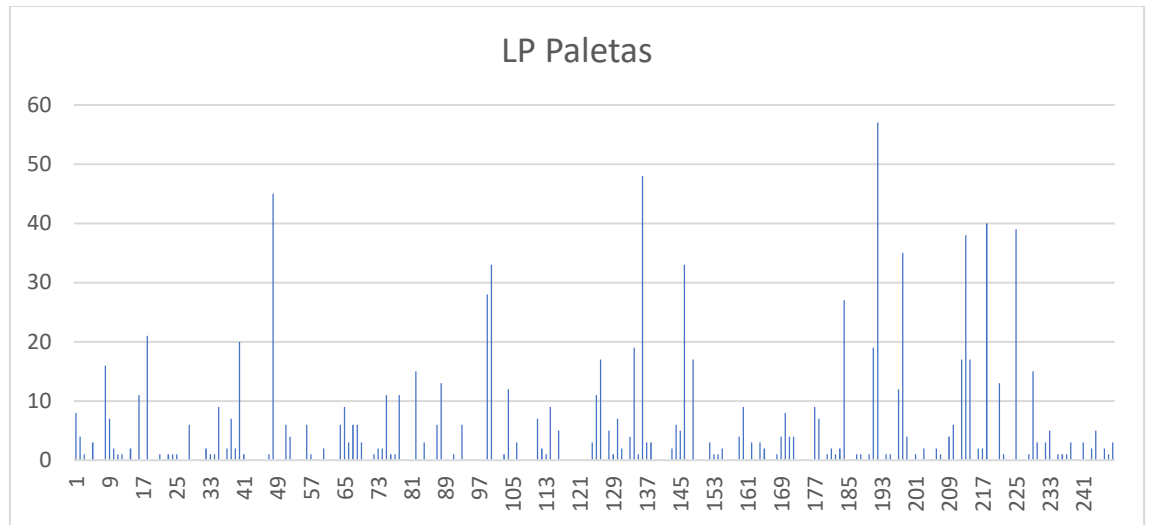


Gráfico 1 - Líneas de pedido paletas

Se puede apreciar que la demanda de paletas es bastante irregular, desde máximos de hasta 57 paletas hasta otros muchos días en los que no se pide ninguna.

A continuación, mostramos las cantidades de Líneas de Pedido en cajas en un año:

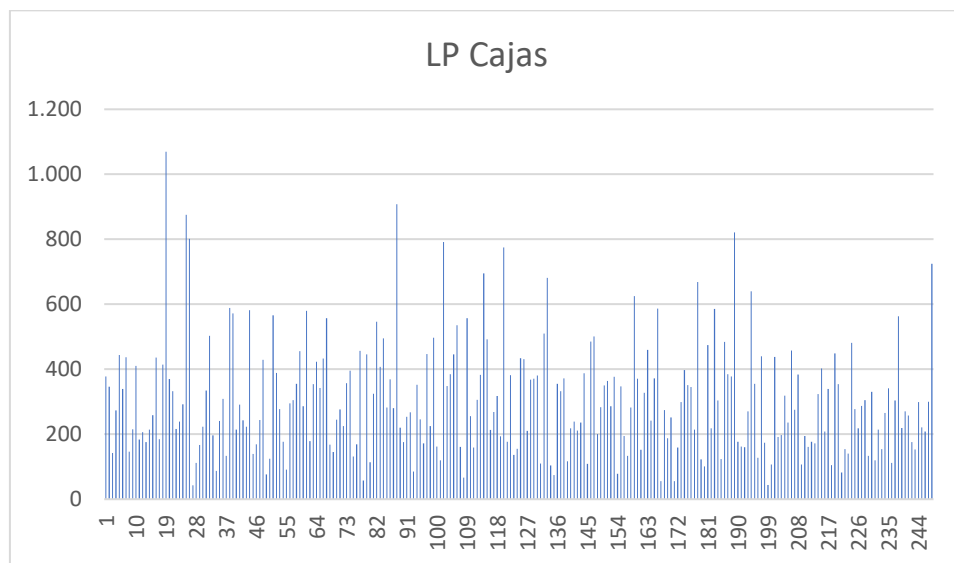


Gráfico 2 - Líneas de pedido cajas

En este caso, los pedidos de cajas pese a ser también bastante irregulares en cuanto a cantidad, presentan una demanda constante, con máximos superiores a las 1.000 unidades de cajas. Por supuesto, se observan muchos más pedidos de cajas que de paletas.

En último lugar, mostraremos las unidades sueltas pedidas durante todo un año:

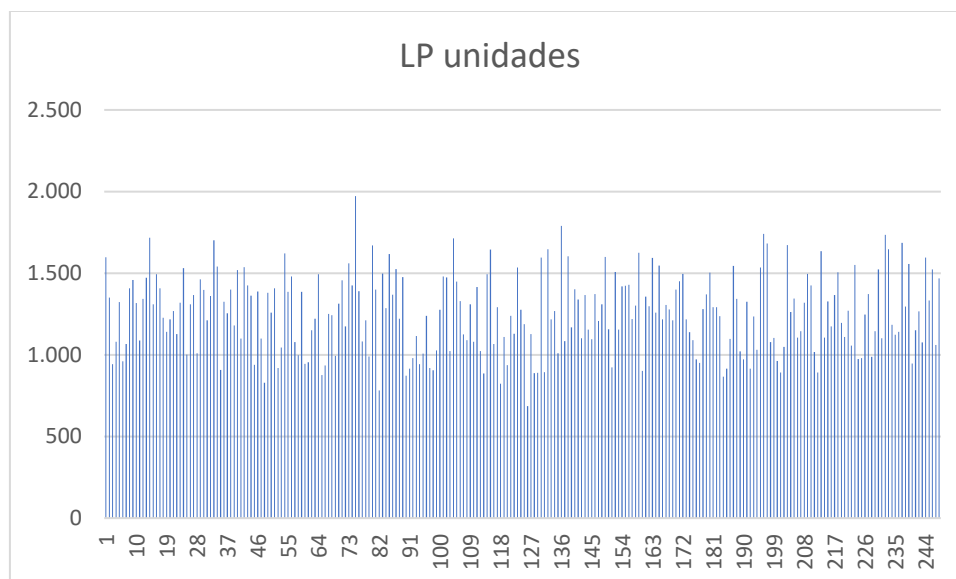


Gráfico 3 - Líneas de pedidos unidades

Sin ninguna duda este es el formato logístico con mayor demanda, con máximos cercanos a las 2.000 unidades y con pedidos bastante constantes y regulares, por lo que la preparación de pedidos en unidades será nuestra mayor preocupación a la hora de configurar la preparación de pedidos.

4. CATEGORÍAS DE PRODUCTOS

4.1 Familias

Hablaremos de las diferentes familias de productos:

- Gimnasio: Esta familia de productos ocupa un volumen medio de 0,000282464 metros cúbicos, y ocupará un volumen total en nuestro almacén de 0.43 metros cúbicos, por otro lado, pese a que el 11.70% de las referencias pertenecen a esta familia, solo representa el 0.21% de las ventas anuales, por lo que se podría decir que esta familia de productos se ha estancado, y habría que tomar decisiones al respecto.
- Escalada: Esta familia de productos ocupa un volumen medio de 0,0004174 metros cúbicos y representa el 7.79% del total de las referencias. Pese a ocupar un volumen medio del doble que los productos de gimnasio, el volumen total que ocupan estas referencias es prácticamente el mismo. Suponiendo un 0.50% de las ventas totales de la empresa, nos encontramos con un caso muy similar al anterior.

- Ciclismo: El volumen unitario medio de esta familia de productos es de 0,0391725 metros cúbicos, no solo es la familia con el mayor volumen medio, también es con diferencia la que más ocupa en el almacén, un 67.20% del total. Además, es la familia que representa también más rotación, un 75.33% de las ventas. Por todo esto, esta será la familia de productos a tener más en cuenta para la configuración de nuestro almacén.
- Natación: Esta familia representa el 0.60% del volumen de nuestro almacén con un volumen unitario medio de 0,0005567 metros cúbicos y un volumen total de 0.66. Suponiendo un 0.75% del total de ventas estos productos tampoco serán muy relevantes a la hora de elegir las distintas configuraciones.
- Tenis: De nuevo otra referencia con poco impacto, ocupando un 0.63% del total de almacén y representando el 1.19% del total de las ventas, esta familia de productos también se podría considerar estancada, aunque menos que las anteriores.
- Caza: Los productos de la familia de caza sí que tendrán un impacto importante en el almacén, ya que ocupan el 20.80% del volumen total, con un volumen unitario medio de 0,0099368 metros cúbicos. Además, supone el 5.89% del total de las ventas y el 18.02% del total de referencias pertenecen a esta familia.
- Pesca: Esta es la segunda familia de productos que más rotación presenta, con un 11.29% del total de las ventas, por lo que habrá que tomarla también en cuenta. Ocupando un 7.76% del volumen total del almacén, el volumen unitario medio de esta familia de productos es de 0,0088733 metros cúbicos.
- Pelota: Por último, el volumen unitario de esta familia de productos es de 0,0010092 metros cúbicos, ocupando un 2.26% del volumen total del almacén. Por otro lado, pese a ser la familia que más referencias tiene, supone solo un 4.84% del volumen de ventas anual.

4.2 ABC de ventas

El análisis ABC es un método de clasificación frecuentemente utilizado en gestión de inventario. Resulta del principio de Pareto (Wikipedia, s.f.).

El análisis ABC permite identificar los artículos que tienen un impacto importante en un valor global (de inventario, de venta, de costes...). Permite también crear categorías de productos que necesitaran niveles y modos de control distintos.

Ejemplo aplicable a la gestión de stock:

- "Clase A" el stock que incluirá generalmente artículos que representan el 80% del valor total de stock y 20% del total de los artículos. En esto la clasificación ABC es una resultante del principio de Pareto.

- "Clase B" los artículos que representan el 15% del valor total de stock y 30% del total de los artículos.
- "Clase C " los artículos que representan el 5% del valor total de stock y 50% del total de los artículos.

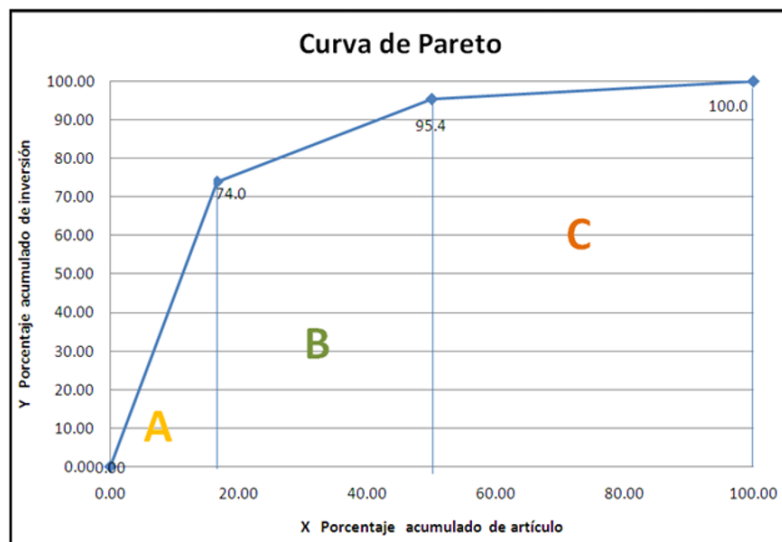


Gráfico 4 - Ley de Pareto

En nuestro caso, la distribución de los productos entre estos 3 tipos de categorías se presenta de la siguiente manera:

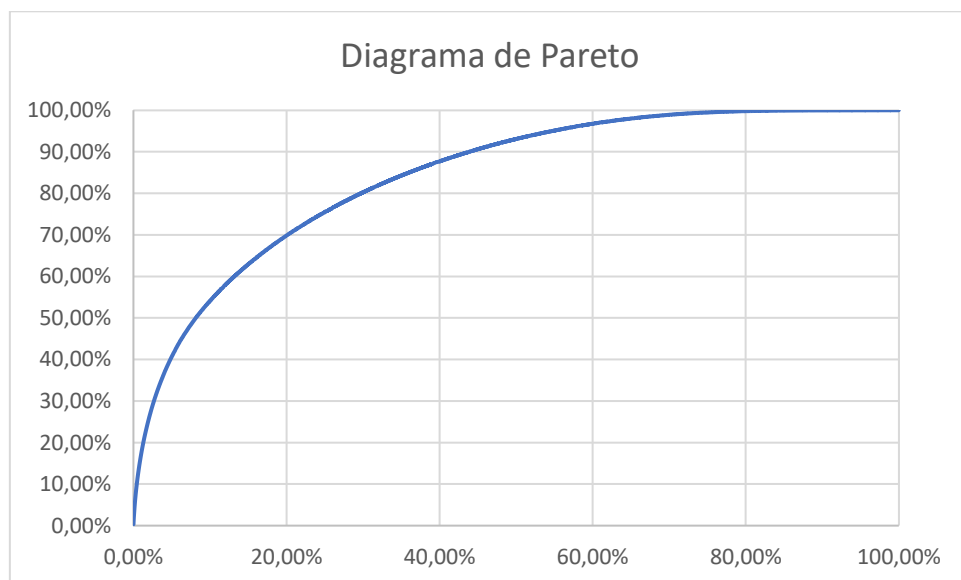


Gráfico 5 - Gráfico ABC

Por lo tanto:

- El 29.73% de las referencias representa el 80% de las ventas, productos tipo A
- El 25% de las referencias representa el 15% de las ventas, productos tipo B
- El 45.27% de las referencias representa el 5% de las ventas, productos tipo C

Como podemos observar, pese a aproximarse, no coinciden los valores teóricos con los valores reales en este caso. Esto se puede interpretar como que la dirección revisa la gama de productos para eliminar los obsoletos y concentrar las ventas en los productos más exitosos.

4.3 Formato logístico del proveedor

Para el diseño del almacén se cree conveniente conocer el formato logístico en el que nos suministrará el proveedor, ya que eso condicionará la productividad necesaria para alcanzar los objetivos propuestos, puesto que podremos almacenar en el formato en el que llegan las referencias y evitamos perder tiempo agrupando o desagrupando productos para almacenarlos en los formatos logísticos en los que provienen.

Clasificaremos las referencias entre paletizables y no paletizables, esto hará referencia a si la referencia llega en paleta mono-referencia o si, al contrario, las paletas son multi-referencia. En el grupo de las paletizables entrarán aquellas referencias que se suministren en “paleta completa”. Por otro lado, las referencias no paletizables serán aquellas que se suministren mediante cajas en paletas multi-referencia.

Para calcular el formato logístico en el que nos suministra el proveedor hemos calculado primero el volumen que ocupan los pedidos que llegan de cada referencia. Para esto se ha obtenido la diferencia entre el stock mínimo y stock máximo de cada producto, ya que los pedidos al proveedor se realizarán cuando lleguemos al nivel de stock mínimo y solicitaremos la cantidad necesaria para quedarnos en el stock máximo.

Las paletas que se van a utilizar van a ser las “Euro pallet” con unas dimensiones de 0.8 x 1.2 y un volumen de 1.25 metros cúbicos. Por lo que se ha establecido el límite de paleta completa a partir de 0.5 metros cúbicos. Todas las referencias con un volumen de pedido menor serán consideradas como no paletizables.

Analizando los datos de los que disponemos obtenemos los siguientes datos:

Paletizables	610
No paletizables	12286

Tabla 4 - Formato logístico

Por lo que, observando los resultados obtenidos, del total de referencias solo 610 serán recibidas en pallet mono-referencia, el resto deberán ser desagrupadas en cajas o en el formato logístico correspondiente.

5. DISEÑOS PROPUESTOS DE ALMACÉN

5.1 Perfil de inventario

Necesitamos conocer el volumen de almacenamiento de los artículos. Una vez hemos pasado todos los datos a metros cúbicos como hemos explicado en apartados anteriores, procedemos a calcular los siguientes parámetros:

En primer lugar, para facilitar los cálculos, el inventario mínimo de picking es igual a 0 para todas las referencias.

