



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

# **DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE ARTÍCULOS DE BAZAR**

AUTOR: JAIME QUEROL SOLER

TUTOR: MANUEL JAVIER CARDÓS CARBONERAS

Selección NOMBRE DEL COTUTOR

**Curso Académico: 2014-15**



# ÍNDICE

1.	Introducción .....	8
1.1.	Objetivo del proyecto.....	8
1.2.	Alcance del proyecto.....	8
1.3.	Descripción de la empresa y su actividad .....	9
2.	Análisis de los datos de actividad del almacén .....	10
2.1.	Niveles de inventario.....	10
2.1.1.	Volúmenes de venta por familia .....	10
2.1.2.	Nivel de stock por familia.....	11
2.2.	Preparación de pedidos .....	11
3.	Categorías de productos .....	13
3.1.	Familias.....	13
3.2.	ABC de ventas.....	13
3.3.	Productos obsoletos.....	14
3.4.	Formato logístico del proveedor.....	15
4.	Diseños propuestos de almacén .....	16
4.1.	Perfil de inventario.....	16
4.2.	Primera configuración .....	17
4.2.1.	Medios de almacenamiento.....	17
4.2.2.	Definir los medios de manutención .....	18
4.2.3.	Transporte de stock en el almacén .....	20
4.2.4.	Dimensionamiento del almacén.....	21
4.2.5.	Diseño en planta del almacén:.....	24
4.2.6.	Análisis de coste e inversión: .....	26
4.2.7.	Propuestas de mejora: .....	28
4.3.	Segunda configuración.....	29
4.3.1.	Medios de almacenamiento.....	29
4.3.2.	Medios de manutención .....	30
4.3.3.	Transporte de stock en el almacén .....	32
4.3.4.	Dimensionamiento del almacén.....	33
4.3.5.	Diseño en planta del almacén .....	39
4.3.6.	Análisis de coste e inversión .....	42
4.3.7.	Propuestas de mejora .....	45

4.4.	Tercera configuración .....	46
4.4.1.	Medios de almacenamiento.....	46
4.4.2.	Medios de manutención .....	47
4.4.3.	Transporte de stock en el almacén .....	50
4.4.4.	Dimensionamiento del almacén.....	51
4.4.5.	Diseño en planta del almacén .....	57
4.4.6.	Análisis de coste e inversión .....	59
4.4.7.	Propuestas de mejora .....	63
4.5.	Cuarta configuración .....	63
4.5.1.	Medios de almacenamiento.....	63
4.5.2.	Medios de manutención .....	63
4.5.3.	Transporte de stock en el almacén .....	65
4.5.4.	Dimensionamiento del almacén.....	66
4.5.5.	Diseño en planta del almacén .....	68
4.5.6.	Análisis de coste e inversión .....	70
5.	Solución adoptada.....	74
6.	Procedimientos operativos .....	76
7.	Resumen y conclusiones .....	78
8.	Bibliografía .....	80
	Anexo 1: Medios de manutención .....	81
	Anexo 2: Personal.....	82
	Anexo 3: Edificio del almacén .....	84
	Anexo 4: Costes de equipamiento .....	84
	Anexo 5: Costes de mantenimiento .....	86
	Anexo 6: Procedimiento para el cálculo de costes .....	86
	Anexo 7: Datos de partida de stock .....	87
	Anexo 8: Datos de partida de pedidos .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Tabla 1: Ventas anuales	10
Tabla 2: Volumen de ventas	10
Tabla 3: Volumen de stock	11
Tabla 4: Referencias obsoletas	15
Tabla 5: Número de referencias según el formato logístico	15
Tabla 6: Stock máximo y mínimo de picking y reserva	16
Tabla 7: Tabla actualizada stock máximo y mínimo de picking y reserva	17
Tabla 8: Referencias almacenadas en estantería de doble hueco	18
Tabla 9: Medios de manutención para el manejo de paletas	20
Tabla 10: Productividades necesarias	20
Tabla 11: Medios de manutención para el manejo de cajas y unidades	20
Tabla 12: Dimensión hueco de estantería convencional de paleta y doble hueco	21
Tabla 13: Dimensión hueco de estantería de cajas	22
Tabla 14: Huecos necesarios según el tipo de estantería	22
Tabla 15: Dimensionado de estantería convencional de paleta zona reserva	22
Tabla 16: Dimensionado de estantería convencional de doble hueco zona reserva	22
Tabla 17: Dimensionado estantería convencional de paleta zona picking	23
Tabla 18: Dimensionado estantería convencional de cajas zona picking	23
Tabla 19: dimensionado estantería convencional de cajas zona picking	23
Tabla 20: Coeficiente de variación de las ventas	24
Tabla 21: Cálculo de la superficie de la zona de recepción y expedición	24
Tabla 22: Superficie del almacén	24
Tabla 23: Pasillos según el medio de manutención	25
Tabla 24: Costes de instalaciones	26
Tabla 25: Costes de medios de almacenamiento	27
Tabla 26: Costes de medios de manutención	27
Tabla 27: Costes de personal	27
Tabla 28: Costes de mantenimiento y energía	27
Tabla 29: Costes de Hardware y equipamiento básico	28
Tabla 30: Resultados de coste e inversión primera configuración	28
Tabla 31: Referencias servidas en paletas mono-referencia	29
Tabla 32: Medios de almacenamiento de referencias servidas en paleta multi-referencia	30
Tabla 33: Estanterías zona reserva	30
Tabla 34: Medios de manutención para el manejo de paletas segunda configuración	31
Tabla 35: Medios de manutención para el manejo de paletas segunda configuración	31
Tabla 36: Medios de manutención para el manejo de cajas y unidades segunda configuración	32
Tabla 37: Resumen medios de manutención segunda configuración	32
Tabla 38: dimensión hueco estantería convencional de cajas tipo 1	33
Tabla 39: Dimensión de hueco de estantería convencional de caja tipo 2	34
Tabla 40: Dimensión de hueco de estantería convencional de paletas	34
Tabla 41: Dimensión hueco estantería doble hueco	35
Tabla 42: Dimensión hueco estantería compacta	35
Tabla 43: Resumen huecos zona picking y reserva segunda configuración	35
Tabla 44: Resumen huecos zona reserva segunda configuración	36
Tabla 45: Volumen de huecos de reserva segunda configuración	36
Tabla 46: Dimensionado estantería convencional caja tipo 1	36
Tabla 47: Dimensionado estantería convencional caja tipo 2	36

Tabla 48: Dimensionado estantería convencional de paletas	37
Tabla 49: Dimensionado estantería convencional de doble hueco	37
Tabla 50: Dimensionado estantería convencional compacta	37
Tabla 51: Superficie zona de almacenaje de reserva segunda configuración	37
Tabla 52: Huecos necesarios zona picking segunda configuración	38
Tabla 53: Volumen de huecos zona picking segunda configuración	38
Tabla 54: Dimensionado estantería convencional de caja tipo 1 picking	38
Tabla 55: Dimensionado estantería convencional de caja tipo 2 picking	38
Tabla 56: Dimensionado estantería convencional de paletas picking	39
Tabla 57: Superficie total de la zona de almacenaje de picking segunda configuración	39
Tabla 58: Superficie del almacén segunda configuración	40
Tabla 59: Pasillos según el medio de manutención segunda configuración	40
Tabla 60: Costes de instalaciones	42
Tabla 61: Costes de medios de almacenamiento	43
Tabla 62: Costes de medios de manutención	43
Tabla 63: Costes de personal	43
Tabla 64: Costes de mantenimiento y energía	44
Tabla 65: Costes de Hardware e instalaciones	44
Tabla 66: Resultados de coste e inversión segunda configuración	44
Tabla 67: Referencias según el tipo de estantería en la zona de reserva tercera configuración	47
Tabla 68: Número de referencias según el tipo de estantería en la zona de picking	47
Tabla 69: Medios de manutención para el manejo de paletas tercera configuración	48
Tabla 70: Medios de manutención para el manejo de paletas tercera configuración	49
Tabla 71: Medios de manutención automáticos tercera configuración	49
Tabla 72: Medios de manutención para el manejo de cajas tercera configuración	49
Tabla 73: Resumen de medios de manutención tercera configuración	50
Tabla 74: Dimensionado hueco de estantería convencional de cajas	51
Tabla 75: Dimensionado hueco de estantería convencional de paletas	52
Tabla 76: Dimensionado hueco de estantería convencional de doble hueco	52
Tabla 77: Dimensionado hueco de estantería convencional compacta	52
Tabla 78: Resumen de huecos necesarios de picking y reserva tercera configuración	53
Tabla 79: Huecos necesarios zona reserva tercera configuración	53
Tabla 80: Volumen de huecos zona reserva tercera configuración	54
Tabla 81: Dimensionado estantería convencional caja (A y B)	54
Tabla 82: Dimensionado estantería convencional de caja (C)	54
Tabla 83: Dimensionado estantería convencional de paleta	54
Tabla 84: Dimensionado estantería convencional de doble Hueco	54
Tabla 85: Dimensionado estantería convencional compacta	54
Tabla 86: Superficie de almacenaje total zona reserva tercera configuración	55
Tabla 87: Huecos necesarios zona picking tercera configuración	55
Tabla 88: Volumen de huecos zona picking tercera configuración	56
Tabla 89: Dimensionado estantería convencional caja (A y B)	56
Tabla 90: Dimensionado estantería convencional caja (C)	56
Tabla 91: Dimensionado estantería convencional de paletas	56
Tabla 92: Superficie de almacenaje total zona picking tercera configuración	56
Tabla 93: Superficie total del almacén tercera configuración	57
Tabla 94: Pasillos según el medio de manutención tercera configuración	57
Tabla 95: Costes de instalaciones	60
Tabla 96: Costes de medios de almacenamiento	60
Tabla 97: Coste de medios de manutención	61

<i>Tabla 98: Costes de personal</i>	61
<i>Tabla 99: Costes de mantenimiento y energía</i>	61
<i>Tabla 100: Costes de otros equipamientos</i>	62
<i>Tabla 101: Costes de instalaciones y equipo</i>	62
<i>Tabla 102: Resultados de coste e inversión</i>	62
<i>Tabla 103: Medios de manutención para el manejo de paletas cuarta configuración</i>	64
<i>Tabla 104: Medios de manutención de paletas cuarta configuración</i>	64
<i>Tabla 105: Medios de manutención para el manejo de cajas y unidades cuarta configuración</i>	64
<i>Tabla 106: Resumen medios de manutención cuarta configuración</i>	65
<i>Tabla 107: Resumen de huecos de picking y reserva cuarta configuración</i>	66
<i>Tabla 108: Dimensionado estantería convencional de caja (A y B)</i>	66
<i>Tabla 109: Huecos necesarios zona picking cuarta configuración</i>	67
<i>Tabla 110: Volumen de los huecos Zona picking cuarta configuración</i>	67
<i>Tabla 111: Dimensionado estantería convencional de caja (A y B)</i>	67
<i>Tabla 112: Dimensionado estantería convencional de caja (C)</i>	67
<i>Tabla 113: Dimensionado estantería convencional de paletas</i>	67
<i>Tabla 114: Volumen total de almacenaje zona picking cuarta configuración</i>	68
<i>Tabla 115: Superficie del almacén cuarta configuración</i>	68
<i>Tabla 116: Pasillos según el medio de manutención cuarta configuración</i>	69
<i>Tabla 117: Costes de instalaciones</i>	71
<i>Tabla 118: Costes de medios de almacenamiento</i>	71
<i>Tabla 119: Costes de medios de manutención</i>	71
<i>Tabla 120: Costes de personal</i>	72
<i>Tabla 121: Costes de mantenimiento y energía</i>	72
<i>Tabla 122: Costes de otros equipamientos</i>	72
<i>Tabla 123: Resultados de coste e inversión cuarta configuración</i>	72
<i>Tabla 124: Resumen de coste e inversión de las distintas configuraciones</i>	74
<i>Gráfico 1: Líneas de pedido de paletas pedidas en un año</i>	11
<i>Gráfico 2: Líneas de pedido de cajas pedidas en un año</i>	12
<i>Gráfico 3: Líneas de pedido de unidades pedidas en un año</i>	12
<i>Gráfico 4: Ley de Pareto</i>	13
<i>Gráfico 5: Modelo ABC de ventas</i>	14
<i>Gráfico 6: Diagrama de coste e inversión</i>	74
<i>Ilustración 1: Diseño en planta primera configuración</i>	25
<i>Ilustración 2: Diseño en planta de la segunda configuración</i>	41
<i>Ilustración 3: Diseño en planta tercera configuración</i>	58
<i>Ilustración 4: Diseño en planta de la cuarta configuración</i>	69





## 1. Introducción

Este apartado se compone del objetivo y alcance del proyecto así como de una pequeña descripción de la empresa y su actividad.

### 1.1. Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es el diseño de un centro de distribución para una serie de artículos tipo bazar que asegure el suministro de los artículos y cumpla con las restricciones impuestas por la dirección de una compañía.

Para la consecución del objetivo se van a estudiar una serie de configuraciones de almacén y posteriormente se va a elegir una entre ellas teniendo en cuenta los resultados económicos de inversión, coste y payback como criterios de selección. Para la elaboración de los diferentes diseños, se tomarán una serie de decisiones como, por ejemplo, decisiones relativas a la elección de medios de almacenamiento, medios de manutención o formato logístico entre otras.

Como punto de partida para el desarrollo del trabajo sobre la elaboración del diseño del almacén, se establece que la dirección de la compañía ha impuesto las siguientes restricciones:

- Superficie del almacén: el almacén que se requiere no puede superar nunca los 3000 metros cuadrados.
- Presupuesto: la dirección ha fijado una inversión máxima que el nuevo almacén no puede superar. La inversión máxima fijada es 1.500.000 euros.
- Política de servicio: el plazo máximo de servicio marcado por la dirección para servir a los clientes debe ser de 5 días, no pudiendo sobrepasar esta fecha para no incurrir en un retraso.
- Horas de dedicación: la dirección ha establecido por un lado que el tiempo de recepción, de almacenamiento y de reposición es de 4 horas diarias. Por otro lado, el tiempo de preparación de pedidos y expedición es de 4 horas diarias.

### 1.2. Alcance del proyecto

El presente trabajo se estructura en capítulos que abordan los siguientes aspectos:

- Análisis de datos de la actividad del almacén
- Características y atributos para el diseño del centro de distribución
- Perfiles de inventario para la zona de picking y la zona de reserva
- Selección de la unidad logística para la zona de picking y la zona de reserva, así como medios de almacenamiento aplicables
- Selección de los medios de almacenamiento más razonables y posterior dimensionado
- Definición del modelo de funcionamiento del centro de distribución asegurando la compatibilidad entre medios de almacenamiento, manutención y gestión

- Selección de los medios de manutención más adecuados
- Distribución en planta
- Estimación de costes operativos e inversión necesaria
- Valoración crítica de la configuración obtenida
- Búsqueda de alternativas que supongan una mejora
- Descripción de los procedimientos operativos de recepción, comprobación, almacenamiento, movimientos internos, reposición de picking, preparación de pedidos y expediciones
- Resumen y conclusiones

### **1.3. Descripción de la empresa y su actividad**

La empresa para quien se realiza el estudio tiene como principal actividad la venta al por mayor de artículos de papelería, recuerdos, cocina, viaje, regalos, plantas y herramientas a distintas empresas y autónomos.

Desde el comienzo de su actividad, la empresa dispone de unas instalaciones en un polígono que prometía ser uno de los mejores de la zona. Sin embargo, debido a la crisis económica de los últimos años, el polígono ha visto frenado considerablemente su crecimiento e importancia y esto ha provocado, por ejemplo, la paralización de unas obras que permitían la comunicación por carretera con las principales autovías de la zona. Por ello, y debido a que la compañía mejora año tras año sus resultados, la compañía ha decidido cambiar de ubicación su principal centro logístico y situarlo en uno de los mejores polígonos industriales de la región. De este modo, las nuevas instalaciones quedarían situadas en un emplazamiento más cercano a los principales clientes de la empresa aumentando la cobertura y reduciendo los plazos de aprovisionamiento, servicio y los costes de transporte.