En segundo lugar, el stock máximo de picking se obtiene multiplicando los metros cúbicos a la semana que suponen las ventas de cada artículo por el tiempo de reposición. El tiempo de reposición se ha obtenido tras una clasificación de todas las referencias según el modelo de ventas ABC. Para los artículos de tipo A, el tiempo de reposición se ha estimado en 0,7 semanas, para los artículos tipo B en 1,2 semanas y finalmente, para los artículos de tipo C en 2 semanas

A continuación, se ha calculado el stock mínimo de reserva. El stock mínimo de reserva es la diferencia entre el stock mínimo de cada referencia y el stock máximo de picking de cada uno de los productos.

Finalmente, se ha calculado el stock máximo de reserva. Se ha diferenciado si el stock mínimo de reserva de las referencias era menor o igual a 0, debido a que son datos iniciales. Si lo era, el stock máximo es igual a 0, si no el stock máximo de reserva es igual al stock máximo de cada referencia, esto se puede apreciar en la columna con el stock

Como resumen se presenta el stock mínimo y máximo de picking y de reserva para las distintas familias de productos en la tabla siguiente:

Tabla 5 - Perfil de inventario 1

Familia	Smin Picking (m ³)	Smax Picking (m ³)	Smin Reserva (m ³)	Smin Reserva act. (m ³)	Smax Reserva (m ³)	Stock medio (m ³)	Referencias
A	0,00	1,32	1,11	1,18	5,79	4,11	1.509,00
B	0,00	1,93	3,18	3,20	15,13	10,11	1.005,00
C	0,00	96,97	124,83	127,40	425,49	323,64	1.379,00
D	0,00	2,92	4,35	4,39	19,85	13,56	1.188,00
E	0,00	4,33	8,56	8,60	29,38	21,14	1.506,00
F	0,00	29,68	32,48	34,10	127,21	94,69	2.296,00
G	0,00	9,58	10,79	11,19	37,94	29,16	927,00
H	0,00	8,55	18,18	18,27	55,98	41,36	2.463,00
PALETAS	0,00	263,36	438,99	441,49	1.546,53	1.124,44	623,00
TOTAL	0,00	418,65	642,47	649,82	2.263,29	1.662,20	12.896,00

Los resultados muestran que necesitamos un stock máximo de picking de 418,64 metros cúbicos, un stock mínimo de reserva de 603,17 y un stock máximo de reserva de 2.206,77.

5.2 Primera iteración

5.2.1 Selección de los medios de almacenamiento

Una vez definido el perfil de inventario del almacén por familias, se propone un nuevo perfil de inventario diversificado por categorías de producto, en función de su rotación de ventas y formato logístico, como se explica ahora a continuación. En base a este nuevo perfil, se han tomado decisiones para la elección de los medios de almacenamiento descartando las opciones inviables y eligiendo en base a observaciones relativas al stock, entre las opciones que sean posibles para cada referencia.

Se ha decidido estudiar separadamente el área de Picking y el área de Reserva.

Para el área de reserva se ha elegido un medio de almacenamiento convencional: estanterías convencionales de paletas y estanterías convencionales de cajas. Como hemos separado las paletas en otra categoría, debido al formato logístico del proveedor, estas irán todas en estanterías de paletas, y el resto de las referencias en estanterías de cajas. Hemos descartado las estanterías compactas debido a que tenemos pocas referencias que necesiten de un número suficientemente alto de paletas como para que fuera necesario utilizar este medio.

En la zona de picking se han elegido también estanterías convencionales, con la misma distinción que en la zona de reserva, donde la categoría paleta irá en estanterías convencionales de paletas y el resto de las referencias en estanterías convencionales de cajas, se eligen estos medios porque se consideran básicos, baratos y eficientes para la configuración que buscamos.

Para simplificar la logística del almacén trabajaremos con dos tamaños de caja: Cajas Tipo I y Cajas Tipo II, de 0,24 y 0,48 metros cúbicos respectivamente. Ambos formatos son idóneos ya que el formato de pallet a emplear será el "Europallet", y estos formatos son submúltiplos de este.

Para seleccionar qué referencias irán en un tamaño u otro, hemos diferenciado a partir de 0,05 m³ de volumen unitario para las cajas tipo II, y las unidades menores a ese tamaño irán en cajas tipo I.

En la siguiente tabla se muestra cuantas referencias irán en cada tipo de caja, diferenciado por familias:

Familia	Cajas Tipo I	Cajas Tipo II	Total
A	1509	0	1509
B	1005	0	1005
C	1277	628	1905
D	1188	0	1188
E	1506	0	1506
F	2251	73	2324
G	900	71	971
H	2488	0	2488
Total	12124	772	12896

Tabla 6 - Formatos de caja tipo I y II

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA MATERIAL DEPORTIVO CON 12.000 REFERENCIAS

Como podemos observar, habrá 12124 referencias que irán en cajas del tipo I y 772 referencias en cajas del tipo II, siendo estas pertenecientes en su gran mayoría a la familia de productos C, y en menor medida productos de las familias F y G.

Por otro lado, ya que la distribución en planta de las referencias dependerá de su rotación y su formato logístico, observamos esta nueva clasificación a modo de perfil de inventario donde tenemos diferenciados los productos en cajas o paletas, y también entre las categorías A, B y C según su nivel de ventas, ya que las existencias con mayor número de ventas estarán más cerca de la zona de preparación de pedidos (Ver Anexo 7).

Tabla 7 - Perfil de inventario ABC

Categorías	Smin Picking (m ³)	Smax Picking (m ³)	Smin Reserva (m ³)	Smin Reserva act. (m ³)	Smax Reserva (m ³)	Stock medio (m ³)	Referencias
Productos A Tipo I	0,00	40,58	91,20	91,20	276,28	204,03	3.358,00
Productos B Tipo I	0,00	38,89	36,75	37,69	156,66	116,15	2.899,00
Productos C Tipo I	0,00	18,51	12,65	14,61	60,88	46,02	5.714,00
Productos A Tipo II	0,00	0,51	1,04	1,04	2,99	2,27	3,00
Productos B Tipo II	0,00	22,76	24,40	24,80	85,48	66,32	99,00
Productos C Tipo II	0,00	15,89	7,54	8,93	41,54	32,48	117,00
Paletas A	0,00	195,28	403,91	403,91	1.301,13	950,16	473,00
Paletas B	0,00	84,21	65,35	67,41	331,70	240,63	226,00
Paletas C	0,00	2,03	-0,37	0,23	6,63	4,14	7,00
Total	0,00	418,65	642,47	649,82	2.263,29	1.662,20	12.896,00

5.2.2 Selección de los medios de manutención

Como hemos introducido anteriormente, para la primera iteración se van a escoger medios de manutención no automatizados, siempre buscando la mejor relación entre inversión y productividad e intentando hacer coincidir el máximo número de medios, para estandarizar al máximo el transporte de materiales.

A la hora de plantear los medios de manutención más adecuados para nuestro almacén, se va a calcular la producción necesaria para poder atender todas las líneas de pedido que puedan llegar en un año, atendiendo al histórico que tenemos como datos iniciales y que previamente se ha expuesto. La producción necesaria será aquella que nos permita servir los pedidos en un periodo máximo de 5 días, nivel de servicio exigido por la dirección antes del diseño preliminar del almacén.

También hay que recordar que la empresa trabaja 4 horas por la mañana para la recepción de pedidos y reposición del almacén, y 4 horas por la tarde para la preparación y expedición de pedidos.

Para esto diferenciaremos previamente entre las líneas de pedido de cajas y las de paletas, ya que utilizaremos un medio de manutención distinto para cada formato logístico.

Estudiando las líneas de pedido (LP) entrantes, se ha buscado la máxima demanda posible a lo largo de 5 días, de esta manera, se calculará la producción necesaria para cubrir este máximo, y de esta forma nos aseguraremos un 100% del nivel de servicio a lo largo del año.

5.2.2.1 Picking de cajas y unidades

Para este cálculo, se estima que el tiempo de preparación para cada una de las líneas de pedido de cajas y unidades es similar. Observando el histórico (Ver gráficos 2 y 3), el máximo conjunto entre unidades y cajas de líneas de pedido que han entrado al almacén a lo largo de 5 días es de 9495, por lo que vamos a calcular la producción que necesitaríamos para poder abarcar esta demanda, teniendo en cuenta que hay que poder atender todos los pedidos en un máximo de 5 días:

Hace un total de 1899 LP diarias, las cuales, contando con 4h de dedicación a esta tarea, se requiere una capacidad de producción de 475 LP/hora

Tabla 8 - Productividades necesarias cajas y unidades

LP totales en 5 días	Prod. Necesaria LP /día	Total LP/hora
9.495	1.899	475

Para hacer frente a los pedidos sin producir retrasos necesitamos una producción mayor o igual a 475 LP/hora, para lo que se ha pensado en una carretilla recogepedidos de 8m de altura:

Tabla 9 - Medios de manutención cajas y unidade

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos	6	480	475	300.000

5.2.2.2 Picking de paletas

Según los datos de partida de líneas de pedido durante un año de paletas (Ver gráfico 1), el pedido máximo a lo largo de 5 días es de 78 paletas, por lo que, igual que anteriormente, calculamos la productividad necesaria para atender esta demanda, teniendo en cuenta que, contando con 5 días de servicio, necesitaríamos una producción igual o mayor a 16 LP de paletas por día:

Tabla 10 - Productividades necesarias paletas

LP paletas en 5 días	Prod. Necesaria LP /día	Total LP/hora
78	16	4

Para atender la demanda de LP de paletas de un día se necesita una producción de 4 LP paletas por hora, para lo que se ha escogido una carretilla contrapesada debido a que es la alternativa más económica capaz de alcanzar 6m de altura, con lo que se optimiza la superficie de almacenamiento de paletas, ya que así podemos colocar un menor número de estanterías con mayor número de alturas:

Tabla 11 - Medios de mantención paletas

Medio de mantención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla contrapesada	1	22	4	16000

Empleando la carretilla contrapesada disponemos de una producción de 22 LP paleta/hora, lo cual nos da una productividad sobrante para realizar la preparación y servicio de los pedidos de paletas. Compraremos una carretilla con capacidad de elevarse hasta 6m de altura, lo cual es suficiente para operar con estanterías de altura.

5.2.3 Política de movimientos de stock en el almacén

Recepciones y descargas:

Este trabajo se realizará a lo largo de la mañana, durante las 4 horas disponibles para esta tarea, la cual será realizada con la carretilla contrapesada, ideal para este tipo de trabajos. A raíz de la tabla conocemos que de media llegarán unos 95.48 metros cúbicos de producto al día: Para mantener un stock medio constante en el almacén, se supondrán por igual las entradas y las salidas de material.

Recepción a estanterías de reserva:

Tras la descarga de camiones, la mercancía se dispone en la zona de recepción para desempaquetar las paletas multi-referencia, para después ser transportada a su ubicación en el almacén. Para las cajas se emplearán las carretillas recogepedidos y para las paletas la carretilla contrapesada, en ambos casos, serán almacenadas con el lado estrecho en el lado del pasillo para optimizar el espacio.

Transferencia de lotes de picking a reserva:

Para el abastecimiento de la zona de picking desde la reserva se empleará, igual que en el caso anterior, la carretilla recogepedidos para las cajas y la carretilla contrapesada para las paletas, almacenándose por el lado estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio.

Preparación de las líneas de pedido:

Se emplearán las carretillas recogepedidos y la carretilla contrapesada conforme se ha desarrollado en el apartado anterior.

Expedición:

Se realizarán mediante la carretilla contrapesada.

5.2.4 Dimensionamiento del almacén

Para el dimensionamiento de las zonas de almacenamiento en picking y reserva, primero calcularemos los huecos necesarios, y el número de estanterías que necesitaremos para el almacenamiento del total de artículos.

Para esta primera iteración, se ha decidido una política de gestión aleatoria tanto en el área de picking como en la de reserva, debido al gran número de referencias que se deben almacenar.

Primeramente, se procede a calcular el número de huecos necesarios, en base a las políticas de gestión de almacén de las que hemos hablado anteriormente. Para las estanterías convencionales de paletas se ha definido un volumen de hueco de 2,2275 metros cúbicos. Por otro lado, las estanterías convencionales de cajas estarán divididas por formato de caja, por lo que tendremos estanterías de caja I, con volúmenes de hueco de 0,585 metros cúbicos y estanterías de caja II, con huecos de 1,2 metros cúbicos:

Tabla 12 - Dimensión hueco estantería convencional de paletas

Estantería convencional paletas		
	hueco	paleta
largo (m)	0,95	0,80
ancho (m)	1,40	1,20
alto (m)	1,35	1,30
volumen (m ³)	1,80	1,25

Y las estanterías convencionales de cajas:

Tabla 13 - Dimensión hueco estanterías convencionales cajas I

Estantería convencional cajas tipo I		
	hueco	caja I
largo (m)	0,75	0,6
ancho (m)	1	0,8
alto (m)	0,55	0,5
volumen (m ³)	0,4125	0,24

Tabla 14 - Dimensión hueco estanterías convencionales cajas II

Estantería convencional cajas tipo II		
	hueco	caja II
largo (m)	0,75	0,6
ancho (m)	1	0,8
alto (m)	1,1	1
volumen (m ³)	0,825	0,48

Se puede observar que las dimensiones de los huecos son ligeramente superiores a los formatos logísticos que se van a introducir, para que haya holgura y eso facilite la entrada y salida de cajas y paletas en las estanterías.

De acuerdo con la política escogida de gestión aleatoria tanto en reserva como en picking, se ha procedido a calcular el número de huecos necesarios para cada zona y categoría, así como la ocupación media de hueco en cada una de estas:

Tabla 15 - Huecos necesarios zona de reserva

Huecos zona de reserva			
Categorías	Stock medio por ref.	Ocupación media hueco	Número de huecos necesarios
Productos A Tipo I	0,06	0,25	3.694,00
Productos B Tipo I	0,04	0,17	3.189,00
Productos C Tipo I	0,01	0,03	6.286,00
Productos A Tipo II	0,76	1,58	7,00
Productos B Tipo II	0,67	1,40	218,00
Productos C Tipo II	0,28	0,58	129,00
Paletas A	2,01	1,61	1.041,00
Paletas B	1,06	0,85	249,00
Paletas C	0,59	0,47	8,00
Total			14.821,00

Tabla 16 - Huecos necesarios zona de picking

Huecos zona picking			
Categorías	Stock medio por ref.	Ocupación media hueco	Número de huecos necesarios
Productos A Tipo I	0,01	0,03	3.694,00
Productos B Tipo I	0,01	0,03	2.899,00
Productos C Tipo I	0,00	0,01	5.714,00
Productos A Tipo II	0,09	0,18	3,00
Productos B Tipo II	0,11	0,24	99,00
Productos C Tipo II	0,07	0,14	117,00
Paletas A	0,21	0,17	473,00
Paletas B	0,19	0,15	226,00
Paletas C	0,14	0,12	7,00
Total			13.232,00

Como podemos ver, para la zona de reserva harían falta un total de 14821 huecos, 13169 destinados a las estanterías de cajas tipo I, 354 para las estanterías de cajas tipo II y 1298 para las estanterías convencionales de paletas.

Por otro lado, para la zona de picking necesitaríamos un conjunto de 13232 huecos, con 12307 para las estanterías de cajas tipo I, 219 huecos para las estanterías de caja tipo II y, finalmente, 706 para las estanterías convencionales de paletas. También es destacable añadir que se ha aplicado un coeficiente de seguridad del 10% al número de huecos.

A simple vista podemos apreciar varias cosas:

- En la zona de reserva las categorías almacenadas en cajas tipo I tienen una ocupación media de hueco bastante baja
- En la zona de picking todas las categorías presentan una ocupación de hueco muy baja
- No es normal que se necesiten prácticamente los mismos huecos para la zona de reserva y la de picking, ya que para esta segunda zona el almacenamiento será mucho menor

Todas estas cosas las tendremos en cuenta para mejorar nuestro almacén de cara a la segunda configuración.

5.2.4.1 Estanterías de la zona de reserva

Ahora que conocemos el número total de huecos necesarios para cada zona, vamos a calcular las dimensiones de las estanterías para conocer la superficie que ocupará cada zona de almacenaje.

En primer lugar, las estanterías convencionales de paletas:

Tabla 17 - Dimensión estanterías de paletas en reserva

Estantería convencional de paleta	nº alturas	6,00	largo zona (m)	5,70
	nº filas	37,00	ancho zona (m)	51,80
	nº columnas	6,00	alto zona (m)	8,10
	nº huecos	1.332,00	superficie (m ²)	295,26

Para las estanterías convencionales de paleta se han seleccionado estanterías de 6 alturas y 6 columnas. El largo de la zona se obtiene multiplicando el número de columnas por el largo de hueco, el ancho de la zona multiplicando el número de filas por el ancho de cada hueco y, por último, multiplicando el número de alturas por el alto de hueco obtenemos el alto de zona.

Por lo que la superficie que ocupará estas estanterías será de 295,26 metros cuadrados, siendo esto el producto del largo por el ancho de zona y serán un total de 37 estanterías.

A continuación, mostramos los resultados de las estanterías de cajas:

Tabla 18 - Dimensión estanterías de cajas tipo I en reserva

Estantería convencional de cajas I	nº alturas	12	largo zona (m)	7,5
	nº filas	110	ancho zona (m)	110
	nº columnas	10	alto zona (m)	6,6
	nº huecos	13200	superficie (m ²)	825

Tabla 19 - Dimensión estanterías de cajas tipo II en reserva

Estantería convencional de cajas II	nº alturas	8	largo zona (m)	3,75
	nº filas	9	ancho zona (m)	9
	nº columnas	5	alto zona (m)	8,8
	nº huecos	360	superficie (m ²)	33,75

Todas las dimensiones se han obtenido a través de los cálculos explicados anteriormente en el caso de las estanterías convencionales de paletas.

En este caso, por un lado, tenemos 110 estanterías de cajas tipo I, de 12 alturas y 10 columnas cada una, con medidas de un total de 7,5 metros de largo, 110 de ancho, una altura de 6,6 y abarcando una superficie de 825 metros cuadrados.

Por el otro lado, observamos que utilizaremos un total de 9 estanterías convencionales para cajas tipo II, las cuales tienen 8 alturas y 5 columnas cada una, por lo que estas estanterías ocuparán un largo de zona de 3,75 metros, 9 de ancho y 8,8 de alto, abarcando una superficie total de 33,75 metros cuadrados

5.2.4.2 Estanterías de la zona de picking

Del mismo modo que hemos podido dimensionar las estanterías de la zona de reserva a raíz de conocer el número de huecos que necesitaremos, pasamos a realizar el mismo procedimiento para el dimensionamiento de la zona de picking.

En esta tabla se muestran todas las medidas y superficies necesarias para dimensionar la zona, con los cálculos realizados de la misma forma que hemos explicado anteriormente para la zona de reserva:

Tabla 20 - Dimensionado estanterías de paletas y cajas en picking

ZONA DE PICKING				
Estantería convencional de paleta	nº alturas	6,00	largo zona (m)	6,65
	nº filas	17,00	ancho zona (m)	23,80
	nº columnas	7,00	alto zona (m)	8,10
	nº huecos	714,00	superficie (m ²)	158,27
Estantería convencional de cajas I	nº alturas	12,00	largo zona (m)	7,50
	nº filas	103,00	ancho zona (m)	103,00
	nº columnas	10,00	alto zona (m)	6,60
	nº huecos	12.360,00	superficie (m ²)	772,50
Estantería convencional de cajas II	nº alturas	8,00	largo zona (m)	3,75
	nº filas	6,00	ancho zona (m)	6,00
	nº columnas	5,00	alto zona (m)	8,80
	nº huecos	240,00	superficie (m ²)	22,50

Como se puede apreciar observando los resultados de la tabla, para la zona de picking tendremos 34 estanterías de paletas de 3 alturas y 7 columnas que abarcarán una superficie de 316,54 metros cuadrados.

Por otro lado, las estanterías para cajas tipo I formarán 103 filas de 12 alturas y 10 columnas cada una, con una superficie total de 772,5 metros cuadrados.

Por último, las cajas tipo II de la zona de picking se almacenarán en 6 estanterías de 8 alturas y 5 columnas cada una, ocupando una superficie de 22,5 metros cuadrados

5.2.4.3 Dimensionado de la zona de recepción y expedición

Para las tareas de recepción y expedición de pedidos utilizaremos la misma zona y supondremos que necesitan una superficie similar para llevarse a cabo, ya que se desarrollan a distintas horas del día y consideramos el mismo volumen para salidas y entradas.

El correcto dimensionamiento de esta zona es de vital importancia ya que un error o una insuficiencia de los cálculos comprometería el correcto funcionamiento del almacén, ya que este podría colapsarse en caso de no estar preparado para recibir todos los pedidos entrantes.

Por ello, nos guardaremos un amplio margen de espacio para posibles picos de pedidos eventuales y así estar preparados para cualquier situación inesperada.

Para obtener los datos de la superficie de esta área, hemos calculado en primer lugar, el promedio y la desviación típica de las ventas diarias, para posteriormente calcular el coeficiente de variación, siendo este el cociente entre la desviación y el promedio.

Por otro lado, hemos calculado el volumen total de ventas diario, por lo que los datos nos quedan así:

Tabla 21 - Coeficiente de variación de las ventas

Datos estadísticos	
Media (Uds.)	0,7111
Desv	1,54835275
Coef	2,17747348
Vol. Total (m ³)	68,0168

Posteriormente, hemos multiplicado el volumen total de ventas diario promedio por el coeficiente de variación de ventas, como los pedidos entrarán y saldrán siempre en formato paleta, ya sea en paleta mono-referencia o multi-referencia, hemos dividido este producto por el volumen de paleta para obtener el número de paletas equivalentes, redondeado al entero superior. Por último, multiplicando este valor por la superficie ocupada por una paleta, obtenemos la superficie necesaria para realizar esta actividad, no obstante, para guardarnos ese margen previamente mencionado, hemos multiplicado este valor por 1,5 para cubrirnos de posibles picos eventuales, por lo que quedaría así:

Tabla 22 - Dimensionamiento zona de recepción y expedición

Coef. Var x Volumen total de ventas promedio	Nº Paletas	Nº act. Paletas	Superficie necesaria (m ²)	Superficie necesaria x1,5 (m ²)
148,1048513	70,1254031	71	68,16	102,24

Como podemos observar, destinaremos 102,24 metros cuadrados de superficie a esta zona.

5.2.5 Diseño en planta del almacén

Una vez hechos todos los cálculos, conocemos la superficie de las estanterías tanto en picking como en reserva, además de la superficie necesaria para las actividades de carga y descarga, en la siguiente tabla mostramos los resultados obtenidos:

Tabla 23 - Superficie total almacén

Superficie picking (m ²)	Superficie reserva (m ²)	Zona de carga y descarga (m ²)	Total almacén (m ²)
1111,54	1201,89	102,24	2415,67

Se puede observar que mediante los medios de almacenamiento y las zonas de carga y descarga necesitaremos un total de 2415,67 metros cuadrados, no obstante, se deben tener en cuenta más zonas del almacén, como son los pasillos entre estanterías, y una posible zona dedicada a la administración, si cabe. Las dimensiones de estos pasillos dependerán del medio de mantenimiento destinado a moverse entre ellos, recordemos que para la manipulación de paletas emplearemos una carretilla contrapesada y para las cajas una carretilla recogepedidos:

Tabla 24 - Dimensión pasillos según medio de mantenimiento

Medios de mantenimiento	Pasillo (m)
Carretilla contrapesada	3,5
Carretilla recogepedidos	1,8

Una vez recogidos todos los datos, se procede a realizar un diseño en planta detallado del almacén en el que se tendrán en cuenta las dimensiones de los pasillos que acabamos de definir:

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA MATERIAL DEPORTIVO CON 12.000 REFERENCIAS

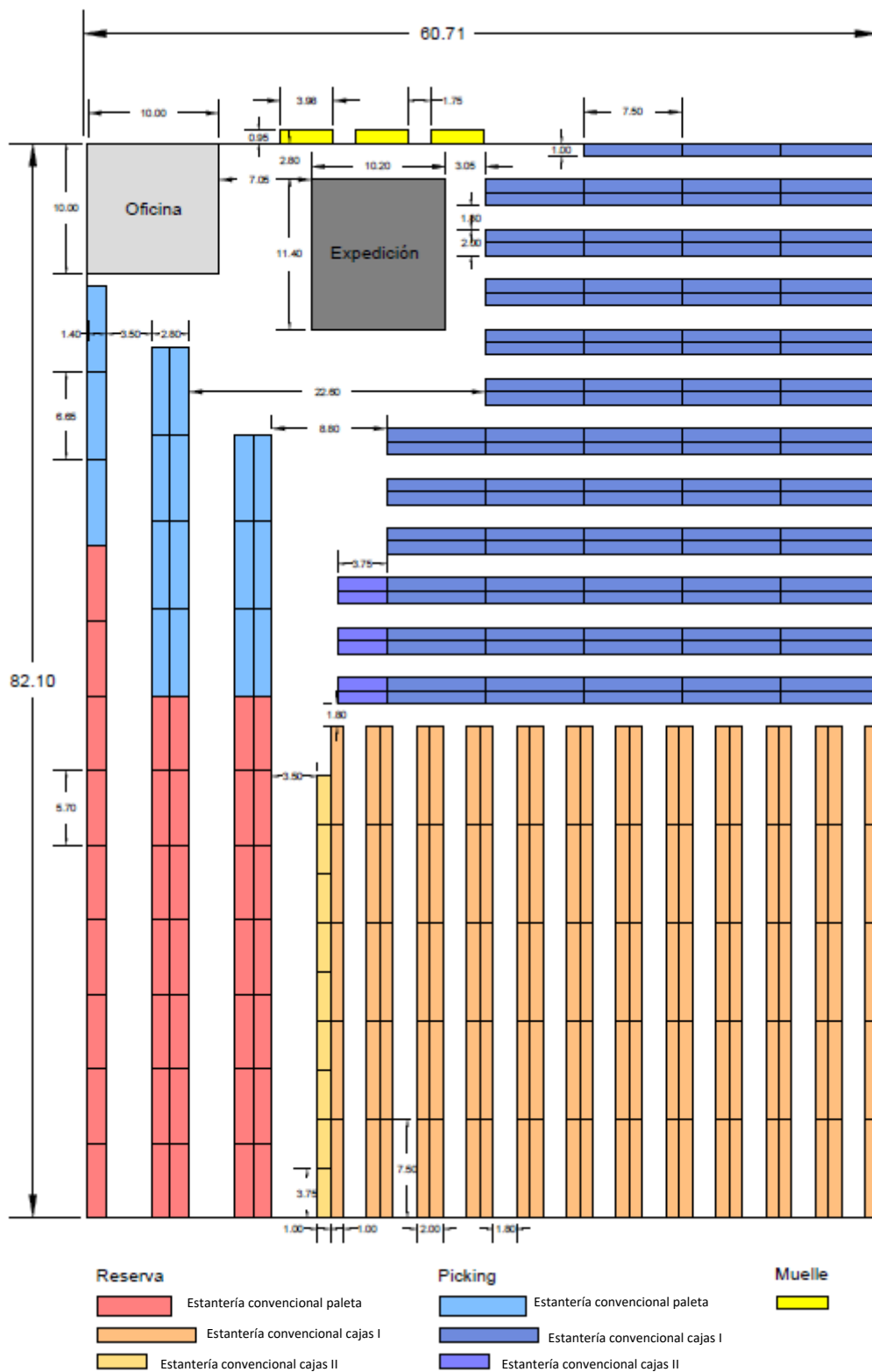


Ilustración 18 - Diseño en planta 1ª configuración

De esta manera disponemos de una configuración visual del almacén, en el que podemos distinguir las distintas zonas, indicadas o en el mismo dibujo o bien en la leyenda.

Se pueden apreciar al ancho y largo total del almacén, con lo que finalmente conocemos su superficie final la cual es de 5.467,86 metros cuadrados, en los que se disponen la totalidad de estanterías, pasillos y espacios necesarios para la primera configuración.

5.2.6 Análisis de coste e inversión

Una vez definido el resto de los apartados anteriores, tenemos todos los datos disponibles para realizar el análisis de coste e inversión. Este es imprescindible para valorar de forma cuantificada y objetiva las decisiones tomadas a lo largo de esta primera iteración, con tal de poder mejorar la configuración tomando decisiones distintas a las anteriores y comparándolas entre sí, con tal de obtener la más eficiente de todas.

Hemos realizado el análisis de coste e inversión diferenciando entre los siguientes apartados:

- Instalación, equipamientos y servicios
- Medios de almacenamiento
- Medios de manutención
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía

Para presentar una correcta estimación del coste de capital invertido, vamos a utilizar el método del descuento de flujo de caja (DFC), de esta manera los costes totales pasan a ser costes anuales para poder ser evaluados de forma conjunta con el resto de los gastos.

Este método consiste en aplicar una tasa de interés fijada en el 19%, mediante el cual se aplicará un descuento según la vida útil del elemento:

Vida útil	DFC
4 años	2.639
5 años	3.058
10 años	4.339
20 años	5.101

Ilustración 19 - Factores DFC

- Instalación, equipamientos y servicios generales:

Estos son los gastos referentes a la superficie del centro logístico, con la inclusión de los servicios generales para esta y el hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén.

Tabla 25 - Costes de instalación, equipamientos y servicios generales

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave	4.984,29	410,00	2.043.559,31	20	5,101	400.619,35
Servicios generales	4.984,29	30,00	149.528,73	20	5,101	29.313,61
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5	3,058	114.453,89

- Medios de almacenamiento:

Estos costes son los correspondientes a los medios de almacenamiento que se han seleccionado para almacenar las referencias en los distintos formatos logísticos.

Tabla 26 - Costes medios de almacenamiento

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estantería conv. paletas	2.046,00	20,00	40.920,00	10,00	4,34	9.430,74
Estantería conv. cajas tipo I	1.597,50	30,00	47.925,00	10,00	4,34	11.045,17
Estantería conv. cajas tipo II	56,25	30,00	1.687,50	10,00	4,34	388,91

- Medios de manutención:

Estos son los gastos asociados a la adquisición de los medios de manutención necesarios para la manipulación de stock en el almacén.

Tabla 27 - Costes medios de manutención

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla recogepedidos	6,00	50.000,00	300.000,00	10	4,339	69.140,35
Carretilla contrapesada	1,00	16.000,00	16.000,00	10	4,339	3.687,49

Costes de personal:

Costes destinados a cubrir el salario anual de los trabajadores del almacén.

Tabla 28 - Costes de personal

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe de almacén	1,00	30.000,00	30.000,00
Administrativo	1,00	20.000,00	20.000,00
Almacenero	5,00	18.000,00	90.000,00

- Mantenimiento y energía:

Gastos necesarios asociados al mantenimiento del equipamiento móvil, así como del edificio y las distintas instalaciones, como de los gastos anuales destinados a energía, iluminación y distintos seguros.

Tabla 29 - Costes de mantenimiento y energía

	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	31.600,00
Edificios e instalaciones	2.492,15
Gastos anuales de energía, iluminación y seguros	224.293,10

A continuación, se muestra este cuadro en el cual se reflejan los costes anuales totales y la inversión realizada:

Tabla 30 - Costes e inversión total 1ª configuración

Coste total anual	1.054.408,21 €
Inversión total	2.949.620,54 €

Como se puede observar, los costes totales anuales ascienden a un total de 1.054.408,21€ y la inversión total a realizar será de 2.949.620,54€, estos datos nos servirán para poder comparar los costes de las próximas configuraciones de manera más global.