Desde su fundación, sus miembros han centrado su esfuerzo en poner a disposición de los clientes un amplio y permanente stock de productos a precios muy competitivos, convirtiendo a la empresa en líder en su sector mayorista.

En su afán por evolucionar, adaptarse a los cambios y ofrecer los mejores servicios, la empresa amplió sus canales comerciales poniendo a disposición de sus clientes su página web, desde la cual, de forma cómoda y sencilla, podrán acceder a una gran selección de productos disponibles en sus instalaciones.

## 2. Análisis de los datos de actividad del almacén

### 2.1. Niveles de inventario

#### 2.1.1. Volúmenes de venta por familia

Primeramente, se ha realizado una tabla resumen con las unidades de venta anuales por familias de artículos:

Familia	Descripción	Ventas anuales (uds/año)
A	Recuerdos	262913
B	Papelería	477233
C	Cocina	778492
D	Viaje	343097
E	Regalos	772491
F	Plantas	16698
G	Herramientas	139531
<b>TOTAL</b>		<b>2790455</b>

**Tabla 1: Ventas anuales**

A continuación, se ha realizado una tabla resumen con los volúmenes de ventas por familia. Para ello, se ha calculado el volumen de ventas de cada referencia en los periodos de un año y una semana, multiplicando el volumen unitario de cada referencia por las unidades vendidas de esa referencia y se ha agrupado los volúmenes por familias de productos. El resultado obtenido es el siguiente:

Familia	Descripción	Nº de referencias por familia	Volumen de ventas al año (m <sup>3</sup> /año)	Volumen de ventas a la semana (m <sup>3</sup> /s)
A	Recuerdos	521	53,27	1,02
B	Papelería	457	181,52	3,49
C	Cocina	497	629,84	12,11
D	Viaje	454	1553,19	29,86
E	Regalos	695	373,53	7,01
F	Plantas	188	4,71	0,09
G	Herramientas	356	170,72	3,28
<b>TOTAL</b>		<b>3168</b>	<b>2966,78</b>	<b>57,05</b>

**Tabla 2: Volumen de ventas**

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la familia con el mayor volumen de ventas semanal es la familia D (viaje) y, por el contrario, que la familia con menor volumen de ventas semanal es la familia G (plantas).

Así pues, este análisis nos permite conocer el volumen de material que suponen las ventas por familia y, en definitiva, determinar qué tipo de productos se venden más y qué productos se venden menos.

### 2.1.2. Nivel de stock por familia

A continuación, se presenta la información relacionada con el stock máximo, mínimo y medio, de cada una de las familias. A partir de los valores de stock mínimo y de stock máximo, que se aportan como dato de partida en semanas, y de las ventas anuales, se calculan las unidades que supone ese stock mínimo y máximo. El tiempo en semanas de stock, en definitiva, no es más que la cobertura en semanas que representa ese stock. Multiplicar el dato de partida en semanas por el volumen unitario nos permite conocer el volumen en metros cúbicos que representa ese stock. Una vez obtenidos el stock mínimo y el stock máximo, el stock medio es la media de ambos valores.

Familia	Descripción	Stock mínimo (m <sup>3</sup> )	Stock máximo (m <sup>3</sup> )	Stock medio (m <sup>3</sup> )
A	Recuerdos	4,23	8,22	6,22
B	Papelería	16,90	32,20	24,55
C	Cocina	72,29	122,92	97,60
D	Viaje	132,58	243,13	187,86
E	Regalos	43,54	71,80	57,67
F	Plantas	0,8	1,16	0,99
G	Herramientas	24,42	37,04	30,73
<b>TOTAL</b>		<b>294,76</b>	<b>516,47</b>	<b>405,62</b>

Tabla 3: Volumen de stock

### 2.2. Preparación de pedidos

En este apartado, se presentan las líneas de pedido correspondientes a los pedidos realizados en un año, de paletas, de cajas y de unidades.

La siguiente gráfica muestra las líneas de pedido (LP) pedidas en paletas en un año:

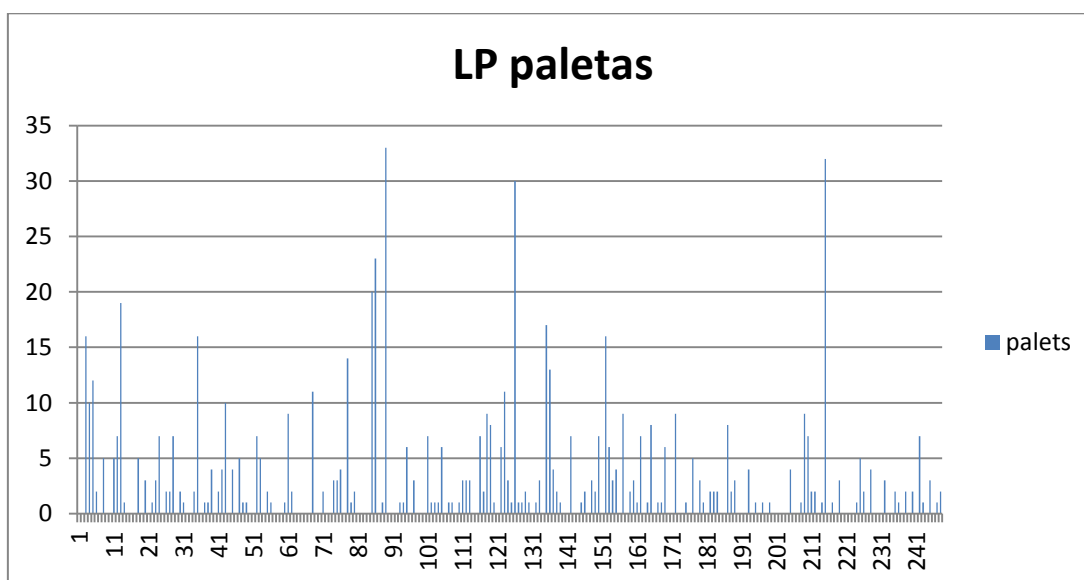
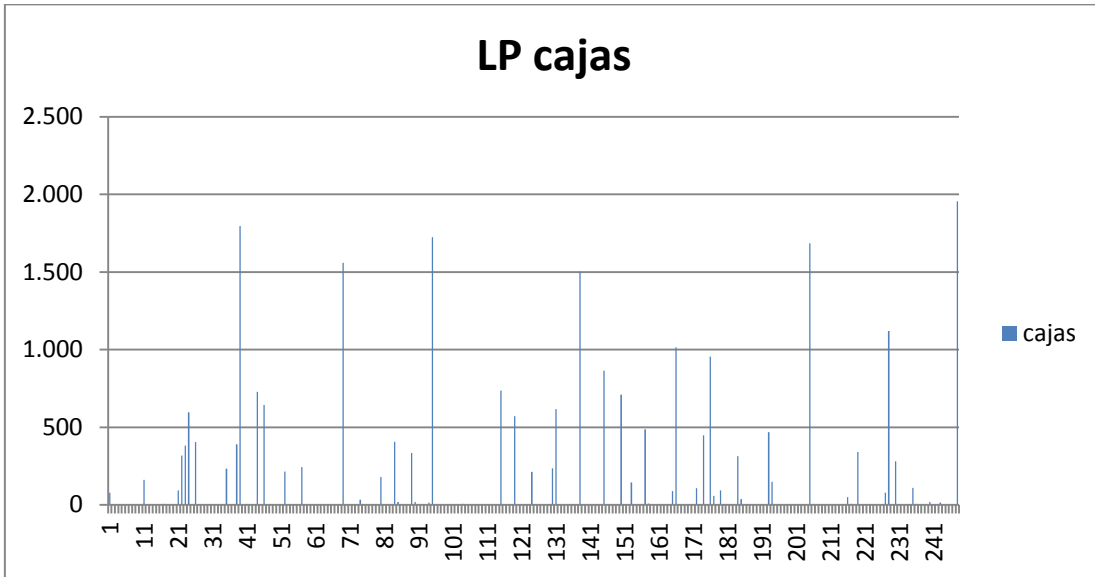


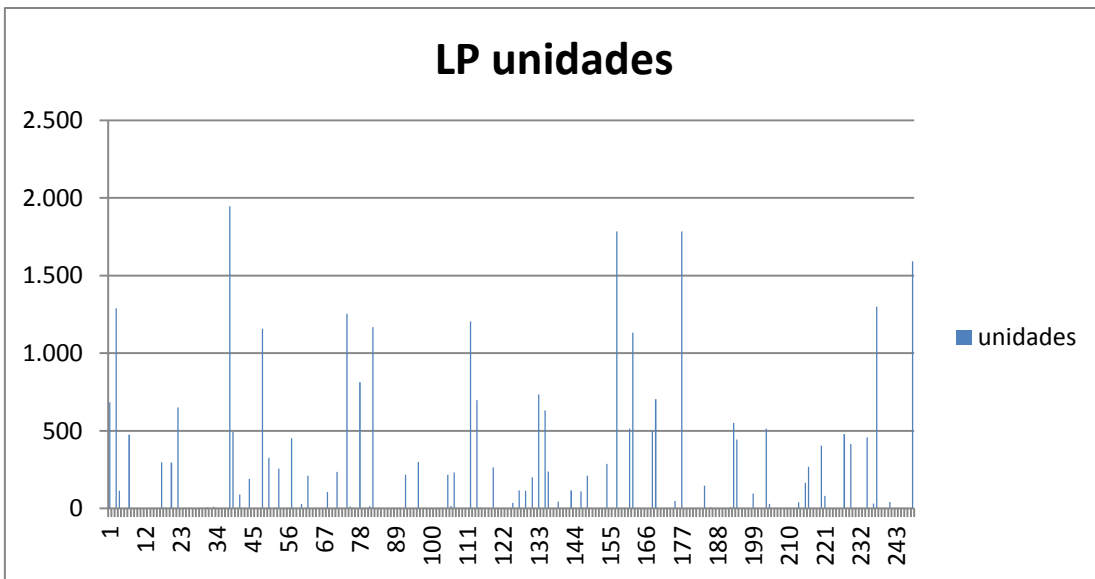
Gráfico 1: Líneas de pedido de paletas pedidas en un año

La siguiente gráfica muestra las líneas de pedido pedidas en cajas en un año:



**Gráfico 2: Líneas de pedido de cajas pedidas en un año**

La siguiente gráfica muestra las líneas de pedido pedidas en unidades en un año:



**Gráfico 3: Líneas de pedido de unidades pedidas en un año**

Como se observa, las LP se piden en formato paletas, cajas y unidades. De acuerdo a la política de servicio de la empresa, se tiene que servir en un máximo de 5 días todas las LP pedidas, sea en paletas, cajas o unidades. Posteriormente habrá que definir medios de manutención capaces de la preparación de estos tres tipos de formato.

### 3. Categorías de productos

Se agrupan los artículos según categorías de artículos homogéneos con el objetivo de simplificar la toma de decisiones en cuanto a la elección de los medios de almacenamiento, los medios de mantenimiento, formato o distribución en planta (layout).

Para poder identificar las categorías de artículos homogéneos que se van a considerar como base del estudio, se ha tenido en cuenta una serie de atributos relevantes (familia, actividad, modelo ABC,...)

#### 3.1. Familias

Las 3168 referencias que constituyen el stock, pertenecen a diferentes familias de productos. Las familias que constituyen los productos del almacén son las siguientes:

- Recuerdos
- Papelería
- Cocina
- Viaje
- Regalos
- Plantas
- Herramientas

El almacén se compone de 7 familias distintas de productos.

#### 3.2. ABC de ventas

La distribución ABC o ley de Pareto, permite clasificar las diferentes referencias que componen nuestras familias de artículos en 3 niveles de ventas:

Nivel A: supone el 20% de las referencias y el 80% de las ventas

Nivel B: supone el 40% de las referencias y el 15% de las ventas

Nivel C: supone el 40% de las referencias y el 5% de las ventas

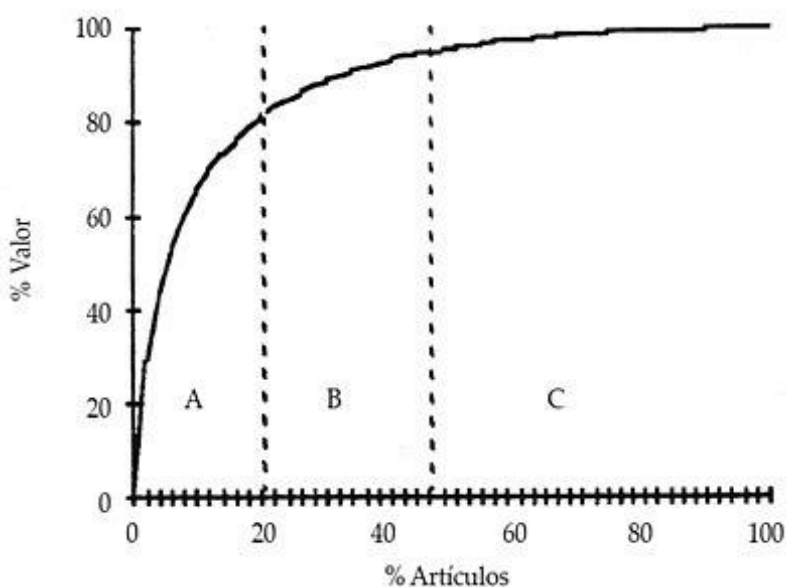
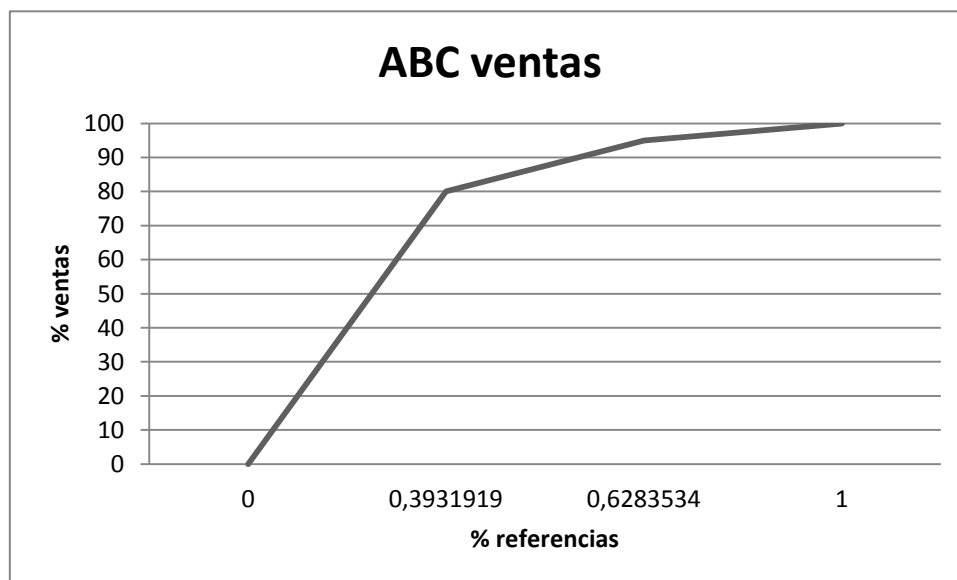


Gráfico 4: Ley de Pareto

Este análisis es muy útil para distinguir cuáles son los artículos que tienen más actividad o, por el contrario, tienen menos actividad y será de ayuda para posteriormente tomar decisiones a la hora del diseño final del almacén.

A continuación, se aplica este análisis de Pareto a los datos de partida. Los resultados son los siguientes:



**Gráfico 5: Modelo ABC de ventas**

A través de los datos obtenidos, se puede interpretar:

El 40% de las referencias del almacén suponen el 80% del volumen de ventas, tipo A.

El 23% de las referencias del almacén suponen el 15% del volumen de ventas, tipo B.

El 37% de las referencias del almacén suponen el 5% del volumen de ventas, tipo C.

Por tanto, los porcentajes obtenidos no encajan exactamente con los valores teóricos de la distribución de Pareto. Se observa una distribución 80/40, 15/23, 5/37, en lugar del teórico 80/20, 15/40, 5/40

Aunque los artículos tipo C sí que corresponden a los datos de la distribución teórica, observamos un mayor porcentaje de artículos tipo A que de tipo B. Esta variación se puede atribuir al artículo tipo bazar que se estudia. En artículos tipo bazar, se persigue tener un número elevado de artículos con ventas elevadas, y por el contrario, eliminar aquellos artículos de bajas ventas.

### 3.3. Productos obsoletos

Existen referencias cuyas ventas anuales son igual a 0. Probablemente, estas referencias se hayan quedado anticuadas respecto a otro producto sustitutivo y la empresa no se pudo deshacer a tiempo de todas sus existencias. Se dice que estas referencias están obsoletas. En la siguiente tabla se muestra el número de referencias cuyas ventas anuales son igual a 0 y se han considerado obsoletas:

	Nº de referencias
Producto obsoleto (ventas =0)	61

**Tabla 4: Referencias obsoletas**

Las referencias obsoletas implican un dinero inmovilizado que supone un coste al estar el producto almacenado en el almacén. Como solución para no perder dinero o al menos recuperar algo del valor del producto, primero se debe almacenar en medios que produzcan los costes más bajos posibles y segundo, proporcionar una salida a este tipo de producto a través de ofertas, precios más bajos para recuperar algo de la inversión.

### 3.4. Formato logístico del proveedor.

Se ha creído conveniente conocer la cantidad de material suministrada por los proveedores para el dimensionamiento del almacén, así como el formato logístico de los artículos (paleta mono-referencia o paleta multi-referencia).

Para conocer el formato logístico en el que suministra el proveedor, se ha calculado el volumen que se recibe de material de cada referencia. Para ello, simplemente se ha calculado la diferencia entre el stock mínimo y máximo de cada referencia expresada en semanas, ya que el punto de pedido corresponde al momento en el que se dispone del stock mínimo, multiplicado por las unidades vendidas en una semana, para conocer las unidades servidas por el proveedor para hacer frente a la demanda, y por último multiplicado por el volumen unitario en metros cúbicos. Una vez se pide al proveedor, éste suministra la cantidad de producto necesaria para alcanzar el stock máximo. Se ha decidido establecer en 1,248 m<sup>3</sup> el volumen de paleta de cada referencia y en 0,6 m<sup>3</sup> el volumen de media paleta, que constituye la frontera entre pedir paleta mono-referencia o pedir paleta multi-referencia. Una referencia cuyo volumen sea superior a 0,6 m<sup>3</sup> se servirá en paleta mono-referencia y una referencia cuyo volumen sea inferior a 0,6 m<sup>3</sup> se servirá en paleta multi-referencia con el objetivo de simplificar los movimientos y agilizar los transportes.

La siguiente tabla muestra el número de referencias servidas según el formato logístico:

Nº de referencias	Unidad logística
76	Paleta mono-referencia
3031	Paleta multi-referencia

**Tabla 5: Número de referencias según el formato logístico**

Estas referencias se recibirán en paleta mono-referencia que se almacenarán directamente. El resto de referencias, se entregarán en paleta multi-referencia y habrá que dedicar tiempo de mano de obra para desmontarlo y posteriormente almacenar cada caja.



## 4. Diseños propuestos de almacén

### 4.1. Perfil de inventario

Necesitamos conocer el volumen de almacenamiento de los artículos. Los datos de partida de stock mínimo y stock máximo vienen expresados en semanas. Este dato en semanas es el ratio de cobertura que se tiene de cada artículo teniendo en cuenta su demanda anual. El objetivo es conocer el volumen en metros cúbicos. Para ello, se obtiene el número de unidades necesarias mínimas y máximas para cubrir la demanda y posteriormente se multiplican esas unidades por el volumen unitario en litros. Por último dividiendo lo obtenido por 1000 obtenemos el volumen en metros cúbicos del stock mínimo y el stock máximo con el que posteriormente se trabajará.

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 días, para los artículos tipo B en 1,3 días y finalmente, para los artículos de tipo C en 2 días

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 para 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.

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

Familia	Descripción	Smin Picking (m <sup>3</sup> )	Smax Picking (m <sup>3</sup> )	Smin Reserva (m <sup>3</sup> )	Smax Reserva (m <sup>3</sup> )
A	Recuerdos	0	1,20	3,02	7,84
B	Papelería	0	2,79	14,11	32,04
C	Cocina	0	8,84	63,45	123,78
D	Viaje	0	26,55	106,04	240,76
E	Regalos	0	5,80	37,74	71,97
F	Plantas	0	0,17	0,63	1,26
G	Herramientas	0	3,42	20,99	37,98
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>48,78</b>	<b>245,98</b>	<b>514,63</b>

**Tabla 6: Stock máximo y mínimo de picking y reserva**

Los resultados obtenidos muestran que el stock máximo de picking es de 48,78 metros cúbicos, el stock mínimo de reserva es de 245,98 metros cúbicos y el stock máximo de reserva es de 514,63 metros cúbicos.

A continuación, se ha actualizado la tabla anterior, debido a que se obtienen valores negativos en el stock mínimo de reserva. El valor negativo se puede expresar como cuánto de nuestro volumen aún tendríamos que sacar de reserva y llevarlo a picking. Como no disponemos de dicho volumen físicamente dejaremos el volumen de reserva a cero. La tabla actualizada es la siguiente:

Familia	Descripción	Smin Picking actualizado (m <sup>3</sup> )	Smax Picking actualizado (m <sup>3</sup> )	Smin Reserva actualizado (m <sup>3</sup> )	Smax Reserva actualizado (m <sup>3</sup> )
A	Recuerdos	0	1,20	3,02	7,84
B	Papelería	0	2,79	14,11	32,04
C	Cocina	0	8,84	63,45	123,78
D	Viaje	0	26,55	106,04	240,76
E	Regalos	0	5,80	37,74	71,97
F	Plantas	0	0,17	0,63	1,26
G	Herramientas	0	3,42	20,99	37,98
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>48,78</b>	<b>246,21</b>	<b>514,63</b>

**Tabla 7: Tabla actualizada stock máximo y mínimo de picking y reserva**

Se observa un pequeño incremento en el total de stock mínimo de reserva al actualizar los valores. Estos valores definen finalmente el perfil de inventario del almacén.

## 4.2. Primera configuración

### 4.2.1. Medios de almacenamiento

Una vez definido el perfil de inventario del almacén, se toman decisiones para la elección de los medios de almacenamiento mediante un descarte de las opciones inviables y eligiendo en base a conjeturas relativas al stock, entre las opciones que sí son posibles y para cada referencia.

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

En el área de reserva hemos elegido un almacenamiento convencional: estanterías convencionales de paletas y convencionales de doble profundidad. Las estanterías compactas se han descartado, puesto que a primera vista, no disponemos de volúmenes grandes de stock de una sola referencia como para necesitar un gran volumen de almacenamiento.

Así pues, en la zona de reserva, aquellas referencias cuyo volumen máximo a almacenar es mayor o igual a 4 m<sup>3</sup> serán almacenadas en estanterías de doble hueco. Todas las demás referencias, se almacenarán en estanterías convencionales de paletas.

En esta tabla se muestran aquellas referencias que se ha decidido almacenar en estantería convencional de doble hueco, y las paletas equivalentes al volumen a almacenar:

Referencia	Familia	Smax reserva (m <sup>3</sup> )	Smax (paletas equivalentes)	Medio de almacenamiento
908	D	4,260892	3,41	doble hueco
2838	E	6,033950	4,83	doble hueco
2417	D	14,770653	11,84	doble hueco
1505	D	17,919486	14,36	doble hueco
2410	D	5,807086	4,65	doble hueco
422	D	5,549216	4,45	doble hueco

86	D	6,093153	4,88	doble hueco
1551	D	5,437837	4,36	doble hueco
1061	D	4,560957	3,65	doble hueco
888	D	8,075293	6,47	doble hueco
3101	D	6,039103	4,84	doble hueco
2964	D	8,517231	6,82	doble hueco
2079	D	11,267231	9,03	doble hueco
618	D	5,050097	4,05	doble hueco
541	D	4,423453	3,54	doble hueco
<b>TOTAL</b>		<b>113,8</b>	<b>91,19</b>	

**Tabla 8: Referencias almacenadas en estantería de doble hueco**

Se han obtenido un total de 15 referencias que se almacenarán en estanterías convencionales de doble hueco y el volumen total a almacenar suma 113,8 m<sup>3</sup>, que corresponden a 91,19 paletas equivalentes.

Todas las demás referencias, como se ha comentado anteriormente, se almacenarán en estanterías convencionales de paletas.

En la zona de picking se ha elegido estanterías convencionales, tanto de cajas como de paletas. Si el volumen máximo de stock de cada artículo a almacenar en la zona de picking es mayor o igual a 0,4 m<sup>3</sup>, estos artículos se almacenarán en estanterías convencionales de paletas, si no en estanterías convencionales de cajas. Nueve referencias se almacenan en estanterías de paleta y 3159 estanterías convencionales de cajas.

#### 4.2.2. Definir los medios de manutención

La primera configuración se ha resuelto de tal manera que tanto los medios de almacenamiento como los medios de manutención sean de tipo convencional. Es por ello que no se tendrán en cuenta medios de manutención automatizados y se buscarán soluciones de manutención convencionales.

Para la obtención de los medios de almacenamiento necesarios, se ha tenido en cuenta las dimensiones de las estanterías y su accesibilidad. En base a esto definimos para cada tipo de estantería, cuál es el medio de manutención más adecuado, intentando hacer coincidir el máximo número de medios entre ellas, para poder estandarizar el transporte de materiales.

Por otra parte, antes de la confección del almacén, hay que recordar que la dirección ha impuesto una política de servicio de los pedidos que no puede superar los 5 días desde que se recibe el pedido hasta que éste es servido.

Además, la empresa trabaja 4 horas por la mañana para la recepción de camiones y reposición del almacén y 4 horas por la tarde para la preparación de los pedidos y expedición de los mismos.

Cumpliendo con estas políticas marcadas por la dirección, lo primero ha sido realizar un estudio para conocer qué cantidad de líneas de pedido es necesario mover a la hora, para servir a los clientes dentro del plazo de los 50 días que marca la dirección.

En función de la productividad LP/hora calculada, es posible definir la cantidad de medios de manutención necesarios y cumplir con el plazo. En el cálculo de la productividad, teniendo en cuenta que cada formato logístico dispondrá de unos medios de manutención distintos, se ha diferenciado previamente entre el formato logístico de las líneas de pedido: paletas, cajas y unidades.

Se ha supuesto el mismo tiempo de preparación de las líneas de pedido para el formato logístico de cajas y unidades.

Transporte de paletas:

Según los datos de partida de líneas de pedido de paletas el pedido máximo en un día es de 33 paletas. Como primera aproximación, se ha propuesto calcular cual sería la productividad necesaria para servir este pedido en 5 días. De este modo si se tiene una capacidad suficiente para servir en cinco días el pedido con mayor número de paletas pedidas, seguro que todos los demás pedidos serán servidos a tiempo.

$$Productividad = \frac{33}{5} = 6,6 = 7 \text{ líneas de pedido/día}$$

Sin embargo, en el caso de acumular varios pedidos durante los 5 días que se prepara ese pedido, se incurre en un retraso y no será posible cumplir con el plazo máximo de 5 días. Aunque esta aproximación no es correcta, permite asegurar que la productividad necesaria es igual o mayor a la productividad estimada en la primera aproximación.

Con la idea de buscar una productividad suficiente para hacer frente a todos los pedidos, se ha propuesto realizar una tabla con las siguientes columnas y para todos los días del año:

-LP entra: hace referencia a las LP que se reciben como pedido un día.

-LP falta: hace referencia a las LP no servidas en el día anterior y que por lo tanto quedan pendientes para este día

-LP servidas: hace referencia a las LP servidas en el día y es igual a la productividad diaria

-LP entran + LP faltan

De esta forma se cuantifican las unidades que entran ese día más las unidades no servidas en los días anteriores y se obtiene la acumulación máxima que deberá servirse en 5 días como se ve a continuación:

$$Productividad = \frac{45}{5} = 9,2 = 9 \text{ líneas de pedido/día}$$

Es decir que serán necesarias preparar 9 líneas de pedido/día para servir en 5 días todos los pedidos. Se resuelve el problema de la primera aproximación, sin embargo no es posible saber a través de la tabla saber qué tipo de referencia es la que lleva retraso y en definitiva no se sabe si una referencia se retrasa más de 5 días.

Para resolver este problema se ha decidido comprobar a mano en los días de mayor acumulación que el servicio de las LP pedidas no se retrase más allá del quinto día desde que se recibe el pedido.

Tras una comprobación a mano se puede concluir que es necesaria la preparación de 9 líneas de pedido/día para poder servir las LP de paletas en un plazo máximo de 5 días.

Los medios que se han elegido para el manejo de paletas son los siguientes:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla contrapesada hasta 7 m	1	22	3	17000

**Tabla 9: Medios de manutención para el manejo de paletas**

Mediante una unidad de carretilla contrapesada, se dispone de una productividad de 22 LP/hora que es más que suficiente para servir a tiempo los pedidos de paletas. La carretilla contrapesada tiene capacidad de elevación hasta 7m de altura y permite realizar operaciones en altura.

Transporte de cajas y unidades:

Se ha estimado que el tiempo de preparación de las LP de cajas y unidades es el mismo. A continuación, se ha calculado de la misma forma que el apartado anterior las productividades necesarias para hacer frente a los pedidos en máximo de 5 días y no sufrir retrasos. La tabla siguiente muestra las productividades necesarias calculadas tanto de cajas como de paletas:

Prod.nec. LP/día de cajas	Prod.nec. LP/día de unidades	Total LP/día	Total LP/hora
400	450	850	213

**Tabla 10: Productividades necesarias**

La productividad necesaria para hacer frente a los pedidos y no incurrir en retrasos debe ser igual o mayor a 213 LP/hora. Los medios de manutención en este caso se muestran en la tabla siguiente:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos	3	240	213	150000

**Tabla 11: Medios de manutención para el manejo de cajas y unidades**

En conclusión, se dispone de una carretilla contrapesada con elevación hasta 7 metros que ofrece una productividad de 25 LPpalets/hora y de tres carretillas recogepedidos con una elevación hasta 8 metros que suman una productividad de 240 LPcajas+unidades/hora.

#### 4.2.3. Transporte de stock en el almacén

Recepción y descarga:

Esta tarea se lleva a cabo durante las cuatro primeras horas de la mañana. Se realizará mediante la carretilla contrapesada. Para el uso de la carretilla contrapesada para tareas de carga y descarga, las ruedas deben ser de tipo neumáticas. A partir de la tabla 2, se conoce que de media se esperan 11,41 metros cúbicos de producto diario. La productividad de este medio de manutención es de 25 LP/ hora, suficiente para realizar esta tarea por sí sola.

**Ubicación a estanterías:**

Tras la descarga, se procede por un lado a desempaquetar las paletas multi-referencia. Posteriormente se almacenan las cajas mediante los carros recogepedidos definidos para la preparación de pedidos en las estanterías convencionales de la zona de reserva. Por otro lado, se almacenan las paletas mono-referencia mediante la carretilla contrapesada que dispone de una productividad de 22 LP/hora suficiente para realizar esta tarea por sí sola. En ambos casos, las paletas se almacenarán con el lado de 1000mm hacia el pasillo para maximizar el espacio.

**Abastecimiento de picking desde reserva:**

El abastecimiento de picking desde reserva se realizará mediante los carros recogepedidos en el caso de cajas y mediante la carretilla contrapesada en el caso de paletas. De nuevo se almacenarán por el lado más estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio.

**Preparación de líneas de pedido:**

Se desarrollará a través de las carretillas recogepedidos para la preparación de cajas y unidades y a través la carretilla contrapesada para la preparación de paletas.

**Expedición:**

Se llevará a cabo mediante la carretilla contrapesada.

**4.2.4. Dimensionamiento del almacén**

Para dimensionar las zonas de almacenamiento de picking y reserva, es necesario calcular los huecos necesarios, y el número de estanterías necesarias para el almacenamiento de todos los artículos.

En esta primera configuración, la política de gestión del almacén se ha decidido como gestión fija en el área de Picking y de gestión aleatoria para el área de Reserva.