5.2.7 Análisis crítico y propuestas de mejora

Vamos a realizar un análisis crítico de esta primera configuración con tal de ser conscientes de los errores cometidos y de los aspectos con mayor margen de mejora, de cara a una segunda configuración.

En primer lugar, se considera reducir ligeramente la altura destinada al hueco del pallet, con tal de que su manipulación sea más cómoda y nos aseguremos de que no compromete la estabilidad de este, además, también aumentaremos el margen del área de expedición y recepción para prevenir mejor posibles picos de actividad eventuales y los consiguientes posibles atascos

Por otro lado, de forma más objetiva, podemos observar una ocupación de hueco bastante baja en muchas de las categorías de productos, sobre todo en la zona de picking por lo que ajustaremos los formatos logísticos para mejorar este aspecto. En particular, modificaremos los tamaños de las cajas para reducir su volumen, de manera que, aunque el stock de un artículo pueda ocupar varias cajas, aumente sensiblemente la ocupación media de hueco, y por tanto mejore el aprovechamiento.

Además, la principal fuente de costes reside en la amplia superficie de almacén que necesitamos para esta primera iteración, por lo que esperamos reducir la superficie ocupada por las estanterías con un mayor aprovechamiento del hueco, y también utilizaremos medios de manutención que puedan operar en pasillos más estrechos y en mayor altura, con tal de reducir al máximo la superficie del almacén.

5.3 Segunda configuración

Se propone una segunda configuración con el objetivo de mejorar los resultados previamente obtenidos en base al cambio de ciertos parámetros. Se propondrán propuestas de mejora con relación a las dimensiones de los distintos formatos logísticos, y al empleo de medios de manutención que alcancen una mayor altura y necesiten de pasillos más estrechos para lograr un mayor aprovechamiento del espacio, por lo que se espera reducir los costes asociados a estos parámetros.

5.3.1 Perfil de inventario

Como hemos mencionado anteriormente, se han tomado decisiones respecto a las dimensiones de los distintos formatos logísticos con tal de lograr un mayor aprovechamiento del hueco.

Con este fin, emplearemos distintos formatos logísticos para picking y para reserva, ya que el stock medio de picking es muchísimo menor y en la primera configuración apreciábamos una bajísima ocupación del hueco en esta zona. Con tal de simplificar los cálculos y la información, se muestran dos tablas diferentes de perfil de inventario, una para reserva y otra para picking, recordemos que dividiremos los productos en categorías en base a su nivel de ventas (A, B y C) y al formato logístico en el que se almacenan:

Tabla 31 - Perfil de inventario reserva 2ª configuración

PERFIL DE INVENTARIO RESERVA					
Categorías	Smin Reserva (m³)	Smin Reserva act. (m³)	Smax Reserva (m³)	Stock medio (m³)	Referencias
Productos A Tipo I	104,31	104,31	317,78	234,58	3.398,00
Productos B Tipo I	37,07	38,04	161,18	119,01	2.905,00
Productos C Tipo I	12,65	14,61	60,88	46,02	5.714,00
Productos A Tipo II	4,01	4,01	9,50	7,48	8,00
Productos B Tipo II	37,86	38,39	125,19	97,75	130,00
Productos C Tipo II	7,59	8,98	42,23	32,93	118,00
Paletas A	387,83	387,83	1.253,12	914,40	428,00
Paletas B	51,57	53,48	287,48	206,33	189,00
Paletas C	-0,42	0,18	5,93	3,70	6,00
Total	642,47	649,82	2.263,29	1.662,20	12.896,00

Tabla 32 - Perfil de inventario picking 2ª configuración

PERFIL DE INVENTARIO PICKING				
Categorías	Smin Picking (m³)	Smax Picking (m³)	Stock medio (m³)	Referencias
Productos A Tipo I	0,00	73,45	36,72	3.494,00
Productos B Tipo I	0,00	41,70	20,85	2.916,00
Productos C Tipo I	0,00	18,51	9,25	5.714,00
Productos A Tipo II	0,00	162,92	81,46	340,00
Productos B Tipo II	0,00	104,16	52,08	308,00
Productos C Tipo II	0,00	17,92	8,96	124,00
Total	0,00	418,65	209,32	12.896,00

A la hora de diferenciar los formatos logísticos en los que se almacenará cada referencia hemos empleado el mismo criterio que en la primera configuración, con la diferencia de que las referencias pasarán a ser paletizables cuando el pedido del proveedor venga en un volumen mínimo de 0,6 metros cúbicos.

Tabla 33 - Referencias paletizables 2ª configuración

	Nº de referencias
No paletizables	12273
Paletizables	623

Por otro lado, el resto de las referencias que serán almacenadas en cajas, se almacenarán en las cajas tipo I aquellas referencias con volumen unitario inferior a 0,05 metros cúbicos, y en caso contrario se almacenarán en cajas tipo II, igual que en la primera configuración.

La principal diferencia es que en reserva las cajas tipo I tendrán un volumen de 0,072 metros cúbicos, mientras que las cajas tipo II ocupan un volumen de 0,384 metros cúbicos.

Por otro lado, en picking contaremos con formatos logísticos de menor tamaño, ya que aquí las cajas tipo I (P) tendrán un volumen de 0,054 metros cúbicos, y las cajas tipo II (P) 0,24 metros cúbicos.

5.3.2 Medios de almacenamiento y manutención

Después de una reflexión y análisis conjunto de los datos de partida de stocks y de los resultados obtenidos en la primera configuración, así como de los costes que supondrían los posibles cambios en estos parámetros, hemos decidido que utilizaremos los mismos medios de almacenamiento que en la primera configuración, es decir, estanterías convencionales de cajas y estanterías convencionales de paletas, con la diferencia de que en esta segunda configuración, en picking se almacenarán únicamente cajas, puesto que la utilización del formato paleta en esta zona suponía una ocupación del hueco muy baja de las referencias almacenadas en este formato.

También cabe destacar que, pese a utilizar los mismos medios de almacenamiento, le daremos un enfoque diferente al de la primera configuración, pues buscaremos un mayor aprovechamiento del espacio mediante un considerable aumento de la altura de los medios de almacenamiento y, por consiguiente, del almacén.

Al igual que para la primera iteración se van a escoger medios de manutención no automatizados, siempre buscando la mejor relación entre inversión y productividad e intentando hacer coincidir el máximo número de medios, para estandarizar al máximo el transporte de materiales.

La productividad necesaria será aquella que nos permita servir los pedidos en un periodo máximo de 5 días, nivel de servicio exigido por la dirección antes del diseño preliminar del almacén.

También hay que recordar que la empresa trabaja 4 horas por la mañana para la recepción de pedidos y reposición del almacén, y 4 horas por la tarde para la preparación y expedición de

pedidos, por lo que contaremos como similares los tiempos de preparación y expedición y los de recepción y reposición.

Para esto diferenciaremos previamente entre las líneas de pedido de cajas y las de paletas, ya que utilizaremos un medio de manutención distinto para cada formato logístico.

En esta configuración hemos optado por la utilización de carretillas trilaterales para paletas en reserva, ya que estos medios pueden operar hasta en 14m de altura, con la ayuda de transpaletas eléctricas autopropulsadas como medio de manutención auxiliar para los desplazamientos entre diferentes zonas del almacén, mientras que la carretilla trilateral será la encargada de realizar las actividades en altura con las paletas.

Por otro lado, para la manutención y manipulación de cajas, continuaremos utilizando carretillas recogepedidos, pero capaces de llegar a 14m de altura, al igual que las carretillas trilaterales.

A continuación, se muestran los datos sobre la demanda de líneas de pedido que llegan al almacén y los cálculos correspondientes para conocer la productividad necesaria, de la misma forma que se presentaron estos datos anteriormente en la primera iteración.

5.3.2.1 Picking de paletas

En primer lugar, mostramos los datos referentes a las líneas de pedido de paletas:

Tabla 34 - Productividades necesarias paletas 2ª configuración

LP paletas/día	Prod. Necesaria LP /día	Total LP/hora
78	16	4

Como hemos mencionado, emplearemos carretillas trilaterales para la manutención de paletas, con transpaletas eléctricas como medio auxiliar para las operaciones de picking y el movimiento de stock entre diferentes zonas del almacén.

En esta tabla se muestran los datos necesarios para asegurarnos de cubrir todas las demandas con estos medios:

Tabla 35 - Medios de manutención paletas 2ª configuración

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla trilateral	1	30	4	100.000
Transpaleta eléctrica	1	25	4	3.500

5.3.2.2 Picking de cajas y unidades

En esta configuración seguiremos con las carretillas recogepedidos, en este caso con capacidad de trabajar hasta 14m de altura. Respetando los mismos criterios que en la primera configuración, hemos estimado como similar el tiempo de preparación de las LP de cajas y unidades. Al igual que con las paletas, mostramos todos los datos necesarios para conocer las productividades necesarias para atender toda la demanda, todo calculado y desglosado en la primera configuración:

Tabla 36 - Productividades necesarias cajas y unidades 2ª configuración

LP totales en 5 días	Prod. Necesaria LP /día	Total LP/hora
9.495	1.899	475

A continuación, mostramos los datos correspondientes al medio de mantenimiento seleccionado:

Tabla 37 - Medios de mantenimiento cajas y unidades 2ª configuración

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos (hasta 14m)	6	480	475	390.000

En resumen, para esta segunda configuración sustituiremos la carretilla contrapesada por la acción combinada de la carretilla trilateral y la transpaleta eléctrica para la manipulación de paletas, y mantendremos el uso de las carretillas recogepedidos para manipulación de cajas y unidades, aunque ahora con capacidad de alcanzar los 14m de altura.

Pese a que la inversión en medios de manutención es mayor que en la primera configuración, se busca aprovechar la mayor movilidad de estos medios para operar en pasillos más estrechos y en alturas más elevadas con tal de lograr un mayor aprovechamiento del espacio y así ahorrar costes en superficie, justificando así esta mayor inversión.

5.3.3 Política de movimientos de stock en el almacén

Recepciones y descargas:

Este trabajo se realizará a lo largo de la mañana, durante las 4 horas disponibles para esta tarea, la cual será realizada con la transpaleta eléctrica autopropulsada, ideal para este tipo de trabajos. A raíz de la tabla conocemos que de media llegarán unos 95.48 metros cúbicos de

producto al día: Para mantener un stock medio constante en el almacén, se supondrán por igual las entradas y las salidas de material.

Recepción a estanterías:

Tras la descarga de camiones, la mercancía se dispone en la zona de recepción para desempaquetar las paletas multi-referencia, para después ser transportada a su ubicación en el almacén. Para las cajas se emplearán las carretillas recogepedidos y para las paletas la transpaleta eléctrica autopropulsada, en ambos casos, serán almacenadas con el lado estrecho en el lado del pasillo para optimizar el espacio.

Transferencia de lotes de picking a reserva:

Para el abastecimiento de la zona de picking desde la reserva se empleará, igual que en el caso anterior, el carro recogepedidos para las cajas y para las paletas la acción combinada de la carretilla trilateral en acciones de altura y la transpaleta eléctrica como medio auxiliar para el desplazamiento entre zonas, almacenándose por el lado estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio

Preparación de las líneas de pedido:

Se emplearán las carretillas recogepedidos, la carretilla trilateral y la transpaleta conforme se ha desarrollado en el apartado anterior

Expedición:

Se realizarán mediante la transpaleta eléctrica y la carretilla recogepedidos.

5.3.4 Dimensionamiento del almacén 2ª configuración

Para el dimensionamiento de las zonas de almacenamiento en picking y reserva, primero calcularemos los huecos necesarios, y el número de estanterías que necesitaremos para el almacenamiento del total de artículos.

Para esta segunda iteración, se ha decidido una política de gestión aleatoria tanto en el área de picking como en la de reserva, debido al gran número de referencias que se deben almacenar.

Primeramente, se procede a calcular el número de huecos necesarios, en base a las políticas de gestión de almacén de las que hemos hablado anteriormente. En este caso, las dimensiones de las estanterías son diferentes en picking y en reserva, puesto que se ha intentado ajustarlas al máximo para mejorar la ocupación del hueco y por tanto el aprovechamiento del espacio respecto a la primera iteración.

En la zona de reserva contamos con estanterías convencionales de paletas, estanterías convencionales de cajas tipo I y de cajas tipo II.

De esta forma, se han definido las siguientes dimensiones de hueco para las distintas estanterías en reserva, en primer lugar, mostraremos los datos del hueco destinado a las paletas:

Tabla 38 - Dimensión hueco paletas para reserva 2ª configuración

Estantería convencional paletas		
	hueco	paleta
largo (m)	0,8500	0,8000
ancho (m)	1,4000	1,2000
alto (m)	1,2000	1,1500
volumen (m ³)	1,4280	1,1040

A continuación, se muestran los parámetros correspondientes a las cajas tipo I y II:

Tabla 39 - Dimensión hueco para cajas tipo I en reserva 2ª configuración

Estantería convencional cajas tipo I		
	hueco	caja I
largo (m)	0,6500	0,6000
ancho (m)	0,5000	0,4000
alto (m)	0,3500	0,3000
volumen (m ³)	0,1138	0,0720

Tabla 40 - Dimensión hueco para cajas tipo II en reserva 2ª configuración

Estantería convencional cajas tipo II		
	hueco	caja II
largo (m)	0,6500	0,6000
ancho (m)	1,0000	0,8000
alto (m)	0,8500	0,8000
volumen (m ³)	0,5525	0,3840

Por otro lado, ahora mostraremos el dimensionado de los huecos y formatos logísticos destinados a la zona de picking:

Tabla 41 - Dimensionado huecos para caja I en picking 2ª configuración

Estantería convencional cajas tipo I		
	hueco	caja I
largo (m)	0,4500	0,4000
ancho (m)	0,3500	0,3000
alto (m)	0,5000	0,4500
volumen (m ³)	0,0788	0,0540

Tabla 42 - Dimensionado hueco para cajas tipo II en picking 2ª configuración

Estantería convencional cajas tipo II		
	hueco	caja II
largo (m)	0,6500	0,6000
ancho (m)	0,9000	0,8000
alto (m)	0,5500	0,5000
volumen (m ³)	0,3218	0,2400

Como se puede observar, respecto a la primera configuración se han reducido los volúmenes de los formatos logísticos con tal de ajustarlos a los stocks almacenados, mejorando así la ocupación del hueco y por tanto, el aprovechamiento del espacio.

Como muestran las tablas, los huecos para paletas ocuparán un volumen de 1,482 metros cúbicos, mientras que para las cajas tipo I será de 0,0720 metros cúbicos y 0,3840 metros cúbicos.

De acuerdo con la política de gestión aleatoria establecida tanto en reserva como en picking, se procede a calcular los huecos necesarios para cada categoría de producto en ambas zonas de almacenamiento, de acuerdo con los nuevos formatos establecidos:

Tabla 43 - Huecos necesarios para zona de reserva 2ª configuración

Huecos zona de reserva			
Categorías	Stock medio por ref.	Ocupación media hueco	Número de huecos necesarios
Productos A Tipo I	0,07	0,96	3.738,00
Productos B Tipo I	0,04	0,57	3.196,00
Productos C Tipo I	0,01	0,11	6.286,00
Productos A Tipo II	0,93	2,43	27,00
Productos B Tipo II	0,75	1,96	286,00
Productos C Tipo II	0,28	0,73	130,00
Paletas A	2,14	1,94	942,00
Paletas B	1,09	0,99	208,00
Paletas C	0,62	0,56	7,00
Total			14.820,00

Tabla 44 - Huecos necesarios para zona de picking 2ª configuración

Huecos zona picking			
Categorías	Stock medio por ref.	Ocupación media hueco	Número de huecos necesarios
Productos A Tipo I	0,01	0,19	3.844,00
Productos B Tipo I	0,01	0,13	3.208,00
Productos C Tipo I	0,002	0,03	6.286,00
Productos A Tipo II	0,24	1,00	374,00
Productos B Tipo II	0,17	0,70	339,00
Productos C Tipo II	0,07	0,30	137,00
Total			14.188,00

Como podemos observar, aunque se han aumentado el número de huecos necesarios, se presenta una mucho mayor ocupación del hueco, por lo que podemos apreciar una gran mejoría respecto a la primera configuración.

Como muestran los datos, serán necesarios 14820 huecos para la zona de reserva, siendo 13220 para las cajas tipo I, 443 para las cajas tipo II y 1157 para paletas.

Por otro lado, se necesitarán 14188 huecos para la zona de picking, siendo 13338 para cajas tipo I y 850 para las cajas tipo II.

Al igual que en la primera configuración, se ha utilizado un coeficiente de seguridad del 10% para el cálculo de huecos.

5.3.4.1 Estanterías de la zona de reserva 2ª configuración

Ahora que conocemos los huecos necesarios para cada una de las zonas y categorías, se procede a calcular el número de estanterías necesarias y sus dimensiones para poder almacenar todas las referencias y conocer la superficie que ocuparán las estanterías en el almacén.

En primer lugar, presentaremos las dimensiones correspondientes a la zona de reserva:

Tabla 45 - Dimensionado estanterías para zona de reserva 2ª configuración

ZONA DE RESERVA				
Estantería convencional de paleta	nº alturas	10,0000	largo zona (m)	7,6500
	nº filas	13,0000	ancho zona (m)	18,2000
	nº columnas	9,0000	alto zona (m)	12,0000
	nº huecos	1.170,0000	superficie (m ²)	139,2300
Estantería convencional de cajas I	nº alturas	30,0000	largo zona (m)	5,8500
	nº filas	49,0000	ancho zona (m)	24,5000
	nº columnas	9,0000	alto zona (m)	10,5000
	nº huecos	13.230,0000	superficie (m ²)	143,3250
Estantería convencional de cajas II	nº alturas	13,0000	largo zona (m)	4,5500
	nº filas	5,0000	ancho zona (m)	5,0000
	nº columnas	7,0000	alto zona (m)	11,0500
	nº huecos	455,0000	superficie (m ²)	22,7500

Como se puede observar en la tabla, en la zona de reserva para esta configuración serán necesarias 13 estanterías de paletas de 10 alturas y 9 columnas, 49 estanterías de cajas tipo I con 30 alturas y 9 columnas y, por último 5 estanterías de cajas tipo II, de 13 alturas y 7 columnas cada una. En total las estanterías de la zona de reserva abarcan una superficie de 303,305 metros cuadrados, una medida notablemente inferior a la de la primera configuración.

Todos los cálculos para conocer las dimensiones de largo, ancho, alto y superficie de la zona han sido realizados de la misma manera que se explicó anteriormente en la primera configuración.

5.3.4.2 Estanterías de la zona de picking 2ª configuración

Una vez dimensionada la zona de reserva y, conociendo los huecos necesarios para la zona de picking, en la siguiente tabla se muestran los datos correspondientes a las dimensiones de esta:

Tabla 46 - Dimensionado estanterías para zona de picking 2ª configuración

ZONA DE PICKING				
Estantería convencional de cajas I	nº alturas	26,0000	largo zona (m)	4,5000
	nº filas	52,0000	ancho zona (m)	18,2000
	nº columnas	10,0000	alto zona (m)	13,0000
	nº huecos	13.520,0000	superficie (m ²)	81,9000
Estantería convencional de cajas II	nº alturas	22,0000	largo zona (m)	3,2500
	nº filas	8,0000	ancho zona (m)	7,2000
	nº columnas	5,0000	alto zona (m)	12,1000
	nº huecos	880,0000	superficie (m ²)	23,4000

Según los datos de la tabla, para el almacenamiento de las referencias en la zona de picking serán necesarias 52 estanterías para cajas tipo I, de 26 alturas y 10 columnas, y 8 estanterías de 22 alturas y 5 columnas cada una, por lo que, la superficie total que ocuparán las estanterías de esta zona será de 105,3 metros cuadrados, también notablemente inferior a la superficie requerida para la primera configuración.

5.3.4.3 Dimensionado de zona de expedición y recepción 2ª configuración

Los cálculos para el dimensionado de la superficie necesaria para las actividades de recepción y expedición no han sufrido ninguna variación respecto a la primera configuración (ver apartado 5.2.4.3), no obstante, dado que hemos conseguido reducir en gran parte la superficie necesaria para las zonas de almacenamiento, se ha decidido dejar más margen para posibles situaciones extraordinarias de actividad, por lo que:

Tabla 47 - Dimensionado zona expedición y recepción 2ª configuración

Coef. Var x Volumen total de ventas promedio	Nº Paletas	Nº Paletas act.	Superficie necesaria (m ²)	Superficie necesaria x2 (m ²)
148,10	70,13	71,00	68,16	136,32

5.3.5 Diseño en planta del almacén segunda configuración

Una vez decididos y calculados los nuevos parámetros del almacén en la segunda configuración, se muestra esta tabla resumen con la superficie destinada a las distintas estanterías, así como de la zona de expedición y recepción:

Tabla 48 - Superficie total almacén 2ª configuración

Superficie picking (m ²)	Superficie reserva (m ²)	Zona de carga y descarga (m ²)	Total almacén (m ²)
105,30	305,31	136,32	546,93

Como muestra la tabla, se necesitarán un total de 546,93 metros cuadrados de almacén que serán destinados a la colocación de las distintas estanterías en picking y reserva, junto con la zona que irá dedicada a la recepción y expedición de los pedidos, se puede apreciar una notoria reducción desde la primera configuración en la que necesitábamos 2.415 metros cuadrados para la misma actividad.

No obstante, estos datos no tienen en cuenta el resto de los elementos del almacén como son los pasillos entre cada estantería, zonas de libre circulación o la oficina administrativa que habrá en el almacén.

Se recuerda que, para esta configuración, los medios de manutención que vamos a utilizar necesitan de las siguientes anchuras de pasillo para poder operar correctamente:

Tabla 49 - Dimensión pasillos según medio de manutención 2ª configuración

Medios de manutención	Pasillo (m)
Carretilla trilateral	1,80
Carretilla recogepedidos	1,80
Transpaleta autopropulsada	1,80

En el siguiente plano se muestra la distribución en planta diseñada para esta segunda configuración:

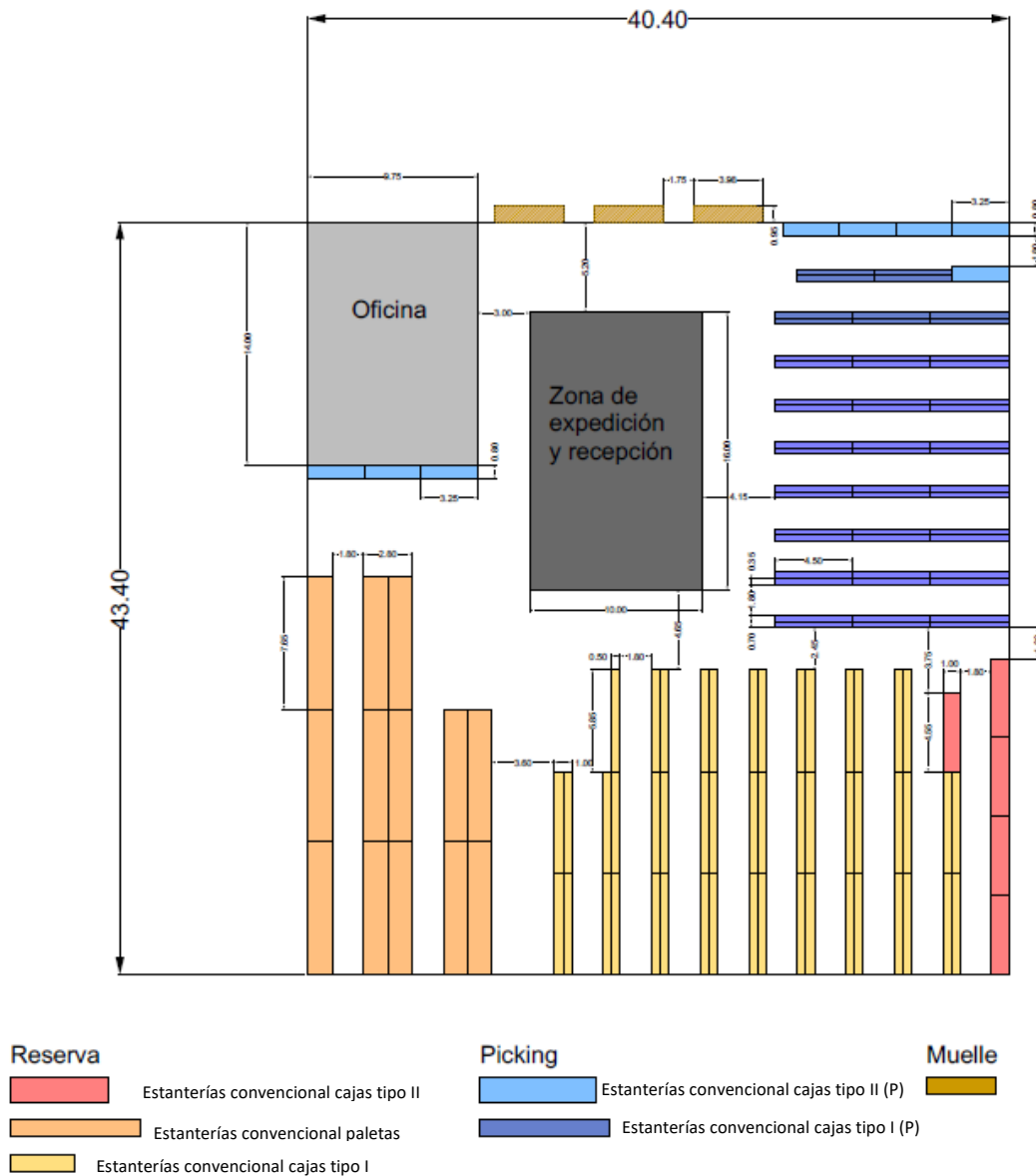


Ilustración 20 - Diseño en planta 2ª configuración

5.3.6 Análisis de costes e inversión

El análisis de costes e inversión del proyecto del almacén se va a efectuar de la misma manera que en la primera configuración, es decir, se valorarán los aspectos de:

- Instalación, equipamientos y servicios
- Medios de almacenamiento
- Medios de manutención
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía

Y se realizará mediante el método del descuento de flujo de caja (DFC) de manera que podamos comparar y evaluar los costes en formato anual, con tal de hacer una valoración más objetiva. Todos los tipos de costes, así como el método del DFC han sido explicados y brevemente desarrollados en el análisis de la primera configuración.

Procedemos a mostrar los costes correspondientes a cada categoría:

- Instalación, equipamientos y servicios

Tabla 50 - Costes de instalación, equipamiento y servicios generales 2ª configuración

	Uds	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave	1.753,36	470,00	824.079,20	20	5,101	161.552,48
Servicios generales	1.753,36	30,00	52.600,80	20	5,101	10.311,86
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5	3,058	114.453,89

- Medios de almacenamiento

Tabla 51 - Costes de medios de almacenamiento 2ª configuración

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estantería conv. paletas	1.157,00	20,00	23.140,00	10,00	4,34	5.333,03
Estantería conv. cajas tipo I	520,65	30,00	15.619,50	10,00	4,34	3.599,79
Estantería conv. cajas tipo II	48,75	30,00	1.462,50	10,00	4,34	337,06

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA MATERIAL DEPORTIVO CON 12.000 REFERENCIAS

- Medios de manutención

Tabla 52 - Costes de medios de manutención 2ª configuración

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla recogepedidos	6,00	50.000,00	300.000,00	10	4,339	69.140,35
Carretilla trilateral	1,00	100.000,00	100.000,00	10	4,339	23.046,78
Transpaleta Eléctrica	1,00	3.500,00	3.500,00	10	4,339	806,64

- Costes de personal

Tabla 53 - Costes de personal 2ª configuración

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe de almacén	1,00	30.000,00	30.000,00
Administrativo	1,00	20.000,00	20.000,00
Almacenero	4,00	18.000,00	72.000,00

- Mantenimiento y energía

Tabla 54 - Costes de mantenimiento y energía 2ª configuración

	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	30.350,00
Edificios e instalaciones	8.240,79
Gastos anuales de energía, iluminación y seguros	78.901,20

Después de desglosar todos los costes e inversiones en categorías, vamos a analizar el importe total de los costes anuales y la inversión total a realizar, para a continuación compararlo con los costes asociados a la primera configuración:

Tabla 55 - Costes e inversión total 2ª configuración

Coste anual total	628.073,88
Total inversión	1.670.402,00

En primer lugar, los costes que se han visto más reducidos han sido los de instalación de servicios generales y superficie, debido a que esta última se ha visto considerablemente disminuida, y hemos conseguido recortar costes en este aspecto, no solo eso, debido a la reducción del tamaño de hueco, asociada a un ajuste de los formatos logísticos para mejorar la ocupación de hueco, se han reducido los metros de balda y los huecos necesarios, con lo que hemos reducido también los costes relacionado con los medios de almacenamiento.

Por otro lado, hemos propuesto una mayor inversión en los medios de manutención, ya que se han optado por unos medios que, pese a ser más caros, se compensa con los costes que hemos reducido en superficie, ya que gracias a estos nuevos medios de mantención hemos podido trabajar a una mayor altura. Debido a la gran reducción de la superficie del almacén también se ha optado por contratar a un almacenero menos, por lo que también hay una ligera reducción de costes en este aspecto.

Observando los costes e inversión totales, se pueden apreciar la reducción de costes de manera global, ya que ambos se han reducido prácticamente a la mitad.

Una vez analizado todos los aspectos referentes a costes, podemos concluir en que hemos logrado una configuración mucho más económica en esta segunda iteración.

5.3.7 Análisis crítico y propuestas de mejora

Analizando la nueva configuración, se aprecian numerosas mejoras, todas comentadas y desarrolladas a lo largo de la propuesta de diseño de esta, como son una mayor ocupación de hueco y una drástica reducción de la superficie necesaria para el almacén, todo asociado a unos costes mucho menores a los de la primera configuración.

De cara a pensar en posibles mejoras para una tercera configuración, se ha decidido no automatizar los medios de almacenamiento, ya que con la combinación actual de medios de almacenamiento convencionales y los medios de manutención elegidos para la segunda configuración tenemos la productividad y eficiencia necesaria para cubrir toda la producción de manera eficiente.

Por todo esto, se ha optado por dar un nuevo enfoque a la política de gestión interna del almacén, lo que supondrá una modificación del perfil de inventario con tal de mejorar la eficiencia del almacenamiento.

Por otro lado, también se ha optado por introducir un nuevo formato logístico más pequeño para la zona de picking, ya que es donde se ha identificado un margen de mejora para la ocupación de hueco de las referencias de tipo I.

Ambas mejoras serán desarrolladas a continuación en la redacción de la tercera configuración.

Debido a que los cambios solo afectarán a estos campos que acabamos de mencionar, evitaremos la redundancia de volver a redactar aquellos apartados que no sufran modificación alguna.

5.4 Tercera configuración

Como acabamos de comentar, se propone una tercera configuración con el fin de tratar de mejorar las prestaciones del almacén, siempre buscando la mejor relación costes-eficiencia.

Para ello ajustaremos los formatos logísticos con el fin de mejorar la ocupación de hueco y cambiaremos la política de almacenamiento de stocks.

5.4.1 Perfil de inventario

Se ha decidido modificar la política de almacenamiento de stocks en el almacén con el fin de hacer más eficiente el funcionamiento del almacén.