En primer lugar, se ha procedido al cálculo del número de huecos necesarios, teniendo en cuenta las políticas de gestión del almacén anteriormente expuestas. Se ha definido que el volumen de un hueco de estantería convencional de paleta y de estantería convencional de doble hueco es de 2,2275 m<sup>3</sup>. Por otro lado se ha definido el hueco de estantería convencional de cajas se ha trabajado para un hueco de 0,224 m<sup>3</sup>. A continuación se detallan las dimensiones del hueco de estantería convencional de paletas y de estantería convencional de doble hueco:

estantería convencional de paleta y doble hueco		
	hueco	paleta
largo (m)	1,1	1
ancho (m)	1,35	1,2
alto (m)	1,5	1,04
vol (m <sup>3</sup> )	2,2275	1,248

**Tabla 12: Dimensión hueco de estantería convencional de paleta y doble hueco**

Y el hueco de estantería convencional de cajas:

estantería convencional de cajas		
	hueco	caja
largo (m)	0,8	0,35
ancho (m)	0,7	0,5
alto (m)	0,4	0,35
vol (m <sup>3</sup> )	0,224	0,06125

**Tabla 13: Dimensión hueco de estantería de cajas**

Las dimensiones del hueco son algo mayores a las dimensiones de la paleta o de la caja con el objetivo de que haya una cierta holgura. Si se observa el largo del hueco de estantería convencional de cajas, es bastante mayor al largo de la caja. Esto se debe a que se ha decidido dejar un espacio adicional para depositar las unidades sueltas de cada referencia.

De acuerdo con la política establecida de gestión aleatoria en reserva y de gestión fija en picking, se han obtenido los huecos necesarios según el tipo de estantería como se muestra en la siguiente tabla:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona reserva	Estantería conv. paleta	3090
	Estantería conv. doble hueco	56
Zona picking	Estantería conv. paleta	72
	Estantería conv. cajas	3259

**Tabla 14: Huecos necesarios según el tipo de estantería**

En la zona de reserva, se obtiene un total de 3090 huecos necesarios de estanterías convencionales de paletas y 56 huecos necesarios de estanterías de doble fondo. En cuanto a la zona de picking se ha calculado 72 huecos necesarios de estantería convencional de paletas y 3259 huecos necesarios de estanterías convencionales de cajas.

#### 4.2.4.1. Dimensionado zona de reserva:

Una vez obtenido el número total de huecos necesarios, es posible calcular la superficie que ocupa la superficie de almacenaje de cada área del almacén.

El dimensionamiento de la zona de reserva se ha hecho de la siguiente manera:

Convencional de paleta	nº alturas	5	largo zona (m)	11
	nº filas	62	ancho zona (m)	83,7
	nº columnas	10	alto zona (m)	7,5
	huecos	3100	superficie (m <sup>2</sup> )	920,7

**Tabla 15: Dimensionado de estantería convencional de paleta zona reserva**

Convencional doble hueco	nº alturas	5	largo zona (m)	6,6
	nº filas	1	ancho zona (m)	2,7
	nº columnas	6	alto zona (m)	7,5
	huecos	60	superficie (m <sup>2</sup> )	17,82

**Tabla 16: Dimensionado de estantería convencional de doble hueco zona reserva**

Se han utilizado estanterías convencionales de paletas de 5 alturas y 10 columnas y estanterías de doble hueco de 5 alturas y 6 columnas. Por lo que son necesarias 62 estanterías convencionales de paletas y una sola estantería de doble hueco. Una vez definido el número de estanterías necesarias, se busca dimensionar esas estanterías. El largo de la zona se ha obtenido multiplicando el número de columnas por el largo del hueco, y el ancho de la zona resulta de la multiplicación del número de filas por el ancho del hueco. Multiplicando el largo de la zona por el ancho de la zona obtenemos la superficie que ocupan el total de las estanterías.

Finalmente, se ha obtenido un área total de estantería convencional de paleta de 920,7 metros cuadrados y un área de estantería convencional de doble hueco de 17,82 metros cuadrados. La suma de las áreas supone un área total de 938,52 metros cuadrados necesarios para el total de las estanterías del área de reserva del almacén.

#### 4.2.4.2. Dimensionado zona de Picking:

Del mismo modo se ha operado para dimensionar la zona de picking. A continuación se muestra los resultados obtenidos del cálculo del área de la zona de picking:

Convencional de paleta	nº alturas	5	largo zona (m)	3,3
	nº filas	5	ancho zona (m)	6,75
	nºcolumnas	3	alto zona (m)	7,5
	huecos	75	superficie (m <sup>2</sup> )	22,275

**Tabla 17: Dimensionado estantería convencional de paleta zona picking**

Convencional de cajas	nº alturas	20	largo zona (m)	8
	nº filas	15	ancho zona (m)	10,5
	nºcolumnas	10	alto zona (m)	8
	huecos	3000	superficie (m <sup>2</sup> )	84

**Tabla 18: Dimensionado estantería convencional de cajas zona picking**

Convencional de cajas	nº alturas	20	largo zona (m)	10,4
	nº filas	1	ancho zona (m)	0,7
	nºcolumnas	13	alto zona (m)	8
	huecos	260	superficie (m <sup>2</sup> )	7,28

**Tabla 19: dimensionado estantería convencional de cajas zona picking**

Se han utilizado estanterías convencionales de paleta de 5 alturas y 3 alturas, estanterías convencionales de cajas de 20 alturas y 10 columnas y una estantería convencional de cajas de 20 alturas y 13 columnas. El total de estanterías utilizadas han sido 5 estanterías convencionales de paleta, 1 estanterías convencionales de cajas de 20 alturas y 10 columnas y 1 estantería convencional de cajas de 20 alturas y 13 columnas.

A continuación se ha obtenido la superficie de las estanterías de la zona de picking:

- Se han obtenido 22,275 metros cuadrados de estanterías de paleta.
- Se han obtenido 84 metros cuadrados de estanterías convencionales de cajas de 20 alturas y 10 columnas.
- Se han obtenido 7,28 metros cuadrados de estantería convencional de cajas de 20 alturas y 13 columnas.

Finalmente se ha calculado el área total de las estanterías de la zona de picking que representa la suma de las tres superficies de estanterías anteriormente descritas. El área total calculada de picking es 106,275 metros cuadrados.



**4.2.4.3. Dimensionado de la zona de recepción y expedición:**

Las tareas de recepción y expedición se realizan en la misma zona y el espacio se supone el mismo puesto que estas tareas se desarrollan a distinta hora.

La dimensión de la zona de recepción y expedición es muy importante para el correcto funcionamiento de un almacén. Una insuficiencia de espacio en este área puede colapsar por completo el almacén. Es por ello que en esta área no se dispone del espacio exacto para almacenar los volúmenes de entrada y salida de materiales sino que se dispone de un margen en cuanto a superficie, con el fin de protegerse contra posibles eventualidades y en consecuencia, el colapso.

Para la obtención de la superficie del área de expedición y recepción, se ha operado de la siguiente manera:

En primer lugar se ha obtenido el volumen de ventas diario promedio de las referencias.

Después, se ha calculado el coeficiente de variación de las ventas de la siguiente manera:

Se ha calculado la desviación típica y la media de las ventas, el coeficiente de variación de las ventas representa el cociente entre la desviación típica y la media.

desv	0,07403247
media	0,01801
coef	4,11079024

**Tabla 20: Coeficiente de variación de las ventas**

Posteriormente se ha multiplicado el volumen promedio diario de ventas por el coeficiente de variación de las ventas puesto que el proveedor siempre sirve en el formato paleta, ya sea multi-referencia o mono-referencia, se ha dividido el valor obtenido previamente por el volumen de una paleta para conocer cuántas paletas se acumularán en el área puesto. Una vez redondeado al entero superior de paletas, se ha decidido multiplicar por 2 las paletas obtenidas para asegurarse de tener capacidad sobrante y nunca incurrir en un colapso en esta área. Después de estas operaciones se ha obtenido un número total de 76 paletas que multiplicado por las dimensiones del paleta (1x1,2m) se obtiene una superficie total de 91,2 metros cuadrados.

Coef*vol promedio ventas	Nº de paletas	Nº paletas actualizado	Nº paletas actualizado x2	Superficie final
46,906972	37,58	38	76	91,2

**Tabla 21: Cálculo de la superficie de la zona de recepción y expedición**

**4.2.5. Diseño en planta del almacén:**

Una vez obtenido el área de recepción y expedición, se ha finalizado por dimensionar la superficie de estanterías de picking, la superficie de estanterías de reserva y la zona de carga y descarga como se muestra en la siguiente tabla:

Superficie de picking (m <sup>2</sup> )	Superficie de reserva (m <sup>2</sup> )	Total picking + reserva (m <sup>2</sup> )	Zona recepción expedición(m <sup>2</sup> )	Total almacén (m <sup>2</sup> )
106,275	938,52	1044,795	91,2	1136

**Tabla 22: Superficie del almacén**

El volumen total de las zonas calculadas asciende a 1136 metros cuadrados. Sin embargo aún hay que tener en cuenta pasillos interiores de acuerdo con los medios de manutención seleccionados previamente (ver apartado 4.1.2) y otras zonas como, por ejemplo, una zona de administración.

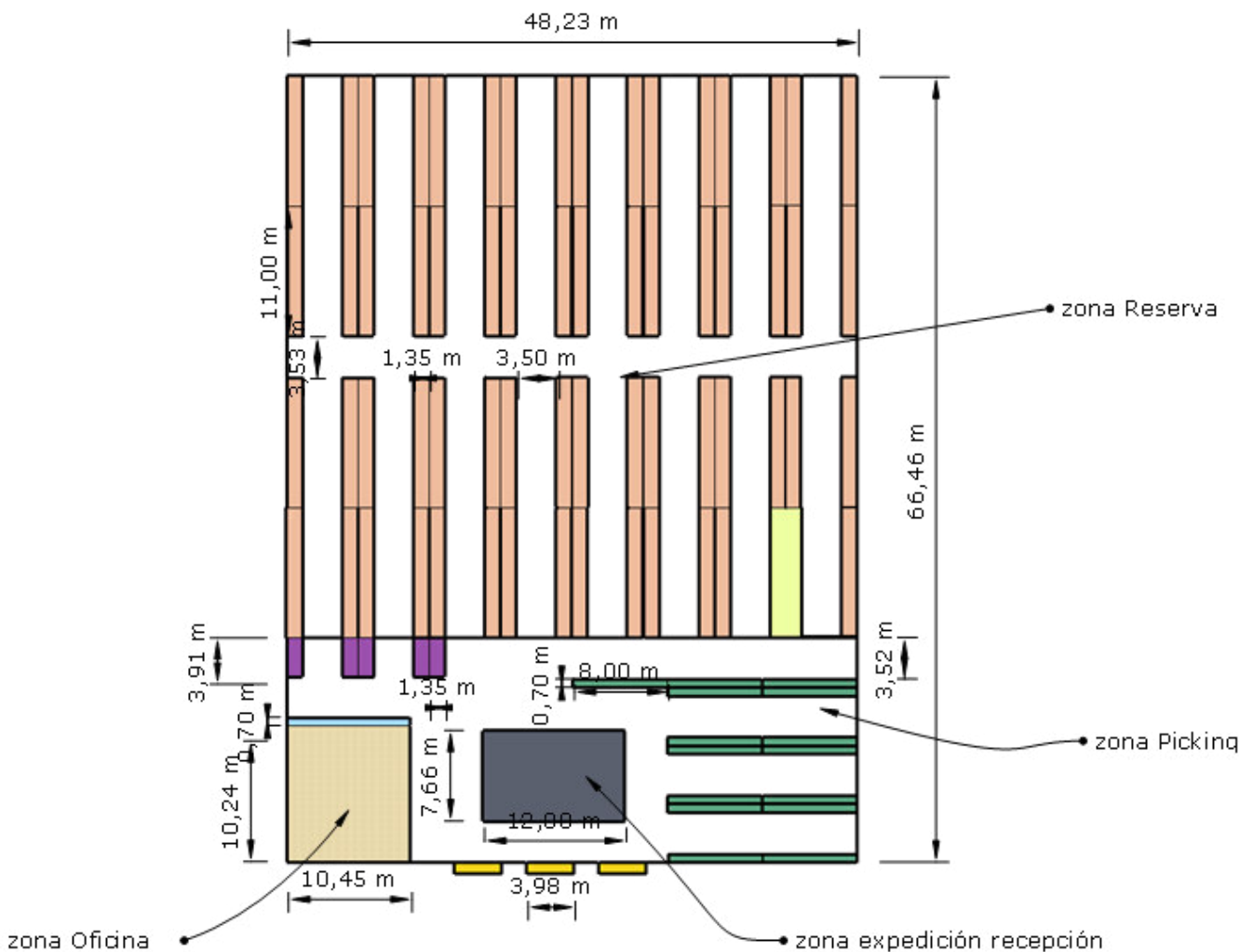
En la siguiente tabla se muestra las dimensiones necesarias de los pasillos interiores de acuerdo a los medios de manutención previamente seleccionados:

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

**Tabla 23: Pasillos según el medio de manutención**

A continuación, se ha realizado un diseño en planta detallado del almacén en el que se han tenido en cuenta los pasillos previamente definidos y otras zonas como se observa en la siguiente figura:

El almacén quedaría distribuido de esta manera. Se puede observar bien definidas cada una de las zonas anteriormente mencionadas como picking, reserva, recepción y expedición, administración y los pasillos internos del almacén. Se ha utilizado un color diferente para cada una de las estanterías definidas. De este modo, en cada zona, cada color corresponde a un tipo



**Ilustración 1: Diseño en planta primera configuración**

de estantería diferente:

Picking:

Verde → estantería convencional de cajas 20 alturas y 10 columnas

Violeta → estantería convencional paleta

Azul claro → estantería convencional de cajas 20 alturas y 13 columnas

Reserva:

Naranja → estantería convencional de paleta

Amarillo → estantería convencional doble hueco

Expedición y recepción

Gris oscuro → zona expedición recepción

Oro → muelles de carga

Administración:

Marrón claro → zona de administración

A través del diseño en planta del almacén ha sido posible disponer de una configuración visual del almacén, diseñar las distintas zonas, distinguir entre los diferentes tipos de estantería y finalmente cuantificar las dimensiones del almacén. De este modo, se ha estimado una superficie de almacén necesaria de 3205,3658 metros cuadrados totales integrados por cada una de las zonas y pasillos del almacén.

#### 4.2.6. Análisis de coste e inversión:

El análisis de coste e inversión sólo es posible realizarlo una vez definido todos los apartados anteriores. El cálculo de coste e inversión es imprescindible para cuantificar las decisiones tomadas anteriormente y posteriormente comparar los resultados respecto a otras decisiones para finalmente elegir la más adecuada.

Se ha dividido el análisis de coste e inversión en seis apartados:

- Instalaciones
- Medios de almacenamiento
- Medios de mantenimiento
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía
- Otros equipamientos

Para el cálculo del coste anual se ha empleado un método sencillo como el DFC. Los métodos de DCF determinan el valor actual de los flujos de fondos futuros descontándolos a una tasa que refleja el coste de capital aportado. Esto es necesario porque los flujos de fondos en diversos períodos no pueden ser comparados directamente puesto que no es lo mismo contar con una cantidad de dinero ahora que en el futuro.

- Instalaciones:

	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Superficie nave (m <sup>2</sup> )	3205,3658	370	1185985,35	20	5,101	232500,56
Servicios generales	3205,3608	30	96160,674	20	5,101	18851,34

**Tabla 24: Costes de instalaciones**

- Medios de almacenamiento:

	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Estantería conv. Paleta	3190	20	63800	10	4,339	14703,85
Estantería conv. caja	84	30	2520	10	4,339	580,78
Estantería conv. Doble hueco	60	22	1320	10	4,339	304,22

**Tabla 25: Costes de medios de almacenamiento**

- Medios de manutención:

	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Carretilla recogepedidos	3	50000	150000	10	4,339	34570,18
Carretilla contrapesada	1	17000	17000	10	4,339	3917,96

**Tabla 26: Costes de medios de manutención**

- Coste de personal

	cantidad	(€/año) por persona	Total (€/año)
Jefe de almacén	1	30000	30000
Administrativos	1	20000	20000
Almaceneros	4	18000	72000

**Tabla 27: Costes de personal**

- Mantenimiento y energía:

	Coste (€/año)
Equipamiento móvil	15000
Edificios e instalaciones	32,05
Gasto energético	144241,46

**Tabla 28: Costes de mantenimiento y energía**

- Otros equipamientos:

	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350000	5	4,339	114453,9

**Tabla 29: Costes de Hardware y equipamiento básico**

Tras calcular los costes e inversión imputables de cada uno de los apartados descritos anteriormente se obtiene un coste y una inversión total de:

	(€/año)
Coste	701156,3
Inversión	1866786

**Tabla 30: Resultados de coste e inversión primera configuración**

La obtención del coste e inversión anual permite cuantificar las decisiones tomadas anteriormente en el almacén. El resultado final es de 701156,3€ de coste anual y 1866786€ de inversión anual. A pesar de parecer algo elevado, no es posible determinar si las decisiones tomadas han sido acertadas o por el contrario equivocadas. Para poder afirmar que se trata de una buena o mala configuración, es necesario realizar varias configuraciones tomando distintas decisiones para posteriormente comparar los resultados entre sí.

#### 4.2.7. Propuestas de mejora:

Con el objetivo de mejorar la configuración que ha ocupado la primera fase del trabajo, se ha decidido observar detenidamente los resultados de coste e inversión.

Se ha observado aquellos apartados que han generado mayor coste y en consecuencia son aquellos con mayor margen de mejora. De este modo se ha destacado la superficie de la nave, estanterías convencionales de paleta y carretillas como principales generadores de coste. Se ha observado que una reducción del coste en estos apartados reducirá considerablemente también la inversión anual.

Se ha interpretado que las principales causas de la gran superficie calculada del almacén se deben a:

1º Bajo aprovechamiento de los huecos en la zona de reserva. Todas las estanterías de la zona de reserva son estanterías convencionales de paletas.

2º Utilización de carretillas que necesitan un pasillo ancho

En conclusión, en busca de obtener un menor coste e inversión anual del almacén, se ha creído oportuno proponer otras decisiones en base a reducir la superficie total del almacén que afectarán a los medios de almacenamiento de la zona de reserva y a los medios de manutención:

- Disminuir el número de estanterías de la zona de reserva.
- Aumentar el aprovechamiento de los huecos
  - Ajustar más el tamaño del hueco al formato logístico
  - Definir mayor variedad de estanterías
- Elección de otros medios de manutención de pasillos más estrechos.

### 4.3. Segunda configuración

Con el fin de mejorar los resultados anteriormente obtenidos, se propone una segunda configuración tomando decisiones distintas. Las propuestas de mejora afectan a los medios de almacenamiento en reserva y los medios de manutención del almacén con el fin de reducir las dimensiones del almacén y, en consecuencia, los resultados de la primera configuración.

#### 4.3.1. Medios de almacenamiento

Se toman las decisiones de la elección de los medios de almacenamiento mediante un descarte de las opciones inviables y eligiendo entre las opciones que sí son posibles y para cada referencia en base a conjeturas relativas al stock y el formato logístico del proveedor.

En esta segunda configuración se va a estudiar particularmente el área de reserva puesto que es en este área donde se han propuesto las principales propuestas de mejora. Se busca disminuir el número de estanterías necesarias y aumentar el aprovechamiento de los huecos respecto a la primera configuración, pero eligiendo siempre entre los distintos medios convencionales.

En el área de reserva, se ha decidido tener en cuenta el formato logístico del proveedor (ver apartado 3.4). De este modo, se ha tenido en cuenta si el formato logístico es paleta mono-referencia o paleta-multi-referencia para la posterior elección de estanterías. Aquellas referencias cuyo formato logístico es mono-referencia se ha decidido almacenarlas en estanterías convencionales de tipo: convencional de paleta, convencional doble hueco o compacta según el nivel máximo de stock. De este modo, aquellas referencias servidas en paletas mono-referencia son directamente almacenadas en formato paleta agilizando considerablemente las tareas de descarga, almacenamiento y transporte de la mercancía. Aquellas referencias servidas en paleta multi-referencia son almacenadas en estanterías convencionales de cajas con el objetivo de aumentar el aprovechamiento de los huecos y disminuir la superficie de almacenaje.

La siguiente tabla corresponde sólo a las referencias servidas en paleta mono-referencia y muestra el número de referencias y el stock máximo por cada tipo de estantería

Total referencias	Smax reserva (m <sup>3</sup> )	Smax (paletas equivalentes)	Medio de almacenamiento
61	106,51	85,35	Convencional paleta
12	69,85	55,97	Convencional doble hueco
3	43,96	35,22	Compacta

**Tabla 31: Referencias servidas en paletas mono-referencia**

Como se puede observar, de entre aquellas referencias que se han servido en paleta mono-referencia, 3 serán almacenadas en estantería compacta, 12 en estantería de doble hueco y 61 en estantería convencional de paleta.

A continuación se van a elegir estanterías para todas aquellas referencias que se suministran en paleta multi-referencia. Para almacenar estas referencias, se ha decidido almacenar aquellas referencias cuyo volumen máximo sea superior a 0,6 m<sup>3</sup> en estanterías convencionales de paletas, y todas aquellas referencias cuyo volumen sea inferior a 0,6 m<sup>3</sup> se almacenarán en estanterías convencionales de cajas.

Total referencias	Smax reserva (m <sup>3</sup> )	Smax (paletas equivalentes)	Medio de almacenamiento
2898	168,48	135	Convencional caja
115	125,83	100,83	Convencional paleta

**Tabla 32: Medios de almacenamiento de referencias servidas en paleta multi-referencia**

Se ha obtenido que 2898 referencias disponen de un stock máximo inferior a 0,6 m<sup>3</sup> y serán almacenadas en estanterías convencionales de cajas. Por otro lado, 115 referencias poseen un volumen máximo superior a 0,6 m<sup>3</sup> y serán almacenadas en estanterías convencionales de paletas.

Se puede comprobar que faltan 79 referencias para alcanzar el número total de referencias, que es de 3168. El motivo es que el stock máximo de reserva de estas referencias es igual a 0 puesto que el stock mínimo de reserva es negativo (ver apartado 4.1.2 para más información).

Resumiendo, se ha obtenido la siguiente tabla:

Total referencias	Smax reserva (m <sup>3</sup> )	Smax (paletas equivalentes)	Medio de almacenamiento
2899	168,48	135	Convencional de caja
175	232,34	186,18	Convencional de paleta
12	69,85	55,97	Convencional doble hueco
3	43,96	35,22	Compacta
<b>3089</b>	<b>514,63</b>	<b>412,37</b>	<b>TOTAL</b>

**Tabla 33: Estanterías zona reserva**

Finalmente, teniendo en cuenta el formato logístico del proveedor y el nivel de stock, se ha obtenido los medios de almacenamiento para cada referencia en la zona de reserva. La zona de reserva estará compuesta por estanterías convencionales de cajas, convencional de paleta, doble hueco y compacta con un volumen total a almacenar de 514,63 m<sup>3</sup>.

Como se ha comentado al comienzo de este apartado, la zona de picking no va a sufrir modificaciones.

#### 4.3.2. Medios de manutención

La elección de los medios de manutención de la segunda configuración se va a hacer del mismo modo que el de la primera configuración, es decir eligiendo respecto a medios de tipo convencional. Es por ello que no se tendrán en cuenta medios de manutención automatizados y se buscarán soluciones de manutención convencionales.

Al finalizar la primera configuración y destacar la superficie del almacén como principal generador de coste e inversión, se ha propuesto mejorar en este aspecto. Las soluciones propuestas han sido la elección de medios de manutención capaces de realizar sus actividades en pasillos más estrechos con el fin de minimizar el ancho de los pasillos y con ello la superficie de almacén.

Para la obtención de los medios de almacenamiento necesarios, se ha tenido en cuenta las dimensiones de las estanterías y su accesibilidad. En base a esto definimos para cada tipo de estantería cuál es el medio de manutención más adecuado, intentando hacer coincidir el máximo número de medios entre ellas para poder estandarizar el transporte de materiales.

De igual modo que en la primera configuración, la dirección de la empresa ha impuesto una política de servicio de los pedidos que no puede superar los 5 días desde que se recibe el pedido hasta que éste es servido.

Del mismo modo, la empresa trabaja 4 horas por la mañana para la recepción de camiones y reposición del almacén y 4 horas por la tarde para la preparación de los pedidos y expedición de los mismos.

Cumpliendo con estas políticas marcadas por la dirección, lo primero ha sido realizar un estudio para conocer qué cantidad de líneas de pedido era necesario mover a la hora, para servir a los clientes como muy tarde en los 5 días que marca la dirección.

En función de la productividad LP/hora calculada, es posible definir la cantidad de medios de manutención necesarios y cumplir con el plazo. Los datos obtenidos en la primera configuración son igual de válidos para esta segunda y no es necesario volver a realizarlos (ver apartado 4.2.2).

Con el fin de respetar el plazo máximo de servicio de 5 días, se ha calculado que es necesaria la preparación de 9 líneas de pedido/día de paletas.

En esta segunda configuración los medios elegidos para el manejo de paletas son los siguientes:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla retráctil (6m)	1	20	3	21000

**Tabla 34: Medios de manutención para el manejo de paletas segunda configuración**

Se ha decidido escoger una carretilla retráctil como medio de manutención para el transporte de paletas. Mediante una unidad de carretilla retráctil, se dispone de una productividad de 20 LP/hora, que es más que suficiente para servir a tiempo los pedidos de paletas. Se ha elegido una carretilla retráctil que permite realizar operaciones con paletas en altura con capacidad de elevación de 6 m de altura.

Sin embargo, debido al mástil, la carretilla retráctil no puede realizar tareas de carga y descarga de paletas. Por este motivo, ha sido necesario escoger una transpaleta manual para la realización de actividades de descarga y descarga de vehículos. Los datos de productividad de la transpaleta manual se exponen en la siguiente tabla:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Transpaleta manual	1	15	3	300

**Tabla 35: Medios de manutención para el manejo de paletas segunda configuración**

Transporte de cajas y unidades:



Respetando los mismos criterios seguidos en la primera configuración, se ha estimado que el tiempo de preparación de las LP de cajas y unidades es el mismo. La productividad necesaria para servir en un máximo de 5 días los pedidos no se ha visto afectada y es idéntica a la calculada para la primera configuración, es decir mayor o igual a 213 LP/hora. Los medios de manutención seleccionados en este caso se muestran en la tabla siguiente:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos(6m)	3	240	213	120000

**Tabla 36: Medios de manutención para el manejo de cajas y unidades segunda configuración**

Se han escogido 3 carretillas recogepedidos para realizar las operaciones en altura de los formatos de cajas y unidades. Son necesarias 3 carretillas recogepedidos cuya productividad suma 240 LP/hora para cubrir las 213LP/hora de operario necesarias y no incurrir en retrasos. A diferencia de la primera configuración, se han escogido 3 carretillas recogepedidos pero con una capacidad de elevación de 6 metros de acuerdo a las estanterías definidas para esta segunda configuración.

En la siguiente tabla se resumen los medios de manutención seleccionados para la segunda configuración:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos(6m)	3	240	213	120000
Carretilla retráctil(6m)	1	20	3	21000
Transpaleta manual	1	15		300

**Tabla 37: Resumen medios de manutención segunda configuración**

En conclusión, los medios de manutención seleccionados en la segunda configuración son 3 carretillas recogepedidos con elevación hasta 6 metros, 1 carretilla retráctil con elevación hasta 6 metros y 1 transpaleta manual. La carretilla recogepedidos se empleará para actividades en altura con cajas y unidades, la carretilla retráctil se empleará para actividades en altura con paletas y la transpaleta manual se empleará para la carga y descarga de vehículos puesto que la carretilla retráctil no puede realizar esta función. La elección de carretillas recogepedidos con elevación hasta 6 metros ha supuesto un ahorro respecto a la primera configuración como se verá posteriormente.

#### 4.3.3. Transporte de stock en el almacén

Recepción y descarga:

Esta tarea se lleva a cabo durante las cuatro primeras horas de la mañana. Se realizará mediante la transpaleta manual. A partir de la tabla 2, se conoce que de media se espera la salida de 11,41 m<sup>3</sup> de producto diario. La entrada y salida de material se suponen iguales para mantener un stock de media constante en el almacén.

**Ubicación a estanterías:**

Tras la descarga, se procede por un lado a desempaquetar las paletas multi-referencia. Posteriormente se almacenan las cajas mediante los carros recogepedidos definidos para la preparación de pedidos en las estanterías convencionales de cajas de la zona de reserva. El lado estrecho de la caja se dispondrá frente al pasillo para maximizar el espacio. Por otro lado, se almacenan las paletas mono-referencia mediante la carretilla retráctil. Si la estantería es convencional de paleta o de doble hueco, las paletas se almacenarán con el lado estrecho 1000 mm hacia el pasillo para maximizar el espacio. Si la estantería es compacta, las paletas se dispondrán con el lado 1200 mm frente al pasillo.

**Abastecimiento de picking desde reserva:**

El abastecimiento de picking desde reserva se realizará mediante los carros recogepedidos en el caso de cajas y mediante la carretilla retráctil en el caso de paletas. En picking, se almacenarán por el lado más estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio.

**Preparación de líneas de pedido:**

Se desarrollará a través las carretillas recogepedidos para cajas y unidades y a través la carretilla retráctil y transpaleta manual para el formato paleta.

**Expedición:**

Se llevará a cabo mediante la transpaleta manual y carretillas recogepedidos.

**4.3.4. Dimensionamiento del almacén**

Para dimensionar las zonas de almacenamiento de picking y reserva, es necesario calcular los huecos necesarios, y el número de estanterías necesarias para el almacenamiento de todos los artículos.

En esta configuración, al igual que en la primera, la política de gestión del almacén se ha decidido como gestión fija en el área de picking y de gestión aleatoria para el área de reserva.

De acuerdo con las propuestas de mejora expuestas para la primera configuración, se ha querido ajustar más la capacidad del hueco al formato logístico y disponer de mayor variedad de estanterías con el objetivo de, por un lado, disminuir el número de estanterías y, por otro, aumentar el aprovechamiento de los huecos.

De esta forma se han definido los siguientes tamaños de hueco para las distintas estanterías:

- Estantería convencional de caja tipo 1:

estantería convencional de cajas tipo 1		
	hueco	Caja
largo (m)	0,8	0,35
ancho (m)	0,7	0,5
alto (m)	0,4	0,35
vol (m <sup>3</sup> )	0,224	0,06

**Tabla 38: dimensión hueco estantería convencional de cajas tipo 1**

En el área de reserva, se ha definido la estantería de cajas tipo 1 para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva a almacenar es menor o igual a 0,22 m<sup>3</sup>. Estas referencias se almacenarán en cajas de 0,06 m<sup>3</sup>, se ha comprobado que todas las referencias tienen un

volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de  $0,224 \text{ m}^3$  de estanterías convencionales de cajas.

Del mismo modo en el área de picking, se ha definido la estantería de tipo 1 para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva a almacenar es menor o igual a  $0,22 \text{ m}^3$ . Estas referencias se almacenarán en cajas de  $0,06 \text{ m}^3$ , se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de  $0,224 \text{ m}^3$  de estanterías convencionales de cajas.

- Estantería convencional de caja tipo 2:

estantería convencional de cajas tipo 2		
	hueco	caja
largo (m)	1,1	0,3
ancho (m)	1,1	0,5
alto (m)	0,5	0,4
vol ( $\text{m}^3$ )	0,605	0,06

**Tabla 39: Dimensión de hueco de estantería convencional de caja tipo 2**

Se ha definido la estantería de cajas tipo 2 para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva a almacenar es mayor a  $0,22 \text{ m}^3$  y menor a  $0,6 \text{ m}^3$ . Estas referencias se almacenarán en cajas de  $0,06 \text{ m}^3$ , se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de  $0,605 \text{ m}^3$  de estanterías de cajas.