Recordamos que el cálculo del stock mínimo de reserva consiste en la resta entre el stock mínimo de cada referencia y el stock máximo de picking, en un principio los valores negativos los convertimos en valores nulos con valor 0, ya que no tenía sentido mantener referencias en reserva con un stock mínimo inferior a la unidad.

En esta nueva configuración se ha decidido traspasar todo el stock de esas referencias a la zona de picking, ya que este valor negativo en los stocks mínimos de reserva son un indicativo de que esos productos no son necesarios en reserva, ya que la función de estos es reponer los stocks de picking.

Por otro lado, se ha introducido un formato logístico nuevo en la zona de picking, las características de este nuevo formato serán definidas y desarrolladas en el apartado correspondiente a la dimensión de las estanterías encargadas de almacenar este formato.

En base a esta nueva política, se presentan los nuevos perfiles de inventario:

Tabla 56 - Perfil de inventario para zona de reserva 3ª configuración

PERFIL DE INVENTARIO RESERVA					
Categorías	Smin Reserva (m ³)	Smin Reserva act. (m ³)	Smax Reserva (m ³)	Stock medio (m ³)	Referencias
Productos A Tipo I	104,31	104,31	317,78	211,05	3.398,00
Productos B Tipo I	37,07	38,04	125,81	81,93	2.175,00
Productos C Tipo I	12,65	14,61	43,54	29,07	4.747,00
Productos A Tipo II	4,01	4,01	9,50	6,76	8,00
Productos B Tipo II	37,86	38,39	108,22	73,30	104,00
Productos C Tipo II	7,59	8,98	32,88	20,93	95,00
Paletas A	387,83	387,83	1.253,12	820,47	428,00
Paletas B	51,57	53,48	208,51	131,00	189,00
Paletas C	-0,42	0,18	1,26	0,72	6,00
Total	642,47	649,82	2.100,64	1.375,23	11.150,00

Tabla 57 - Perfil de inventario para zona de picking 3ª configuración

PERFIL DE INVENTARIO PICKING				
Categorías	Smin Picking (m ³)	Smax Picking (m ³)	Stock medio (m ³)	Referencias
Productos A Tipo I	0,00	48,91	24,45	3.374,00
Productos B Tipo I	0,00	40,24	20,12	2.797,00
Productos C Tipo I	0,00	22,65	11,32	5.594,00
Productos A Tipo II	0,00	73,45	36,72	120,00
Productos B Tipo II	0,00	71,01	35,51	119,00
Productos C Tipo II	0,00	29,45	14,73	120,00
Productos A Tipo III	0,00	162,92	81,46	340,00
Productos B Tipo III	0,00	165,95	82,98	308,00
Productos C Tipo III	0,00	25,81	12,91	124,00
Total	0,00	640,39	320,19	12.896,00

Se puede apreciar observando las tablas que, como es lógico, se ha reducido el número de referencias que serán almacenadas en reserva, debido a aquellas que han pasado a formar únicamente parte de la zona picking, debido a esto, el total del volumen de producto almacenado a picking también ha aumentado, ya que se han actualizado los valores del stock máximo de picking de estas referencias al stock máximo que tenían anteriormente en reserva.

5.4.2 Medios de almacenamiento y manutención

Como se ha comentado al inicio de la configuración, se mantendrán los medios de manutención y almacenamiento seleccionados para la segunda configuración, es decir, estanterías convencionales de paletas y cajas en la zona de reserva, y estanterías de cajas para la zona de picking.

Se ha decidido no modificar los medios de almacenamiento ya que no hay volumen almacenado suficiente de las distintas referencias como para considerar estanterías compactas o de otro tipo.

Por otro lado, tampoco se ha decidido automatizar el almacén debido a que con los medios actuales hay capacidad sobrante para cubrir toda la producción, y gracias a los medios de manutención actuales se han podido levantar las estanterías a una mayor altura, con lo que se ha reducido un gran espacio.

Por ello, los medios de manutención también serán los mismos, y constarán de 6 carretillas recogepedidos, 1 carretilla trilateral y una transpaleta eléctrica autopropulsada como medio auxiliar, tal y como está calculado y desarrollado en el apartado 5.3.2.

5.4.3 Política de gestión de stocks en el almacén

Se realizará de la misma manera que se desarrolló para la segunda configuración:

Recepciones y descargas:

Este trabajo se realizará a lo largo de la mañana, durante las 4 horas disponibles para esta tarea, la cual será realizada con la transpaleta eléctrica autopropulsada, ideal para este tipo de trabajos. A raíz de la tabla conocemos que de media llegarán unos 95.48 metros cúbicos de producto al día: Para mantener un stock medio constante en el almacén, se supondrán por igual las entradas y las salidas de material.

Recepción a estanterías:

Tras la descarga de camiones, la mercancía se dispone en la zona de recepción para desempaquetar las paletas multi-referencia, para después ser transportada a su ubicación en el almacén. Para las cajas se emplearán las carretillas recogepedidos y para las paletas la transpaleta eléctrica autopropulsada, en ambos casos, serán almacenadas con el lado estrecho en el lado del pasillo para optimizar el espacio.

Transferencia de lotes de picking a reserva:

Para el abastecimiento de la zona de picking desde la reserva se empleará, igual que en el caso anterior, el carro recogepedidos para las cajas y para las paletas la acción combinada de la carretilla trilateral en acciones de altura y la transpaleta eléctrica como medio auxiliar para el desplazamiento entre zonas, almacenándose por el lado estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio

Preparación de las líneas de pedido:

Se emplearán las carretillas recoge pedidos, la carretilla trilateral y la transpaleta conforme se ha desarrollado en el apartado anterior

Expedición:

Se realizarán mediante la transpaleta eléctrica y la carretilla recoge pedidos.

5.4.4 Dimensionado del almacén 3ª configuración

Para esta tercera configuración hemos decidido mantener el formato de estanterías convencionales, como se ha mencionado en el apartado 5.4.2, por lo que para el dimensionamiento de las zonas de almacenamiento en picking y reserva, primero calcularemos los huecos necesarios, y el número de estanterías que necesitaremos para el almacenamiento del total de artículos.

Se mantiene una política de gestión aleatoria tanto en el área de picking como en la de reserva, debido al gran número de referencias que se deben almacenar.

Primeramente, se procede a calcular el número de huecos necesarios, en base a las políticas de gestión de almacén de las que hemos hablado anteriormente. Al igual que en la configuración anterior, las dimensiones de las estanterías son diferentes en picking y en reserva, puesto que se ha intentado ajustarlas al máximo para mejorar la ocupación del hueco y por tanto el aprovechamiento del espacio respecto a la primera iteración.

En la zona de reserva contamos con estanterías convencionales de paletas, estanterías convencionales de cajas tipo I y de cajas tipo II.

De esta forma, se han definido las siguientes dimensiones de hueco para las distintas estanterías en reserva, en primer lugar, mostraremos los parámetros de las estanterías que encontraremos en esta zona, respecto a la 2ª configuración solo se ha modificado el hueco destinado a las paletas, ya que debido a la nueva política de gestión de almacenamiento teníamos margen de mejora en la ocupación de los productos almacenados en este formato:

Tabla 58 - Dimensión estanterías de paletas reserva 3ª configuración

Estantería convencional paletas		
	hueco	paleta
largo (m)	0,8500	0,8000
ancho (m)	1,4000	1,2000
alto (m)	1,1000	1,0000
volumen (m ³)	1,3090	0,9600

Tabla 59 - Dimensión estanterías de cajas tipo I reserva 3ª configuración

Estantería convencional cajas tipo I		
	hueco	caja I
largo (m)	0,6500	0,6000
ancho (m)	0,5000	0,4000
alto (m)	0,3500	0,3000
volumen (m ³)	0,1138	0,0720

Tabla 60 - Dimensión estanterías de cajas tipo II reserva 3ª configuración

Estantería convencional cajas tipo II		
	hueco	caja II
largo (m)	0,6500	0,6000
ancho (m)	1,0000	0,8000
alto (m)	0,8500	0,8000
volumen (m ³)	0,5525	0,3840

Cabe destacar que, pese a que el volumen dedicado al almacenamiento de productos en paleta haya bajado a 0,96 metros cúbicos, se seguirán clasificando como referencias paletizables aquellas que vengan en un pedido del proveedor superior o igual a un volumen de 0,6 metros cúbicos.

Por otro lado, respecto a las estanterías de la zona picking, se ha introducido un nuevo tipo de estantería, destinada a almacenar el nuevo formato logístico de caja, respecto a la 2ª configuración, la caja tipo I (P) pasará a ser la caja tipo II (P) y la caja tipo II (P) pasará a ser la caja tipo III(P), por lo que el nuevo formato de caja será establecido como caja tipo I (P) y tendrá un volumen de 0,03 metros cúbicos, en la que irán las referencias con un volumen unitario inferior a este. Por otro lado, caja tipo III (antigua caja tipo II) ha sufrido una pequeña variación y su volumen ha variado desde 0,0288 metros cúbicos a 0,2784 metros cúbicos, con el fin de mejorar ligeramente la ocupación de hueco, como se mostrará a más adelante.

A continuación, se muestran los parámetros de los huecos y formatos logísticos de las distintas estanterías pertenecientes a la zona de picking:

Tabla 61 - Dimensión estanterías de cajas tipo I picking 3ª configuración

Estantería convencional cajas tipo I (P)		
	hueco	caja I
largo (m)	0,4500	0,4000
ancho (m)	0,4000	0,3000
alto (m)	0,3000	0,2500
volumen (m ³)	0,0540	0,0300

Tabla 62 - Dimensión estanterías de cajas tipo II picking 3ª configuración

Estantería convencional cajas tipo II (P)		
	hueco	caja I
largo (m)	0,4500	0,4000
ancho (m)	0,4000	0,3000
alto (m)	0,5000	0,4300
volumen (m ³)	0,0900	0,0516

Tabla 63 - Dimensión estanterías para cajas tipo III picking 3ª configuración

Estantería convencional cajas tipo III (P)		
	hueco	caja II
largo (m)	0,6500	0,6000
ancho (m)	0,9000	0,8000
alto (m)	0,6200	0,5800
volumen (m ³)	0,3627	0,2784

De acuerdo con la política de gestión aleatoria establecida, se procede a mostrar el cálculo correspondiente a los huecos necesarios en las estanterías de las diferentes categorías de productos, tanto en picking como en reserva, así como la ocupación media de hueco de cada una de estas:

Tabla 64 - Huecos necesarios para zona reserva 3ª configuración

Huecos zona de reserva			
Categorías	Stock medio por ref.	Ocupación media hueco	Número de huecos necesarios
Productos A Tipo I	0,06	0,86	3.738,00
Productos B Tipo I	0,04	0,52	2.393,00
Productos C Tipo I	0,01	0,09	5.222,00
Productos A Tipo II	0,84	2,20	27,00
Productos B Tipo II	0,70	1,84	229,00
Productos C Tipo II	0,22	0,57	105,00
Paletas A	1,92	2,00	942,00
Paletas B	0,69	0,72	208,00
Paletas C	0,12	0,11	7,00
Total			12.871,00

Tabla 65 - Huecos necesarios para zona picking 3ª configuración

Huecos zona picking			
Categorías	Stock medio por ref.	Ocupación media hueco	Número de huecos necesarios
Productos A Tipo I	0,01	0,24	3.712,00
Productos B Tipo I	0,01	0,24	3.077,00
Productos C Tipo I	0,00	0,07	6.154,00
Productos A Tipo II	0,31	5,93	792,00
Productos B Tipo II	0,30	5,78	786,00
Productos C Tipo II	0,12	2,38	396,00
Productos A Tipo III	0,24	0,86	374,00
Productos B Tipo III	0,27	0,97	339,00
Productos C Tipo III	0,10	0,37	137,00
Total			15.767,00

Se puede apreciar una mejoría sobre todo en la zona de picking respecto a la ocupación de hueco de los productos de tipo I, incluso llegando a doblarla, aunque esta siga siendo baja debido a la gran variabilidad de tamaño de las referencias, no se considera introducir formatos más pequeños.

También, en comparación a la segunda configuración, se observa la necesidad de un menor número de huecos en la zona de reserva debido a la nueva política de gestión de stocks, aunque esto también ha significado una mayor necesidad de número de huecos en la zona de picking donde, pese a esto, se ha reducido ligeramente la superficie necesaria debido a la introducción de los nuevos y más pequeños formatos de caja.

Como en las anteriores iteraciones, el coeficiente de seguridad aplicado al cálculo del número de huecos ha sido del 10%.

5.4.4.1 Estanterías zona de reserva 3ª configuración

Una vez mostradas las medidas correspondientes a los huecos de cada tipo de estantería y el cálculo de huecos necesarios para cada zona, se procede al dimensionado de la zona que será ocupada por las estanterías en la zona de reserva, como se muestra a continuación:

Tabla 66 - Estanterías zona de reserva 3ª configuración

ZONA DE RESERVA				
Estantería convencional de paleta	nº alturas	11,0000	largo zona (m)	7,6500
	nº filas	12,0000	ancho zona (m)	16,8000
	nº columnas	9,0000	alto zona (m)	12,1000
	nº huecos	1.188,0000	superficie (m ²)	128,5200
Estantería convencional de cajas I	nº alturas	38,0000	largo zona (m)	5,8500
	nº filas	34,0000	ancho zona (m)	17,0000
	nº columnas	9,0000	alto zona (m)	13,3000
	nº huecos	11.628,0000	superficie (m ²)	99,4500
Estantería convencional de cajas II	nº alturas	13,0000	largo zona (m)	4,5500
	nº filas	4,0000	ancho zona (m)	4,0000
	nº columnas	7,0000	alto zona (m)	11,0500
	nº huecos	364,0000	superficie (m ²)	18,2000

Para esta configuración serán necesarias 12 estanterías convencionales de paletas, con 9 columnas y 11 alturas cada una, por otro lado, habrá 34 estanterías convencionales de cajas I con 9 columnas y 38 alturas y, por último, tendremos 4 estanterías de cajas II las cuales contarán con 7 columnas y 13 alturas.

Atendiendo al sumatorio de las superficies necesarias para cada uno de los tipos de estanterías de esta zona, resulta en un total de 246,17 metros cuadrados, sensiblemente inferior a los 305 necesarios en la segunda configuración.

5.4.4.2 Estanterías zona de picking 3ª configuración

De la misma manera que hemos mostrado los parámetros correspondientes a las medidas de cada tipo de estantería, así como el número que habrá de cada una de ellas para la zona de reserva, se sigue el mismo procedimiento para la zona de picking:

Tabla 67 - Estanterías zona de picking 3ª configuración

ZONA DE PICKING				
Estantería convencional de cajas I	nº alturas	37,0000	largo zona (m)	4,5000
	nº filas	35,0000	ancho zona (m)	14,0000
	nº columnas	10,0000	alto zona (m)	11,1000
	nº huecos	12.950,0000	superficie (m ²)	63,0000
Estantería convencional de cajas II	nº alturas	22,0000	largo zona (m)	2,2500
	nº filas	18,0000	ancho zona (m)	7,2000
	nº columnas	5,0000	alto zona (m)	13,6400
	nº huecos	1.980,0000	superficie (m ²)	16,2000
Estantería convencional de cajas III	nº alturas	22,0000	largo zona (m)	3,2500
	nº filas	8,0000	ancho zona (m)	7,2000
	nº columnas	5,0000	alto zona (m)	13,6400
	nº huecos	880,0000	superficie (m ²)	23,4000

Como muestra la tabla, en esta configuración la zona de picking estará conformada por 35 estanterías de cajas tipo I, las cuales contarán con 10 columnas y 37 alturas cada una, además de 18 estanterías de cajas tipo II, donde cada una tendrá 22 alturas y 5 columnas, y, por último, 8 estanterías de cajas tipo III formadas por 5 columnas y 22 alturas.

Como se ha comentado antes, en esta configuración existen más huecos en la zona de picking respecto a las anteriores, debido a la nueva política de almacenamiento de stocks, pese a ello, podemos ver que en esta configuración las estanterías de esta zona ocuparán 102 metros cuadrados, una superficie menor a los 105 de la última iteración.