Del mismo modo en el área de picking, se ha definido la estantería de tipo 2 para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva a almacenar es menor o igual a  $0,6 \text{ m}^3$ . Estas referencias se almacenarán en cajas de  $0,06 \text{ m}^3$ , se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de  $0,605 \text{ m}^3$  de estanterías convencionales de cajas.

- Estantería convencional de paleta:

estantería convencional de paleta		
	hueco	paleta
largo (m)	1,1	1
ancho (m)	1,35	1,2
alto (m)	1,2	1,04
vol ( $\text{m}^3$ )	1,782	1,248

**Tabla 40: Dimensión de hueco de estantería convencional de paletas**

Se ha definido la estantería convencional de paleta para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva sea mayor o igual a  $0,6 \text{ m}^3$ , volumen de media paleta, y menor o igual a  $4 \text{ m}^3$ . Estas referencias se almacenarán en paletas de  $1,248 \text{ m}^3$  y posteriormente en huecos de  $1,782 \text{ m}^3$ .

Del mismo modo en el área de picking, se ha definido la estantería convencional de paletas para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva a almacenar es mayor a  $0,6 \text{ m}^3$ . Estas referencias se almacenarán en paletas de  $1,248 \text{ m}^3$ , se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de  $1,782 \text{ m}^3$  de estanterías convencionales de cajas.

- Estantería convencional de doble hueco:

Doble hueco		
	hueco	paleta
largo (m)	1,1	1
ancho (m)	2,5	1,2
alto (m)	1,2	1,04
vol (m <sup>3</sup> )	3,3	1,248

**Tabla 41: Dimensión hueco estantería doble hueco**

Se ha definido la estantería convencional de doble hueco para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva sea mayor a 4 m<sup>3</sup> y menor o igual a 10 m<sup>3</sup>. Estas referencias se almacenarán en paletas de 1,248 m<sup>3</sup> y posteriormente en huecos de 3,3 m<sup>3</sup> (1 hueco = 2 paletas).

- Estantería compacta:

compacta		
	hueco	paleta
largo (m)	1,4	1
ancho (m)	3,2	1,2
alto (m)	6,3	1,04
vol (m <sup>3</sup> )	28,224	1,248

**Tabla 42: Dimensión hueco estantería compacta**

Se ha definido la estantería convencional compacta para aquellas referencias cuyo volumen máximo de reserva sea mayor de 10 m<sup>3</sup>. Estas referencias se almacenarán en paletas de 1,248 m<sup>3</sup> y posteriormente en huecos de 28,224 m<sup>3</sup> (1 hueco = 15 paletas).

A continuación, se muestra la tabla resumen de los huecos de la zona de picking y de la zona de reserva:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona reserva	Estantería conv. caja tipo 1	2681
	Estantería conv. caja tipo 2	233
	Estantería conv. paleta	208
	Estantería conv. doble hueco	27
	Estantería compacta	3
Zona picking	Estantería conv. cajas tipo 1	3064
	Estantería conv. cajas tipo 2	38
	Estantería conv. paleta	5

**Tabla 43: Resumen huecos zona picking y reserva segunda configuración**

Una vez obtenido el número total de huecos necesarios para cada estantería en cada zona del almacén, se puede calcular la superficie de almacenaje de cada estantería en cada zona.

**4.3.4.1. Dimensionado zona de reserva:**

En este apartado se va a proceder al cálculo de los huecos y al posterior dimensionamiento de la zona de reserva.

En la siguiente tabla se muestran los huecos necesarios para cada tipo de estantería definida en el área de reserva:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona reserva	Estantería conv. caja tipo 1	2681
	Estantería conv. caja tipo 2	233
	Estantería conv. paleta	208
	Estantería conv. doble hueco	27
	Estantería compacta	3
<b>Total</b>		<b>3152</b>

**Tabla 44: Resumen huecos zona reserva segunda configuración**

Los huecos necesarios de estantería convencional de cajas tipo 1, convencional de cajas tipo 2, convencional de paleta, convencional de doble hueco y compacta suman un total de 3152 huecos en la zona de reserva.

En la siguiente tabla se muestra el volumen en metros cúbicos que representan los huecos necesarios de cada estantería:

Tipo de estantería	Huecos necesarios	Volumen (m <sup>3</sup> )
Estantería conv. caja tipo 1	2681	600,544
Estantería conv. caja tipo 2	233	140,965
Estantería conv. paleta	208	370,656
Estantería conv. doble hueco	27	89,1
Estantería compacta	3	84,672
<b>Total</b>	<b>3152</b>	<b>1285,937</b>

**Tabla 45: Volumen de huecos de reserva segunda configuración**

El volumen de huecos total de la zona de reserva calculado para esta configuración es 1285,937 m<sup>3</sup>.

En la zona de reserva, se ha calculado la superficie de almacenaje por tipo de estantería como se muestra en las siguientes tablas:

Convencional caja tipo 1	nº alturas	15	largo zona (m)	6,4
	nº filas	2	ancho zona (m)	1,4
	nº columnas	8	alto zona (m)	6
	huecos	240	superficie (m <sup>2</sup> )	8,96

**Tabla 46: Dimensionado estantería convencional caja tipo 1**

Convencional caja tipo 2	nº alturas	12	largo zona (m)	9,9
	nº filas	25	ancho zona (m)	27,5
	nºncolumnas	9	alto zona (m)	6
	huecos	2700	Superficie (m <sup>2</sup> )	272,25

**Tabla 47: Dimensionado estantería convencional caja tipo 2**

Convencional de paletas	nº alturas	5	largo zona (m)	7,7
	nº filas	6	ancho zona (m)	8,1
	nº columnas	7	alto zona (m)	6
	huecos	210	superficie (m <sup>2</sup> )	62,37

**Tabla 48: Dimensionado estantería convencional de paletas**

Convencional doble hueco	nº alturas	5	largo zona (m)	6,6
	nº filas	1	ancho zona (m)	2,5
	nº columnas	6	alto zona (m)	6
	huecos	30	superficie (m <sup>2</sup> )	16,5

**Tabla 49: Dimensionado estantería convencional de doble hueco**

Convencional compacta	nº alturas	1	largo zona (m)	4,2
	nº filas	3	ancho zona (m)	3,2
	nº columnas	1	alto zona (m)	6,3
	huecos	3	superficie (m <sup>2</sup> )	13,44

**Tabla 50: Dimensionado estantería convencional compacta**

Se han definido cinco tipos de estanterías para almacenar las distintas referencias en la zona de reserva (ver apartado 4.3.1). Primeramente, se han utilizado 2 estanterías convencionales de cajas de 15 alturas por 8 columnas que se han denominado de tipo 1. Seguidamente, se han utilizado 25 estanterías convencionales de cajas de 12 alturas por 9 columnas que se han denominado de tipo 2. A continuación, se han utilizado 6 estanterías convencionales de paletas de 5 alturas por 7 columnas. Más tarde, se ha utilizado 1 estantería convencional de doble hueco de 5 alturas por 6 columnas. Finalmente, se ha utilizado 1 estantería compacta de paletas de 3 columnas, es decir, 1 hueco por cada una de las referencias a almacenar.

El largo de la zona se ha obtenido multiplicando el número de columnas por el largo del hueco y el ancho de la zona resulta de la multiplicación del número de filas por el ancho del hueco. Multiplicando el largo de la zona por el ancho de la zona obtenemos la superficie que ocupan el total de las estanterías.

La siguiente tabla muestra la superficie de almacenaje de cada estantería y la superficie total de la zona de reserva:

Tipo de estantería	Superficie (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
Convencional de cajas tipo 1	8,96	373,52
Convencional de cajas tipo 2	272,25	
Convencional de paletas	62,37	
Convencional de doble hueco	16,5	
Convencional compacta	13,44	

**Tabla 51: Superficie zona de almacenaje de reserva segunda configuración**

Finalmente, se ha obtenido un área total de estantería convencional de cajas tipo 1 de 8,96 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de cajas tipo 2 de 272,25 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de paleta de 62,37 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de doble hueco de 16,5 m<sup>2</sup> y de estantería convencional compacta de 13,44 m<sup>2</sup>. La suma de todas las áreas forma un área de 373,52 m<sup>2</sup>. Este volumen representa el volumen ocupado por las distintas estanterías. Si lo comparamos con el volumen obtenido en la primera configuración se observa que se ha reducido

considerablemente puesto que anteriormente el volumen que ocupaban las estanterías en la zona de reserva era de 938,52 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.4.2. Dimensionado zona de picking:

En cuanto a la zona de picking, se han definido 3 tipos de estanterías: estantería convencional de tipo 1, estantería convencional de tipo 2, estantería convencional de paleta.

En la siguiente tabla se muestran los huecos necesarios de cada tipo estantería de la zona de picking:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona picking	Estantería conv. caja tipo 1	3064
	Estantería conv. caja tipo 2	38
	Estantería conv. paleta	5

**Tabla 52: Huecos necesarios zona picking segunda configuración**

Los huecos necesarios de estantería convencional de cajas tipo 1, convencional de cajas tipo 2 y convencional de paleta suman un total de 3107 huecos en la zona de picking.

En la siguiente tabla se muestra el volumen en metros cúbicos que representan los huecos necesarios de cada estantería:

Tipo de estantería	Huecos necesarios	Volumen (m <sup>3</sup> )
Estantería conv. caja tipo 1	3064	686,336
Estantería conv. caja tipo 2	38	22,99
Estantería conv. paleta	5	8,91
<b>Total</b>	<b>3107</b>	<b>718.236</b>

**Tabla 53: Volumen de huecos zona picking segunda configuración**

El volumen de huecos total de la zona de reserva calculado para esta configuración es 718,236 metros cúbicos.

En la zona de Picking, se ha calculado la superficie de almacenaje por tipo de estantería como se muestra en las siguientes tablas:

Convencional caja tipo 1	nº alturas	15	largo zona (m)	4
	nº filas	41	ancho zona (m)	28,7
	nº columnas	5	alto zona (m)	6
	huecos	3075	superficie (m <sup>2</sup> )	114,8

**Tabla 54: Dimensionado estantería convencional de caja tipo 1 picking**

Convencional caja tipo 2	nº alturas	10	largo zona (m)	4,4
	nº filas	1	ancho zona (m)	1,1
	nº columnas	4	alto zona (m)	5
	huecos	40	superficie (m <sup>2</sup> )	4,84

**Tabla 55: Dimensionado estantería convencional de caja tipo 2 picking**

Convencional de paletas	nº alturas	5	largo zona (m)	1,1
	nº filas	1	ancho zona (m)	1,35
	nº columnas	1	alto zona (m)	6
	huecos	5	superficie (m <sup>2</sup> )	1,485

**Tabla 56: Dimensionado estantería convencional de paletas picking**

Se han definido 3 tipos de estanterías para almacenar las distintas referencias en la zona de picking (ver apartado 4.3.1). Primeramente, se han utilizado 41 estanterías convencionales de cajas tipo 1 de 15 alturas por 5 columnas. Seguidamente, se ha utilizado 1 estantería convencional de caja tipo 2 de 10 alturas por 4 columnas. Por último, se ha utilizado 1 estantería convencional de paletas de 5 alturas por 1 columna.

El largo de la zona se ha obtenido multiplicando el número de columnas por el largo del hueco y el ancho de la zona resulta de la multiplicación del número de filas por el ancho del hueco. Multiplicando el largo de la zona por el ancho de la zona obtenemos la superficie que ocupan el total de las estanterías.

La siguiente tabla muestra la superficie de almacenaje de cada estantería y la superficie total de la zona de picking:

Tipo de estantería	Superficie (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
Convencional de cajas tipo 1	114,8	121,125
Convencional de cajas tipo 2	4,84	
Convencional de paletas	1,485	

**Tabla 57: Superficie total de la zona de almacenaje de picking segunda configuración**

Finalmente, se ha obtenido un área total de estantería convencional de cajas tipo 1 de 114,8 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de cajas tipo 2 de 4,84 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de paleta de 1,485 m<sup>2</sup>. La suma de todas las áreas forma un área de 121,125 m<sup>2</sup>. Este volumen representa el volumen ocupado por las distintas estanterías en el área de picking. Si lo comparamos con el volumen obtenido en la primera configuración se observa que ha aumentado ligeramente puesto que era de 106,275 m<sup>2</sup>. Esto se debe a que se ha reducido la altura de las estanterías para equipararlas con la altura de las estanterías de la zona de reserva, que es de alrededor de 6 metros.

En conclusión, se puede afirmar que las propuestas de mejora adoptadas parecen haber resultado acertadas puesto que se ha conseguido reducir notablemente el área de almacenamiento de la zona de reserva. Este hecho conllevará previsiblemente una reducción de la superficie del almacén, como se verá más adelante, uno de los principales objetivos de mejora. En cuanto a la zona de picking se ha observado un pequeño incremento de la superficie de almacenaje. Sin embargo este hecho se debe a la reducción de la altura de las estanterías y realmente el aprovechamiento de los huecos es mayor respecto a la primera configuración. El hecho de haber disminuido la altura de las estanterías nos ha proporcionado la posibilidad de elegir medios de manutención con capacidad de elevación y en consecuencia reducir el coste, como se verá a continuación.

#### 4.3.4.3. Dimensionado zona de recepción y expedición

La superficie de la zona de recepción y expedición no ha sufrido ninguna variación respecto a la primera configuración. La superficie de la zona es de 91,2 m<sup>2</sup> (ver apartado 4.2.4.3)

#### 4.3.5. Diseño en planta del almacén



Una vez obtenido el área de recepción y expedición, se ha dimensionado la superficie de estanterías de picking, la superficie de estanterías de reserva y la zona de carga y descarga, como se muestra en la siguiente tabla:

Superficie de picking (m <sup>2</sup> )	Superficie de reserva (m <sup>2</sup> )	Total picking +reserva (m <sup>2</sup> )	Zona recepción expedición (m <sup>2</sup> )	Total almacén (m <sup>2</sup> )
121,125	376,04	497,165	91,2	588,365

**Tabla 58: Superficie del almacén segunda configuración**

El volumen total de las zonas calculadas asciende a 588,365 m<sup>2</sup>. Sin embargo hay que tener en cuenta los pasillos interiores del almacén entre estanterías según los medios previamente seleccionados (ver apartado 4.3.2) y otras zonas como, por ejemplo, una zona de administración.

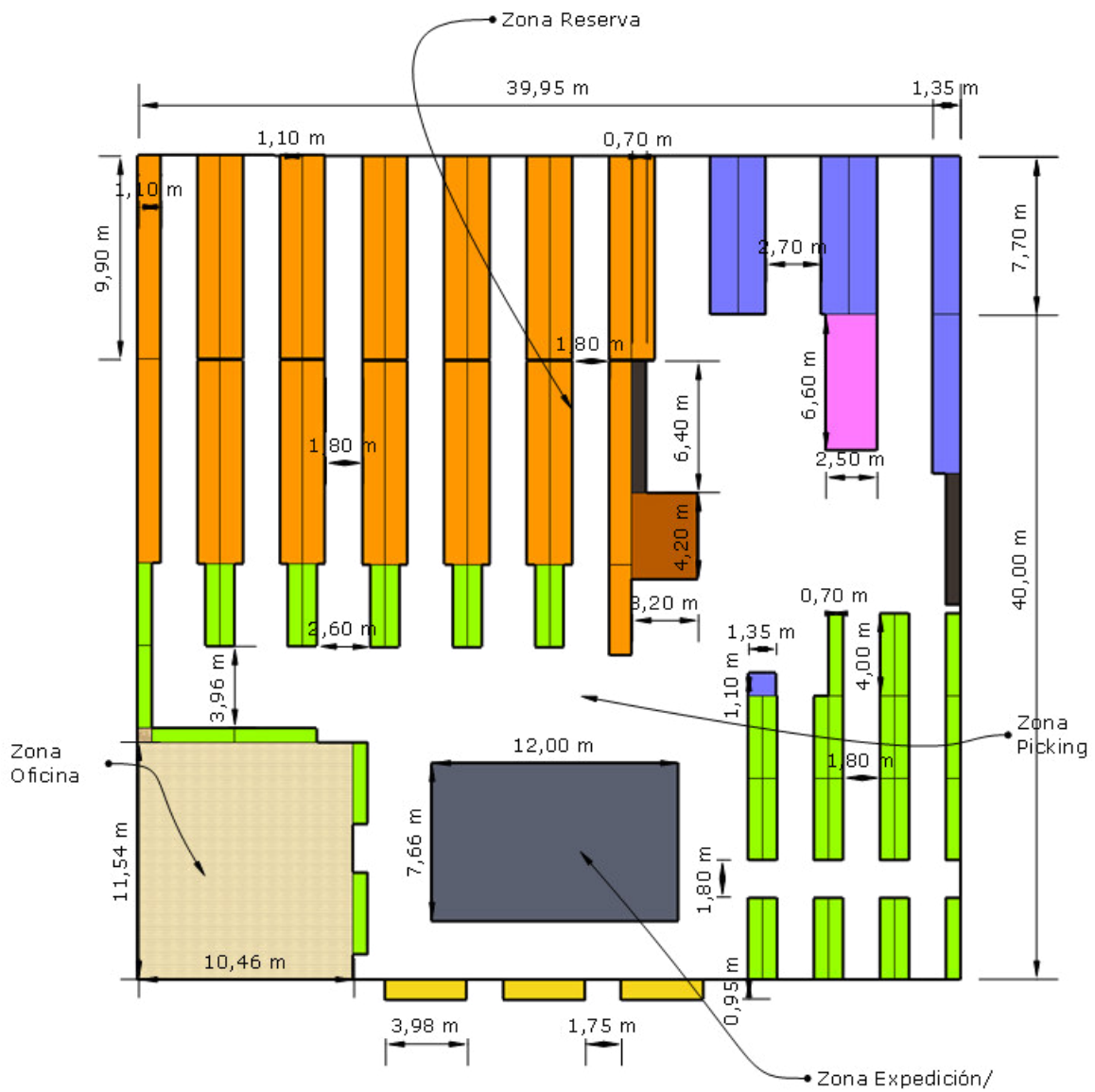
En la siguiente tabla se muestra las dimensiones necesarias de los pasillos interiores conforme a los medios de manutención previamente seleccionados:

Medios de manutención	Pasillo (m)
Carretilla recogepedidos	1,8
Carretilla retráctil	2,7
Transpaleta manual	1,5

**Tabla 59: Pasillos según el medio de manutención segunda configuración**

A continuación, se ha realizado un diseño en planta detallado del almacén en el que se han tenido en cuenta los pasillos previamente definidos y otras zonas, como se observa en la ilustración 2.

El almacén quedaría distribuido de esta manera. Se puede observar bien definidas cada una de las zonas anteriormente mencionadas como picking, reserva, recepción y expedición, administración y los pasillos internos del almacén. Se ha utilizado un color diferente para cada una de las estanterías definidas. De este modo, en cada zona, cada color corresponde a un tipo de estantería diferente:



**Ilustración 2: Diseño en planta de la segunda configuración**

**Picking:**

- Verde → estantería convencional de cajas tipo 1; 15 alturas y 5 columnas
- Naranja → estantería convencional de cajas tipo 2; 10 alturas y 4 columnas
- Azul → estantería convencional de paletas; 5 alturas y 1 columna

**Reserva:**

- Naranja → estantería convencional de cajas tipo 2; 12 alturas y 9 columnas
- Rosa → estantería convencional doble hueco; 5 alturas y 6 columnas
- Negro → estantería convencional de cajas tipo 1; 15 alturas y 8 columnas
- Azul → estantería convencional de paletas; 5 alturas y 7 columnas
- Marrón → estantería convencional compacta

**Expedición y recepción**

- Gris oscuro → zona expedición recepción
- Oro → muelles de carga

**Administración:**

- Marrón claro → zona de administración

Mediante el diseño en planta del almacén, ha sido posible disponer de una referencia visual del almacén, diseñar las distintas zonas, distinguir entre los diferentes tipos de estantería y finalmente cuantificar las dimensiones del almacén. De este modo, se ha estimado una superficie de almacén necesaria de 1598 m<sup>2</sup> totales integrados por cada una de las zonas y pasillos del almacén.

Respecto a la primera configuración, se ha logrado reducir notablemente la superficie de almacén. El almacén que ha sido obtenido en esta segunda configuración ocupa prácticamente la mitad de superficie que el de la primera configuración, por lo que finalmente se ha logrado el objetivo planteado en esta configuración de disminuir la superficie del almacén. A continuación, se va a estudiar cómo esta disminución de superficie de almacén se traduce en ahorro de costes e inversión.

#### 4.3.6. Análisis de coste e inversión

El análisis de coste e inversión sólo es posible realizarlo una vez definidos todos los aspectos anteriores. El cálculo de coste e inversión es imprescindible para cuantificar las decisiones tomadas anteriormente y posteriormente comparar los resultados respecto a otras decisiones para finalmente elegir la más adecuada.

Se ha dividido el análisis de coste e inversión en seis apartados:

- Instalaciones
- Medios de almacenamiento
- Medios de mantenimiento
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía
- Otros equipamientos

Para el cálculo del coste anual se ha empleado un método sencillo como el DFC. Los métodos de DCF determinan el valor actual de los flujos de fondos futuros descontándolos de una tasa que refleja el coste de capital aportado. Esto es necesario porque los flujos de fondos en diversos períodos no pueden ser comparados directamente puesto que no es lo mismo contar con una cantidad de dinero ahora que en el futuro.

- Instalaciones:

	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Superficie nave (m <sup>2</sup> )	1598	370	591260	20	5,101	115910,61
Servicios generales	1598	30	47940	20	5,101	9398,16

**Tabla 60: Costes de instalaciones**

- Medios de almacenamiento:

	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Estantería conv. Paleta	215	20	4300	10	4,339	991,02
Estantería conv. caja 1	123,76	30 euros/m <sup>2</sup>	3712,8	10	4,339	855,68
Estantería conv. caja 2	277,09	30 euros/m <sup>2</sup>	8312,7	10	4,339	1915,81
Estantería conv. Doble hueco	30	22	660	10	4,339	152,11
Estantería compacta	3	30	90	10	4,339	20,74

**Tabla 61: Costes de medios de almacenamiento**

- Medios de manutención:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Carretilla recoge pedidos	3	40000	120000	10	4,339	27656,14
Carretilla retráctil	1	21000	21000	10	4,339	4839,83
Transpaleta manual	1	300	300	10	4,339	69,14

**Tabla 62: Costes de medios de manutención**

- Coste de personal

	cantidad	(€/año) por persona	Total (€/año)
Jefe de almacén	1	30000	30000
Administrativos	1	20000	20000
Almaceneros	4	18000	72000

**Tabla 63: Costes de personal**

- Mantenimiento y energía:

	Coste (€/año)
Equipamiento móvil	12000
Edificios e instalaciones	15,98
Gasto energético	71910

**Tabla 64: Costes de mantenimiento y energía**

- Otros equipamientos:

	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350000	5	4,339	114453,9

**Tabla 65: Costes de Hardware e instalaciones**

Tras calcular los costes e inversión imputables de cada uno de los apartados descritos anteriormente se obtiene un coste y una inversión total de:

	(€/año)
Coste	482189,1
Inversión	1147575,5

**Tabla 66: Resultados de coste e inversión segunda configuración**

La obtención del coste e inversión anual permite cuantificar las decisiones tomadas anteriormente en el almacén. El resultado obtenido ha sido de 482189,1 euros anuales de coste y 1147575,5 euros anuales de inversión. Se ha observado una reducción de coste de 218967,19 euros anuales respecto al coste anual de la primera configuración. Igualmente, se ha observado una disminución de la inversión de 719210,52 euros anuales respecto a primera configuración.

Es posible interpretar que las modificaciones introducidas y las propuestas adoptadas han ayudado positivamente y se ha logrado mejorar los resultados tanto de coste como de inversión de la primera configuración.

En conclusión, la disminución del número de estanterías en la zona de reserva, el aumento del aprovechamiento de los huecos mediante ajuste del hueco al formato logístico y una mayor variedad de estanterías, así como la elección de medios de manutención de pasillos más estrechos, han ayudado notablemente a la disminución de los costes y de la inversión respecto a la primera configuración (ver apartado 4.2.6.). El objetivo planteado de disminuir la superficie de almacén se ha logrado satisfactoriamente y se ha conseguido una disminución de 218967,19 euros anuales de coste y una disminución de 719210,52 euros anuales de inversión. Finalmente se puede afirmar que las propuestas de mejora han funcionado correctamente y se ha obtenido un coste para el nuevo almacén de 482189,19 euros anuales y una inversión de 1147575,5 euros anuales.

#### 4.3.7. Propuestas de mejora

Con el objetivo de buscar mejorar los resultados de coste e inversión de la segunda configuración, se ha prestado especial atención a los generadores de coste e inversión de esta nueva configuración.

Se ha destacado principalmente la superficie del almacén como mayor generador de coste y en consecuencia con margen de mejora. Se ha observado que una reducción del coste e inversión en este apartado podría reducir el coste e inversión y mejorar los resultados obtenidos previamente.

Se ha interpretado que las principales causas del alto coste e inversión de la superficie de la nave se deben a:

1º Metros cuadrados de superficie de la nave. A pesar de reducir a la mitad, respecto a la primera configuración, la superficie de la nave, se observa que continúa siendo elevada y es posible proponer alternativas para disminuirla.

2º Precio unitario del metro cuadrado. El precio unitario del metro cuadrado es según la altura interior del edificio. A mayor altura mayor precio unitario y a menor altura, menor precio unitario.

En conclusión, en busca de obtener un menor coste e inversión anual del almacén, se ha creído oportuno hacer las siguientes propuestas de mejora para reducir la superficie del almacén y disminuir el precio unitario del metro cuadrado:

- Disminuir el precio unitario del metro cuadrado
  - Reducir la altura del almacén a 6 metros
- Disminuir la superficie de almacén
  - Reducir pasillos
  - Medios automatizados
  - Aumentar la altura de las estanterías
- Mayor aprovechamiento de los huecos
  - Formato de caja

#### 4.4. Tercera configuración

Una vez que se han estudiado dos modelos de almacén de tipo convencional, se ha decidido elaborar un diseño de almacén automatizado. De esta forma las decisiones, que hasta la fecha sólo han sido de tipo convencional, pueden incluir soluciones automatizadas para el almacén. Se busca realizar diferentes configuraciones con el objetivo de explorar diversas soluciones y alternativas posibles del almacén.

Para esta configuración, se ha propuesto reducir la superficie del almacén calculada en la segunda configuración. Para ello se van a adoptar algunas medidas expuestas anteriormente. Las medidas adoptadas han sido la reducción de la altura interior a 6 metros, la incorporación de medios automáticos para reducir pasillos así como la utilización de un nuevo formato de caja.

##### 4.4.1. Medios de almacenamiento

Se toman las decisiones de la elección de los medios de almacenamiento mediante un descarte de las opciones inviables y eligiendo entre las opciones que sí son posibles y para cada referencia en base a conjeturas relativas al stock y el formato logístico del proveedor..

En esta tercera configuración se va a proceder a integrar medios de manutención automáticos con el objetivo de reducir pasillos y carga de trabajo y a reducir la altura interior del almacén a 6 metros. Se busca disminuir la superficie del almacén así como el precio unitario por metro cuadrado. La primera impresión es que el personal no se verá afectado.

En el área de reserva, al igual que en la segunda configuración, se ha decidido tener en cuenta el formato logístico del proveedor (ver apartado 3.4). Se ha tenido en cuenta si el formato logístico es paleta mono-referencia o paleta-multi-referencia para la posterior elección de estanterías. Aquellas referencias cuyo formato logístico es mono-referencia se ha decidido almacenarlas en estanterías convencionales de paleta, convencional doble hueco o compacta, según el nivel máximo de stock. Aquellas referencias cuyo volumen de stock máximo sea menor o igual a  $4 \text{ m}^3$  se almacenarán en estanterías convencionales de paletas, aquellas cuyo volumen de stock máximo sea mayor a  $4 \text{ m}^3$  y menor o igual a  $10 \text{ m}^3$  se almacenarán en estanterías de doble hueco y aquellas referencias cuyo volumen de stock máximo sea mayor a  $10 \text{ m}^3$  se almacenarán en estanterías compactas. De este modo, aquellas referencias servidas en paletas mono-referencia son directamente almacenadas en estanterías de formato logístico paleta, agilizando muchísimo las tareas de descarga, almacenamiento y transporte de la mercancía.

Aquellas referencias servidas en paletas multi-referencia se ha decidido almacenarlas en base a conjeturas relativas al stock. Aquellas referencias cuyo volumen de stock máximo es mayor o igual a  $0,6 \text{ m}^3$  se han almacenado en estanterías de paleta. Aquellas referencias cuyo stock máximo es inferior a  $0,6 \text{ m}^3$  se han almacenado en estanterías convencionales de cajas. El formato logístico de las cajas se ha establecido en un formato único de 600X400 mm suministrado por el proveedor. Estas estanterías de cajas conformarán los medios automatizados de los que posteriormente se dará más detalle. Se ha pensado que en estas mismas estanterías automatizadas se realicen tanto el almacenaje en reserva como la preparación de pedidos de picking.

La siguiente tabla muestra el número de referencias almacenadas según el tipo de estantería en la zona de reserva:

Tipo de estantería	Nº de referencias
Convencional de cajas	2977
Convencional de paletas	176
Convencional doble hueco	12
Convencional compacta	3

**Tabla 67: Referencias según el tipo de estantería en la zona de reserva tercera configuración**

Así pues, en el área de picking, tan sólo hay que definir medios de almacenamiento de picking para aquellas referencias que han sido servidas en paletas mono-referencia y se han almacenado en estanterías convencionales de paletas, convencionales de doble hueco o compacta, o las referencias tipo C servidas en paletas multi-referencias. La selección de la estantería se ha realizado en base a conjeturas relativas al stock. Aquellas referencias cuyo volumen de stock máximo de picking es menor o igual a  $0,6 \text{ m}^3$  (alrededor de media paleta equivalente), se almacenarán en estanterías convencionales de cajas. Aquellas referencias cuyo volumen de stock máximo sea mayor a  $0,6 \text{ m}^3$  se almacenarán en estanterías de paletas. La siguiente tabla muestra el número de referencias según el tipo de estantería en la zona de picking.

Tipo de estantería	Nº de referencias
Convencional cajas	186
Convencional de paletas	5

**Tabla 68: Número de referencias según el tipo de estantería en la zona de picking**

Finalmente, las estanterías definidas son estantería convencional de cajas, estantería convencional de paletas, estantería convencional doble hueco y estantería convencional compacta en la zona de reserva y estantería convencional de caja y estantería convencional de paleta en la zona de picking.

#### 4.4.2. Medios de manutención

La elección de los medios de manutención de la tercera configuración se va a realizar escogiendo entre medios de tipo convencional y medios automáticos. Se ha decidido introducir medios de manutención automáticos de tipo miniload. El miniload es la versión para cajas de los transelevadores de paletas. La diferencia con sus hermanos mayores es que el tipo de carga que maneja es la caja. La altura que alcanza es algo menor, comparada con la versión para paletas. Aún así, llega a la nada despreciable cota de los 20 metros. En cuanto a los pasillos que utiliza, éstos son de 800 mm para cajas de 600 x400 mm o más pequeñas, y mayores en el caso de manipular cajas más grandes. Los miniloads trabajan exclusivamente dentro de los pasillos y necesitan transportadores de rodillos, cadenas o bandas que realicen el transporte de la carga entre la ubicación de la estantería y el punto de entrada y salida, generalmente instalado en un extremo del pasillo.

Al finalizar la segunda configuración y destacar la superficie del almacén como principal generador de coste e inversión, se ha propuesto mejorar en este apartado. Las soluciones propuestas han sido la elección de medios de manutención automáticos, capaces de realizar sus actividades en pasillos más estrechos con el fin de minimizar el ancho de los pasillos y con ello la superficie de almacén.