5.4.4.3 Dimensionado de zona de expedición y recepción 3ª configuración

Los cálculos para el dimensionado de la superficie necesaria para las actividades de recepción y expedición no han sufrido ninguna variación respecto a la segunda configuración (ver apartado 5.3.4.3), a continuación, mostramos los datos correspondientes:

Tabla 68 - Dimensión zona de expedición y recepción 3ª configuración

Coef. Var x Volumen total de ventas promedio	Nº Paletas	Nº Paletas act.	Superficie necesaria (m ²)	Superficie necesaria x2 (m ²)
148,10	70,13	71,00	68,16	136,32

5.4.5 Diseño en planta del almacén 3ª configuración

Una vez desarrollado y calculado el dimensionado de cada una de las áreas del almacén, procedemos a realizar el diseño de la distribución en planta al completo, aquí una tabla resumen con las dimensiones correspondientes a cada una de las áreas:

Tabla 69 - Dimensiones almacén 3ª configuración

Superficie picking (m ²)	Superficie reserva (m ²)	Zona de carga y descarga (m ²)	Total almacén (m ²)
102,60	246,17	136,32	485,09

Si comparamos los datos respecto a la segunda configuración, podemos comprobar que hemos conseguido reducir las dimensiones necesarias para las áreas del almacén, pasando de 546 metros cuadrados a 485 con esta nueva iteración. Esta reducción se ha visto en mayor medida en el área de reserva, donde hemos reducido bastante el espacio gracias a la nueva política de gestión de almacenamiento utilizada.

Cabe destacar que estos datos no tienen en cuenta el resto de los elementos del almacén como son los pasillos entre cada estantería, zonas de libre circulación o la oficina administrativa que habrá en el almacén.

Se recuerda que, para esta configuración, los medios de manutención que vamos a utilizar necesitan de las siguientes anchuras de pasillo para poder operar correctamente:

Tabla 70 - Dimensión pasillos según medio de manutención 3ª configuración

Medios de manutención	Pasillo (m)
Carretilla trilateral	1,80
Carretilla recogepedidos	1,80
Transpaleta autopropulsada	1,80

Con todos los datos disponibles, se muestra la distribución en planta de la tercera configuración:

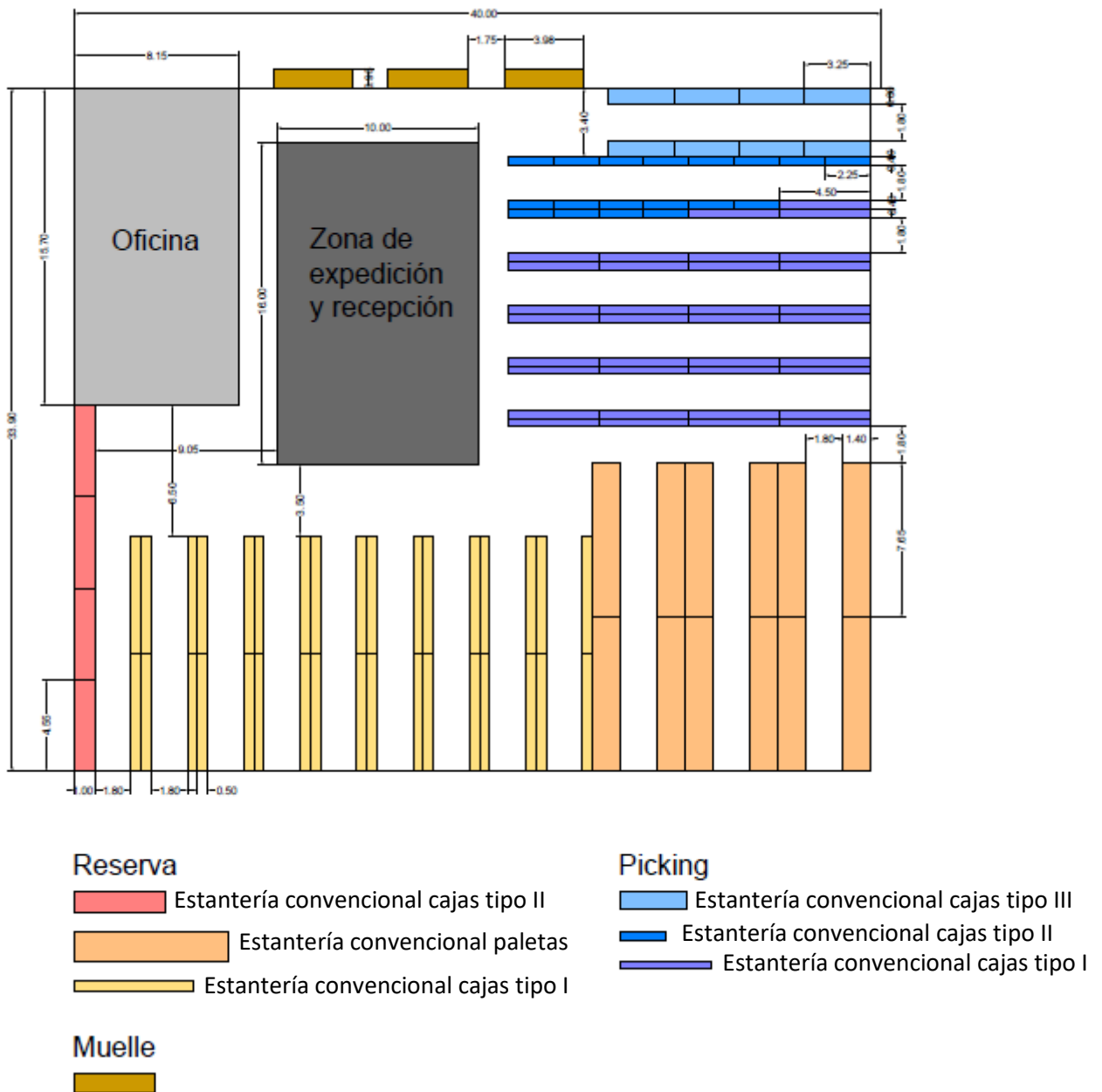


Ilustración 21 - Diseño en planta 3ª configuración

5.4.6 Análisis de costes e inversión 3ª configuración

El análisis de costes e inversión del proyecto del almacén se va a efectuar de la misma manera que en la primera configuración, es decir, se valorarán los aspectos de:

- Instalación, equipamientos y servicios
- Medios de almacenamiento
- Medios de manutención
- Coste de personal

- Mantenimiento y energía

Y se realizará mediante el método del descuento de flujo de caja (DFC) de manera que podamos comparar y evaluar los costes en formato anual, con tal de hacer una valoración más objetiva. Todos los tipos de costes, así como el método del DFC han sido explicados y brevemente desarrollados en el análisis de la primera configuración.

Procedemos a mostrar los costes correspondientes a cada categoría:

- Instalación, equipamientos y servicios

Tabla 71 - Costes de instalación, equipamiento y servicios 3ª configuración

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Superficie de la nave	1.356,00	470,00	637.320,00	20	5,101	124.940,21
Servicios generales	1.356,00	30,00	40.680,00	20	5,101	7.974,91
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1,00	350.000,00	350.000,00	5	3,058	114.453,89

- Medios de almacenamiento

Tabla 72 - Costes medios de almacenamiento 3ª configuración

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estantería conv. paletas	1.157,00	20,00	23.140,00	10,00	4,34	5.333,03
Estantería conv. cajas tipo I	356,40	30,00	10.692,00	10,00	4,34	2.464,16
Estantería conv. cajas tipo II	58,70	30,00	1.761,00	10,00	4,34	405,85
Estantería conv. cajas tipo III	71,50	30,00	2.145,00	10,00	4,34	494,35

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA MATERIAL DEPORTIVO CON 12.000 REFERENCIAS

- Medios de manutención

Tabla 73 - Costes medios de manutención 2ª configuración

	Uds.	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla recoge pedidos	6,00	50.000,00	300.000,00	10	4,339	69.140,35
Carretilla trilateral	1,00	100.000,00	100.000,00	10	4,339	23.046,78
Transpaleta Eléctrica	1,00	3.500,00	3.500,00	10	4,339	806,64

- Coste de personal

Tabla 74 - Costes de personal 3ª configuración

Cargo	Unidades	Sueldo anual (€/persona)	Total (€)
Jefe de almacén	1,00	30.000,00	30.000,00
Administrativo	1,00	20.000,00	20.000,00
Almacenero	4,00	18.000,00	72.000,00

- Mantenimiento y energía

Tabla 75 - Costes mantenimiento y energía

	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	30.350,00
Edificios e instalaciones	8.240,79
Gastos anuales de energía, iluminación y seguros	78.901,20

Una vez desglosados todos los costes en sus respectivas categorías, mostramos el valor total de la inversión, así como los costes totales anuales, con el fin de compararlos con los obtenidos en el resto de las configuraciones:

Tabla 76 - Costes e inversión total 3ª configuración

Coste anual total	568.309,03
Total inversión	1.467.093,00

Comparando los costes obtenidos con la anterior configuración, se confirma una disminución en los costes referentes a medios de almacenamiento, superficie e instalación y los costes de mantenimiento y energía, debido a la introducción de un nuevo formato logístico que nos ha permitido reducir el área de almacenamiento necesaria en el área de picking, además de la nueva metodología de funcionamiento que nos ha ayudado a reducir el espacio necesario para la zona de reserva. El resto de los costes no se han visto afectados respecto a la anterior iteración.

6. Solución adoptada

Tras haber estudiado las distintas configuraciones de almacén, donde hemos tomado diferentes decisiones en cada una de las cuales respecto a los distintos parámetros, ya sean los medios de manutención, de almacenamiento, decisiones de política gestión de stocks o formatos logísticos, entre otras, procederemos a realizar un estudio comparativo de los resultados económicos obtenidos de cada una de las configuraciones, con tal de hacer una comparación cuantitativa en este aspecto, y seleccionar así la mejor configuración para el almacén a nivel económico.

Para ello, se han recopilado los resultados referentes a costes anuales e inversión asociados a cada una de las diferentes configuraciones:

Tabla 77 - Comparativa resultados económicos de las configuraciones

	C1	C2	C3
Coste	1.054.408,21 €	628.073,88 €	568.309,03 €
Inversión	2.949.620,54 €	1.670.402,00 €	1.467.093,00 €

A continuación, un gráfico donde poder apreciar la comparativa de estos mismos datos de manera más visual:

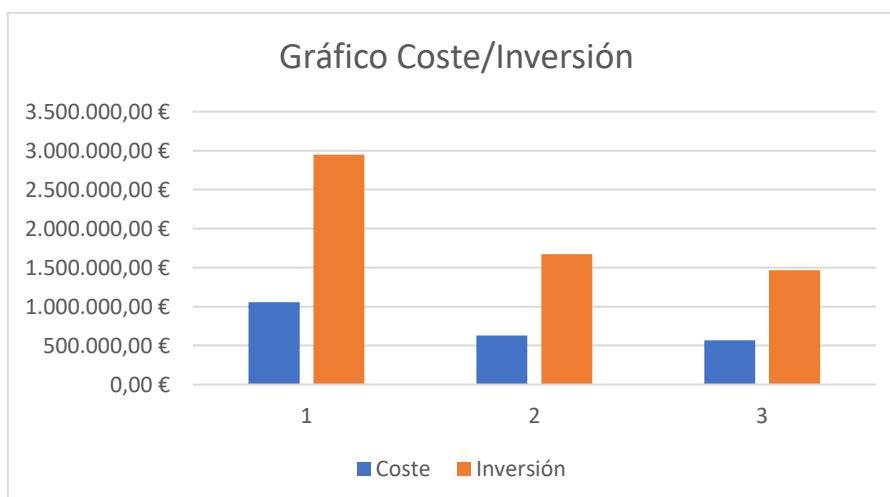


Gráfico 6 - Comparativa coste/inversión entre configuraciones

Se puede observar que la primera configuración es la que presenta no solo mayor coste de inversión, sino también de costes anuales, esto se debe a ser el modelo más básico, realizado partiendo de cero y con el principal objetivo de servir como guía para los próximos, por lo que era un resultado esperado el obtener los mayores costes en esta primera iteración.

En la segunda configuración ya podemos ver una amplia mejoría, sobre todo respecto a los costes de inversión, esto es debido a que, una vez realizada la primera configuración, pudimos identificar más fácilmente aquellos ámbitos donde poder ahorrar costes mediante la variación de ciertos parámetros, con lo que principalmente se consiguió una gran reducción en cuanto superficie necesaria, principal motivo de ahorro de costes.

Por último, se puede apreciar que no hay gran diferencia en cuanto a la segunda y tercera configuración en lo que a costes se refiere, debido a que la segunda era ya una configuración más competente y con menos margen de mejora, aun así, mediante cambios en la política de gestión de stocks y un ajuste aún mayor de los formatos logísticos, se consiguió reducir parte de la superficie necesaria, con el consiguiente ahorro, siendo esta última configuración la más eficiente y competente no solo respecto a costes, sino también a funcionamiento.

Por todo esto, el diseño propuesto y recomendado a la dirección de la empresa, sería la tercera de las configuraciones estudiadas, la cual conlleva unos costes anuales de 508.309€ y una inversión total de 1.467.093€.

Respecto al gráfico, recalcar que al no haber alcanzado el límite de Pareto, queda claro que se podría profundizar en mejores propuestas, puesto que en las tres configuraciones presentes, siempre una menor inversión ha repercutido en un ahorro de costes, todo debido a la mejora logística, es por esto que tampoco procede calcular el payback de las diferentes iteraciones.

7. Resumen y conclusiones

Una vez presentada y analizada la tercera iteración, vamos a realizar un análisis global sobre las configuraciones obtenidas a nivel cualitativo.

La primera configuración fue un diseño básico, con el único objetivo de servir de base para los demás, empleamos medios de manutención que necesitaban de pasillos anchos y se emplearon formatos logísticos de almacenamiento estándar, lo que nos ocasionó una muy baja ocupación de hueco en prácticamente todas las categorías de productos. Todo esto llevó al resultado de un almacén de dimensiones inmensas y con una ocupación de hueco muy baja, algo que servía de base y era verdaderamente fácil de mejorar.

Cara a la segunda configuración el principal objetivo era reducir la superficie necesaria, lo que perseguimos mediante dos caminos, por un lado, se introdujeron nuevos formatos logísticos que se acoplaban mejor a las dimensiones de los productos, por lo que también tuvimos que introducir nuevas categorías de productos en función de su tamaño para destinarlas a estos nuevos formatos, con esta decisión conseguimos mejorar notablemente la ocupación media del hueco en el almacén. Por otro lado, se optó por medios de manutención que no solo necesitaran de pasillos más estrechos, si no que eran capaces de alcanzar una altura mucho mayor, con lo que pudimos elevar las estanterías, y de esta forma conseguir reducir la superficie necesaria. Se puede considerar como un buen paso tras finalizar la primera iteración, puesto que conseguimos solucionar muchos de los problemas que identificamos al principio.

Por último, lo primero que se pensó acerca de una tercera configuración fue el introducir medios automatizados, decisión que, tras observar y pensar detenidamente, se decidió no llevar a cabo, ya que elevaba la complejidad, no solo del diseño y configuración, si no del funcionamiento de un almacén que tenía una capacidad de producción sobrante con los medios actuales, y, teniendo en cuenta la enorme variabilidad que existe entre los productos respecto a

dimensiones y stocks, no lo acabamos de ver una buena opción de cara a reducir costes. Por lo que se pensó en dar un paso adelante a nivel de política de funcionamiento, y se optó por almacenar únicamente en picking aquellas referencias que presentaran un stock mínimo de reserva negativo tras el cálculo correspondiente a este (ver apartado 5.4.1), esta decisión no se tomó anteriormente debido a que aumentaba la complejidad del diseño y del uso de los distintos datos, pero que finalmente en esta configuración decidimos adoptarla y, sin ninguna duda, fue una buena decisión, ya que se consiguió reducir notablemente la superficie de almacenamiento de la zona de reserva. Esto supuso un aumento del stock a almacenar en picking, por lo que, respecto a ello, se introdujo un nuevo formato logístico en esta área, con el que conseguir mejorar aún más la ocupación de hueco y contrarrestar este aumento de stock para almacenar, y así fue, en conclusión, en esta tercera configuración se ha conseguido reducir aún más la superficie del almacén, y de los costes correspondientes.

Por todo esto, se podría decir que elegiríamos la tercera configuración como propuesta de diseño final, después de haber analizado pros y contras de todas las iteraciones realizadas, y como ya se ha expuesto y explicado también en el apartado anterior.

En cuanto a nivel personal, elegí este proyecto porque me parecía interesante, me había gustado la asignatura y, sinceramente, no pensé que fuera de mucha complejidad. Efectivamente, me equivoqué rotundamente, me encontré frente a un proyecto con una multitud de problemas que abarcar, y decisiones que tomar, fue bastante duro lograr situarse y entender el trabajo de una forma global, estoy seguro de que mi tutor lo puede corroborar, puesto que sufrió conmigo aquella primera etapa de incertidumbre.

Una vez finalizada la memoria, y pese a los malos tragos, estoy feliz de haber elegido este proyecto de fin de grado, ya que ha supuesto un reto para mí, puesto que nunca antes me había enfrentado a un proyecto tan cercano a la realidad y que requiera de tanto trabajo y entendimiento de la materia, por lo que también considero que he aprendido mucho realizándolo, he de ahí mi satisfacción final.

Por supuesto quiero recalcar que, esta configuración no es la ideal y, seguro se podrían encontrar soluciones mejores, más completas y eficientes, que abarquen posibilidades que yo no he considerado o que, simplemente mejoren mi propio planteamiento, pero constaría de un trabajo de dimensiones mucho mayores si el objetivo fuera encontrar la configuración perfecta.

8. Bibliografía

Cardós Carboneras, M., 2018. *Medios de manutención*, Valencia: s.n.

Cardós Carboneras, M., 2019. *Medios de almacenamiento*, Valencia: s.n.

Cardós Carboneras, M., 2021. *Metodología iterativa de diseño*, s.l.: s.n.

Mecalux, 2020. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/blog/criterios-ubicacion-existencias-almacen#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20gesti%C3%B3n,los%20productos%20en%20ca da%20localizaci%C3%B3n>

[Último acceso: 28 Julio 2021].

Wikipedia, s.f. [En línea]

Available at: - https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_ABC

[Último acceso: 26 Junio 2021].

ANEXO 1: MEDIOS DE MANUTENCIÓN

Medios de manutención	Pasillo
Transpaleta manual	1.5 m
Carretilla contrapesada de 1 Tn	3.5 m
Carretilla retráctil de 1 Tn	2.7 m
Carretilla trilateral de pasillo estrecho de 1 Tn	1.8 m
Transpaleta eléctrica	1.8 m
Transpaleta Manual	1.5 m
Carretilla Recogepedidos	1.8 m
Transpaleta Recogepedidos sólo hasta 2º altura	2.5 m
Transelevador de palets *	1.8 m.
Miniload	0.8 m.

Tabla 4. Anchura de los pasillos

MOVIMIENTOS DE...	Carretillas contrapesadas	Carretillas retráctiles	Carretillas de pasillo estrecho	Transpaleta eléctrica	Transpaleta Manual
descarga de vehículo	25			25	15
Ubicación/recuperación a / desde estantería	22	20	30		
abastecimiento de picking desde almacén reserva	27	25			
desde/hacia las estaciones de abastecimiento de las carretillas de pasillo estrecho	32	30			
Carga de vehículo	25			25	15

Tabla 5. Tasas de actividad en otras actividades (palets/hora)

Equipo	Tasa de actividad
Cinta transportadora (o conveyor)	2.000 cajas / hora
Conveyor de palets	200 palets / hora
Miniload (o transelevador de cajas)	100 cajas / hora
Transelevador de palets	40 palets / hora
AGV (Automated guided vehicles)	35 palets por vehículo y hora
Dispensador (A-frame)	12.000 unidades / hora

Tabla 6. Tasas de actividad en equipamiento automático

ANEXO 2: PERSONAL

Tareas	Líneas de pedido por hora de operario
Picking desde estanterías (palets):	
- A pie, con carro recogepedidos de mano	50
- Con Transpaleta Recogepedidos sólo hasta 2ª altura	40
- Con Carretilla Recogepedidos	30
Picking desde baldas (cajas):	
- A carro recogepedidos	80
- A conveyor	150
Picking desde estanterías dinámicas (a conveyor):	200
- Si además es con sistema <i>pick to light</i>	300
Carrusel horizontal o vertical	150
Reabastecimiento	25% del tiempo de picking obtenido
Picking de pedidos agrupados	El doble de los ratios anteriores

Tabla 7. Tasas de actividad del personal de picking

Personal de Empaquetado

Asignar unos 4 m² por estación empaquetadora.

Personal de Mantenimiento

Para todas las soluciones que impliquen automatización, establecer las personas necesarias por turno de mantenimiento.

Costes de personal

Jefe de almacén 30.000 €/año

Administrativo 20.000 €/año

Almacenero 18.000 €/año

Jornada laboral: 8 horas, 5 días a la semana

ANEXO 3: EDIFICIO DEL ALMACÉN

Altura interior	€/m ²
Hasta 6 metros	340
6 – 8 metros	370
8 – 10 metros	410
10 – 12 metros	430
12 – 16 metros	470
16 – 20 metros	510

Tabla 8. Coste del edificio según la altura

La vida útil del edificio es de 20 años.

El acondicionamiento de las zonas exteriores al edificio (explanación, asfaltado, etc) se estima en 50 €/m².

La instalación de los servicios generales del edificio (calefacción, luz, agua...) se estima en 30 €/m².

ANEXO 4: COSTES DE EQUIPAMIENTO

Vehículo	COSTE (€)	Vida útil (años)
Transpaleta manual	300	10
Transpaleta eléctrica	3.500	10
Transpaleta Recogepedidos sólo hasta 2ª altura	11.000	10
Carretilla Recogepedidos con elevación hasta:		
- 6 m.	40.000	10
- 8 m.	50.000	10
- 10 m.	58.000	10
- 14 m.	65.000	10
Carretilla retractil de 1 Tn con elevación hasta:		
- 5.3 m.	20.000	10
- 6 m.	21.000	10
- 7 m.	22.000	10
- 8 m.	24.000	10
- 10 m.	30.000	10
Carretilla contrapesada de 1 Tn con elevación hasta:		
- 5 m.	15.000	10
- 6 m.	16.000	10
- 7 m.	17.000	10
Carretilla trilateral de pasillo estrecho de 1 Tn con elevación hasta 14 m	100.000	10

Tabla 9. Costes y vida útil de vehículos

ESTANTERIAS (10 años de vida útil)	COSTE (€/ubicación)
Estantería convencional para paletas	20
Estantería convencional para paletas de doble profundidad	22
Estantería compacta (drive-in)	30
Estantería de pasillo estrecho	30
Estantería de palets móvil autopropulsada	100
Estantería dinámica de palets	150
Estantería de cajas	30 € por metro de balda

Tabla 10. Costes de estanterías

OTROS EQUIPAMIENTOS	COSTE	Vida útil (años)
Jaulas con ruedas (915 x 915 x 1900)	150 €	5
Carro recogepedidos de mano	120 €	5
Plataformas de muelles	1.000 €	10
Elevadoras de muelles	7.500 €	10
Estantería dinámica de cajas	30 € / ubicación	10
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350.000 €	5

Tabla 11. Costes y vida útil de otros equipamientos

ANEXO 5: COSTES DE MANTENIMIENTO

Aplicar las siguientes reglas para estimar los costes de mantenimiento por tipo de activo:

- Equipamiento móvil: el 10% anual sobre el valor de la inversión.
- Edificios e instalaciones: el 1% anual sobre el valor de la inversión

Por otra parte, los gastos anuales de energía, iluminación, seguros y otros menores se estiman en 45 €/m² construido.

ANEXO 6: PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE COSTES

Para presentar una estimación de costes de capital invertido, estos costes deben convertirse a costes anuales que pueden ser evaluados de forma conjunta con todos los demás gastos anuales, como por ejemplo los costes de mano de obra.

Así, para que el interés del capital invertido sea tenido en cuenta se aplicará un descuento de flujo de caja (DFC) basado en una tasa de interés fijada en el 19%. En definitiva, simplemente se tomará uno de los siguientes factores de DFC según la vida útil del elemento:

Vida útil	DFC
4 años	2.639
5 años	3.058
10 años	4.339
20 años	5.101

Para convertir el importe de una inversión en el coste operativo anual equivalente, simplemente se dividirá por el factor correspondiente. Por ejemplo, una inversión de 120.000 € con una vida útil de 10 años supone

$$\text{Coste Anual} = \frac{120.000\text{€}}{4.339} = 27.656\text{€ / año}$$

Los costes se presentarán en forma de tabla, similar a la que sigue:

Concepto	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Carretilla contrapesada	6	20.000	120.000	10	4.339	27.656
Carretilleros	6	12.000				72.000
m ² Almacén	1.000	240	240.000	20	5.101	47.050
....						

ANEXO 7: DATOS DE PARTIDA DE STOCKS

familia	ref.	coste (€/ud)	venta (Uds./año)	volumen (l/ud)	plazo aprovi (días)	stock mínimo (semanas)	stock máximo (semanas)
G	1,00	1,53	10,00	0,01	18,00	1,00	3,00
C	2,00	0,00	192,00	72,68	6,00	2,00	7,00
B	3,00	0,25	391,00	0,62	4,00	5,00	9,00
G	4,00	0,00	490,00	105,00	21,00	3,00	5,00
H	5,00	0,00	1.128,00	2,95	24,00	1,00	5,00
F	6,00	17,45	1,00	8,72	24,00	3,00	5,00
C	7,00	0,00	134,00	94,88	4,00	1,00	3,00
H	8,00	9,57	1,00	0,01	15,00	4,00	6,00
A	9,00	5,22	95,00	0,48	4,00	3,00	5,00
C	10,00	0,04	353,00	10,53	5,00	1,00	3,00
E	11,00	2,28	845,00	2,04	11,00	2,00	4,00
C	12,00	0,02	142,00	0,78	5,00	2,00	4,00
F	13,00	0,37	83,00	1,54	26,00	4,00	6,00
H	14,00	0,69	1.326,00	0,01	14,00	4,00	6,00
H	15,00	1,73	1,00	0,59	19,00	1,00	3,00
D	16,00	9,89	645,00	0,62	6,00	3,00	6,00
F	17,00	46,40	6,00	0,25	20,00	4,00	6,00
H	18,00	0,05	1,00	0,01	26,00	3,00	5,00
F	19,00	106,60	99,00	10,53	17,00	4,00	6,00
H	20,00	0,43	1,00	0,01	23,00	1,00	4,00
A	21,00	0,40	92,00	0,06	6,00	4,00	6,00
C	22,00	0,15	329,00	105,00	9,00	4,00	6,00
G	23,00	0,00	3,00	0,01	23,00	1,00	3,00
A	24,00	22,53	73,00	0,22	6,00	2,00	5,00
C	25,00	54,21	205,00	12,21	9,00	1,00	3,00
G	26,00	0,30	33,00	0,01	21,00	3,00	6,00
H	27,00	0,59	305,00	0,01	8,00	1,00	4,00
H	28,00	6,12	1,00	0,01	23,00	2,00	4,00
F	29,00	65,13	148,00	1,44	16,00	2,00	5,00
H	30,00	0,00	5,00	0,25	21,00	3,00	5,00
B	31,00	0,89	394,00	0,44	2,00	1,00	4,00
F	32,00	10,82	24,00	0,27	28,00	3,00	6,00
C	33,00	2,23	18,00	33,50	5,00	2,00	4,00
G	34,00	0,54	42,00	0,01	20,00	3,00	5,00
F	35,00	80,70	76,00	0,01	34,00	1,00	8,00
E	36,00	0,31	99,00	0,04	12,00	2,00	4,00
A	37,00	15,02	146,00	0,17	6,00	1,00	5,00

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA MATERIAL DEPORTIVO CON 12.000
REFERENCIAS

H	38,00	0,99	156,00	3,85	25,00	1,00	3,00
C	39,00	0,00	309,00	82,91	5,00	1,00	3,00
B	40,00	43,60	261,00	0,20	6,00	2,00	6,00
B	41,00	5,26	279,00	0,26	4,00	3,00	5,00
F	42,00	30,47	55,00	9,08	13,00	1,00	4,00
C	43,00	0,69	177,00	105,00	8,00	1,00	4,00
F	44,00	44,51	48,00	0,53	22,00	1,00	4,00
F	45,00	157,68	619,00	0,17	20,00	3,00	5,00
H	46,00	0,00	12,00	0,02	20,00	1,00	8,00
H	47,00	0,00	1,00	0,02	22,00	5,00	7,00
F	48,00	256,01	19,00	18,43	15,00	1,00	3,00
E	49,00	0,24	49,00	0,12	7,00	3,00	5,00
C	50,00	5,13	160,00	103,90	7,00	2,00	4,00
H	51,00	0,01	1,00	0,25	18,00	3,00	5,00
F	52,00	57,81	24,00	0,02	18,00	1,00	5,00
F	53,00	92,40	8,00	19,37	19,00	1,00	3,00
C	54,00	0,04	190,00	72,83	8,00	2,00	4,00
H	55,00	0,01	726,00	3,67	21,00	1,00	3,00
H	56,00	0,12	1.224,00	0,79	18,00	3,00	8,00
F	57,00	35,00	21,00	11,61	23,00	2,00	7,00
C	58,00	0,00	148,00	39,74	11,00	1,00	3,00
A	59,00	55,83	88,00	0,25	8,00	1,00	7,00

ANEXO 8: DATOS DE PARTIDA PEDIDOS

día	líneas de pedido			Cantidades pedidas		
	Pallets	Cajas	Unidades	Pallets	Cajas	Unidades
1	8	378	1.597	32	378	6.388
2	4	346	1.351	8	1.038	4.053
3	1	142	943	2	852	2.829
4	0	273	1.080	0	1.092	3.240
5	3	444	1.323	6	1.332	2.646
6	0	339	960	0	339	960
7	0	437	1.067	0	874	4.268
8	16	146	1.408	48	292	2.816
9	7	215	1.459	42	645	7.295
10	2	410	1.317	10	410	3.951
11	1	184	1.087	5	736	2.174
12	1	206	1.343	5	1.442	6.715
13	0	176	1.472	0	176	8.832
14	2	214	1.718	8	428	12.026
15	0	259	1.310	0	518	5.240
16	11	436	1.494	33	436	5.976
17	0	185	1.408	0	185	4.224
18	21	414	1.227	105	828	3.681
19	0	1.069	1.140	0	1.069	7.980
20	0	370	1.217	0	740	3.651
21	1	332	1.268	5	996	5.072
22	0	216	1.127	0	216	9.016
23	1	239	1.320	7	478	5.280
24	1	292	1.532	4	584	10.724
25	1	875	1.002	5	4.375	1.002
26	0	801	1.310	0	801	7.860
27	0	43	1.366	0	43	1.366
28	6	112	1.009	12	336	4.036
29	0	167	1.462	0	668	2.924
30	0	223	1.398	0	223	4.194
31	0	334	1.211	0	334	1.211
32	2	503	1.360	14	1.509	9.520
33	1	196	1.702	3	196	6.808
34	1	87	1.541	4	174	1.541
35	9	241	908	45	241	5.448
36	0	309	1.325	0	1.545	5.300
37	2	133	1.254	2	399	7.524
38	7	589	1.399	21	1.178	8.394
39	2	572	1.181	2	1.144	1.181
40	20	214	1.520	80	642	6.080