Para la obtención de los medios de almacenamiento necesarios, se ha tenido en cuenta las dimensiones de nuestras estanterías y su accesibilidad. En base a esto definimos para cada tipo de estantería, cuál era el medio de manutención más adecuado, intentando hacer



coincidir el máximo número de medios entre ellas, para poder estandarizar el transporte de materiales.

De igual modo que en la primera y en la segunda configuración, se ha tenido en cuenta que la dirección de la empresa ha impuesto una política de servicio de los pedidos que no puede superar los 5 días desde que se recibe el pedido hasta que éste es servido.

Del mismo modo, la empresa trabaja 4 horas por la mañana para la recepción de camiones y reposición del almacén y 4 horas por la tarde para la preparación de los pedidos y expedición de los mismos.

Cumpliendo con estas políticas marcadas por la dirección, lo primero ha sido realizar un estudio para conocer qué cantidad de líneas de pedido es necesario mover a la hora para servir a los clientes dentro de los 5 días que marca la dirección.

En función de la productividad LP/hora calculada, es posible definir la cantidad de medios de manutención necesarios y cumplir con el plazo. Los datos obtenidos en la primera configuración son igual de válidos para esta tercera configuración y no es necesario volver a realizarlos (ver apartado 4.2.2).

Con el fin de respetar el plazo máximo de servicio de 5 días, se ha calculado que es necesaria la preparación de 9 líneas de pedido/día de paletas.

En esta tercera configuración se han seleccionado los mismos medios de transporte de paletas que en la segunda configuración. De este modo, los medios elegidos para el manejo de paletas son los siguientes:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla retráctil (6m)	1	20	3	21000

**Tabla 69: Medios de manutención para el manejo de paletas tercera configuración**

Se ha decidido escoger una carretilla retráctil como medio de manutención para el transporte de paletas. Mediante una unidad de carretilla retráctil, se dispone de una productividad de 20 LP/hora, que es más que suficiente para servir a tiempo los pedidos de paletas. Se ha elegido una carretilla retráctil que permite realizar operaciones con paletas en altura con capacidad de elevación de 6 m de altura.

Al igual que en la segunda configuración, una carretilla retráctil no es suficiente para realizar todas las actividades de transporte de paletas, puesto que las tareas de carga y descarga de paletas no se pueden realizar con este medio debido al mástil. Por este motivo, ha sido necesario escoger una transpaleta manual para la realización de actividades de descarga y descarga de vehículos. Los datos de productividad de la transpaleta manual se exponen en la siguiente tabla:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
----------------------	----------	---------------------------------------	--	-----------

Transpaleta manual	1	15	3	300
--------------------	---	----	---	-----

**Tabla 70: Medios de manutención para el manejo de paletas tercera configuración**

Transporte de cajas y unidades:

De igual modo que en las configuraciones anteriores, se ha estimado que el tiempo de preparación de las LP de cajas y unidades es el mismo. La productividad necesaria para servir en un máximo de 5 días los pedidos, no se ha visto afectada y es idéntica a la calculada para las configuraciones anteriores, es decir mayor o igual a 213 LP/hora.

Se ha decidido separar aquellas referencias que se almacenan en estanterías de cajas según el modelo de ventas A, B y C. Las razones principales son, por una parte, que debido al elevado coste de los medios automáticos no es aconsejable almacenar referencias de baja rotación en ellos y, por otro lado, no es necesario que las referencias de tipo C dispongan de una accesibilidad tan elevada. En definitiva, se ha decidido optar por los medios de manutención miniload para las referencias de tipo A y B del modelo de ventas. Los medios de manutención seleccionados se muestran en la tabla siguiente:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Miniload (6m)	2	100	200	300000

**Tabla 71: Medios de manutención automáticos tercera configuración**

Los medios de manutención seleccionados para las referencias tipo C, son las siguientes:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos (6m)	1	80	213	40000

**Tabla 72: Medios de manutención para el manejo de cajas tercera configuración**

Se ha escogido 1 carretilla recogepedidos para realizar las operaciones en altura de los formatos de cajas y unidades de tipo C.

Son necesarios 2 miniloads cuya productividad suma 200 LP/hora, que se emplearán para el manejo de las referencias tipo A y B, y 1 carretilla recogepedidos cuya productividad es 80 LP/hora para el manejo de las referencias tipo C para cubrir las 213LP/hora de operario necesarias y no incurrir en retrasos.

Se han definido todos los medios de manutención, carretilla retráctil, miniload y carretilla recogepedidos, con una capacidad de elevación de 6 metros de acuerdo a las estanterías definidas en esta tercera configuración.

En la siguiente tabla se resumen los medios de manutención seleccionados en la tercera configuración:

Medio de manutención	Formato logístico	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos(6m)	caja	1	80	213	40000
Miniload	caja	2	200		300000
Carretilla retráctil(6m)	paleta	1	20	3	21000
Transpaleta manual	paleta	1	15		300

**Tabla 73: Resumen de medios de medios de manutención tercera configuración**

En conclusión, los medios de manutención seleccionados en la tercera configuración son 1 carretilla recogepedidos con elevación hasta 6 metros, 1 carretilla retráctil con elevación hasta 6 metros, 1 transpaleta manual y 2 miniloads con elevación hasta 6 metros. La carretilla recogepedidos se empleará para actividades en altura con cajas y unidades, la carretilla retráctil se empleará para actividades en altura con paletas, y la transpaleta manual se empleará para la carga y descarga de vehículos puesto que la carretilla retráctil no puede realizar esta función. Se han definido 2 miniloads para las referencias A y B del modelo de ventas y una carretilla recogepedidos con elevación hasta 6 metros para las referencias de tipo C del modelo de ventas.

#### 4.4.3. Transporte de stock en el almacén

Recepción y descarga:

Esta tarea se lleva a cabo durante las cuatro primeras horas de la mañana. Se realizará mediante la transpaleta manual y recogepedidos. A partir de la tabla 2, se sabe que de media se espera la salida de 11,41 m<sup>3</sup> de producto diario. La salida y la entrada de material se suponen iguales para mantener un stock de media constante en el almacén.

Ubicación a estanterías:

Tras la descarga, se procede por un lado a desempaquetar las paletas multi-referencia. Posteriormente, las cajas son depositadas en los rodillos de entrada del miniload en el caso de que la referencia sea de tipo A o B o almacenadas en las estanterías de cajas mediante el carro recogepedidos y la transpaleta manual. El lado estrecho de la caja se dispondrá frente al pasillo para maximizar el espacio. Por otro lado, se almacenan las paletas mono-referencia mediante la carretilla retráctil. Si la estantería es convencional de paleta o de doble hueco, las paletas se almacenarán con el lado estrecho 1000mm hacia el pasillo para maximizar el espacio. Si la estantería es compacta, las paletas se dispondrán con el lado 1200mm frente al pasillo.

Abastecimiento de picking desde reserva:

El abastecimiento de picking desde reserva se realizará mediante los carros recogepedidos en el caso de cajas y mediante la carretilla retráctil en el caso de paletas. En picking, se almacenarán por el lado más estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio. Únicamente las referencias almacenadas con el formato de paleta en reserva y las referencias con formato logístico que no se almacenan en el miniload, pasarán a la zona de picking.

Preparación de líneas de pedido:

La preparación de las líneas de pedido se hará en función de la estantería. En el caso de una referencia con formato logístico caja y almacenado en el miniload, el picking se hará directamente desde el miniload. En el caso de una referencia con formato logístico caja que no se almacene en el miniload, el picking se hará mediante la carretilla recogepedidos. En el caso de formato logístico paleta el picking se realiza mediante la carretilla retráctil.

Expedición:

Se llevará a cabo mediante la transpaleta manual y la carretilla recogepedidos.

#### 4.4.4. Dimensionamiento del almacén

Para dimensionar las zonas de almacenamiento de picking y reserva, es necesario calcular los huecos necesarios, y el número de estanterías necesarias para el almacenamiento de todos los artículos.

En esta configuración, al igual que en las anteriores, la política de gestión del almacén se ha decidido como gestión fija en el área de Picking y de gestión aleatoria para el área de Reserva. En el miniload, se ha considerado la gestión aleatoria para minimizar los huecos.

De acuerdo con las propuestas de mejora expuestas, se ha querido reducir la altura del almacén a un máximo de 6 metros y reducir el ancho de los pasillos introduciendo medios de mantenimiento de tipo automáticos. Con ello, se busca por un lado reducir el precio unitario del metro cuadrado de almacén y disminuir el ancho de los pasillos en el interior del almacén sucesivamente.

De esta forma se han definido los siguientes tamaños de hueco para las distintas estanterías:

- Estantería convencional de caja:

Estantería convencional de cajas		
	hueco	caja
largo (m)	0,65	0,6
ancho (m)	0,45	0,4
alto (m)	0,45	0,4
vol (m <sup>3</sup> )	0,131625	0,096

**Tabla 74: Dimensionado hueco de estantería convencional de cajas**

En el área de reserva, se ha definido la estantería convencional de cajas para aquellas referencias cuyo volumen a almacenar es menor a  $0,6 \text{ m}^3$ , (media paleta equivalente). Estas referencias se almacenarán en cajas de  $0,096 \text{ m}^3$ . Se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja. Posteriormente, estas cajas se almacenan en huecos de  $0,131625 \text{ m}^3$ , de estanterías convencionales de cajas.

Del mismo modo en el área de picking, se ha definido la estantería convencional de cajas para aquellas referencias, provenientes de reserva, cuyo volumen a almacenar es menor a  $0,6 \text{ m}^3$ . Estas referencias se almacenarán en cajas de  $0,096 \text{ m}^3$ . Se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de  $0,131625 \text{ m}^3$  de estanterías convencionales de cajas. Se recuerda que para aquellas referencias almacenadas en un miniload no hay traslado de reserva a picking y que el picking se hace directamente desde el miniload.

- Estantería convencional de paleta:

estantería convencional de paleta		
	hueco	paleta
largo (m)	1,1	1
ancho (m)	1,35	1,2
alto (m)	1,2	1,04
vol (m <sup>3</sup> )	1,782	1,248

**Tabla 75: Dimensionado hueco de estantería convencional de paletas**

Se ha definido la estantería convencional de paleta para aquellas referencias cuyo volumen sea mayor o igual a 0,6 m<sup>3</sup>, volumen de media paleta, y menor o igual a 4 m<sup>3</sup>. Estas referencias se almacenarán en paletas de 1,248 m<sup>3</sup>, y posteriormente en huecos de 1,782 m<sup>3</sup>.

Del mismo modo en el área de picking, se ha definido la estantería convencional de paletas para aquellas referencias cuyo volumen a almacenar es mayor a 0,6 m<sup>3</sup>. Estas referencias se almacenarán en paletas de 1,248 m<sup>3</sup>, se ha comprobado que todas las referencias tienen un volumen inferior al volumen de la caja, y posteriormente en huecos de 1,782 m<sup>3</sup> de estanterías convencionales de cajas.

- Estantería convencional de doble hueco:

Doble hueco		
	hueco	paleta
largo (m)	1,1	1
ancho (m)	2,5	1,2
alto (m)	1,2	1,04
vol (m <sup>3</sup> )	3,3	1,248

**Tabla 76: Dimensionado hueco de estantería convencional de doble hueco**

Se ha definido la estantería convencional de doble hueco para aquellas referencias cuyo volumen sea mayor a 4 metros cúbicos y menor o igual a 10 metros cúbicos. Estas referencias se almacenarán en paletas de 1,248 m<sup>3</sup> y posteriormente en huecos de 3,3 m<sup>3</sup> (1 hueco = 2 paletas).

- Estantería compacta:

compacta		
	hueco	paleta
largo (m)	1,4	1
ancho (m)	3,8	1,2
alto (m)	6	1,04
Vol (m <sup>3</sup> )	26,88	1,248

**Tabla 77: Dimensionado hueco de estantería convencional compacta**

Se ha definido la estantería convencional compacta para aquellas referencias cuyo volumen sea mayor a 10 metros cúbicos. Estas referencias se almacenarán en paletas de 1,248 metros cúbicos y posteriormente en huecos de 26,88 m<sup>3</sup> (1 hueco = 15 paletas).

A continuación, se muestra la tabla resumen de los huecos de la zona de picking y de la zona de reserva:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona Reserva	Estantería conv. caja (A y B)	1794
	Estantería conv. caja ( C )	1120
	Estantería conv. paleta	208
	Estantería conv. doble hueco	27
	Estantería compacta	3
Zona Picking	Estantería conv. cajas ( C )	1146
	Estantería conv. cajas	291
	Estantería conv. paleta	5

**Tabla 78: Resumen de huecos necesarios de picking y reserva tercera configuración**

Una vez obtenido el número total de huecos necesarios para cada estantería en cada zona del almacén, se puede calcular la superficie de almacenaje de cada estantería en cada zona.

#### 4.4.4.1. Dimensionado zona de reserva

En este apartado se va a proceder al cálculo de los huecos y al posterior dimensionamiento de la zona de reserva.

En la siguiente tabla se muestran los huecos necesarios para cada tipo de estantería definida en el área de reserva:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona reserva	Estantería conv. caja (A y B)	1794
	Estantería conv. caja ( C )	1120
	Estantería conv. paleta	208
	Estantería conv. doble hueco	27
	Estantería compacta	3
<b>Total</b>		<b>3152</b>

**Tabla 79: Huecos necesarios zona reserva tercera configuración**

Los huecos necesarios de estantería convencional de cajas tipo 1, convencional de cajas tipo 2, convencional de paleta, convencional de doble hueco y compacta suman un total de 3152 huecos en la zona de reserva.

En la siguiente tabla se muestra el volumen en metros cúbicos que representan los huecos necesarios de cada estantería:

Tipo de estantería	Huecos necesarios	Volumen (m <sup>3</sup> )
Estantería conv. caja (A y B)	1794	236,14
Estantería conv. caja ( C )	1120	147,42
Estantería conv. paleta	208	370,656
Estantería conv. doble hueco	27	89,1
Estantería compacta	3	80,64
<b>Total</b>	<b>3152</b>	<b>923,956</b>

**Tabla 80: Volumen de huecos zona reserva tercera configuración**

El volumen de huecos total de la zona de reserva calculado para esta configuración es 923,956 m<sup>3</sup>.

En la zona de reserva, se ha calculado la superficie de almacenaje por tipo de estantería como se muestra en las siguientes tablas:

Convencional caja (A y B)	nº alturas	13	largo zona (m)	11,7
	nº filas	8	ancho zona (m)	3,6
	nº columnas	18	alto zona (m)	5,85
	huecos	1872	superficie (m <sup>2</sup> )	42,12

**Tabla 81: Dimensionado estantería convencional caja (A y B)**

Convencional caja ( C )	nº alturas	13	largo zona (m)	7,15
	nº filas	8	ancho zona (m)	3,6
	nº columnas	11	alto zona (m)	5,85
	huecos	1144	Superficie (m <sup>2</sup> )	25,74

**Tabla 82: Dimensionado estantería convencional de caja (C)**

Convencional de paletas	nº alturas	5	largo zona (m)	7,7
	nº filas	6	ancho zona (m)	8,1
	nº columnas	7	alto zona (m)	6
	huecos	210	superficie (m <sup>2</sup> )	62,37

**Tabla 83: Dimensionado estantería convencional de paleta**

Convencional doble hueco	nº alturas	5	largo zona (m)	6,6
	nº filas	1	ancho zona (m)	2,5
	nº columnas	6	alto zona (m)	6
	huecos	30	superficie (m <sup>2</sup> )	16,5

**Tabla 84: Dimensionado estantería convencional de doble Hueco**

Convencional compacta	nº alturas	1	largo zona (m)	4,2
	nº filas	3	ancho zona (m)	3,8
	nº columnas	1	alto zona (m)	6
	huecos	3	superficie (m <sup>2</sup> )	13,44

**Tabla 85: Dimensionado estantería convencional compacta**

Se han definido 5 tipos de estanterías para almacenar las distintas referencias en la zona de reserva (ver apartado 4.4.1). Primeramente, se han utilizado 6 estanterías convencionales de cajas de 13 alturas por 18 columnas donde se almacenarán las referencias tipo A y B. Seguidamente, se han utilizado 8 estanterías convencionales de cajas de 13 alturas por 11 columnas donde se almacenarán las referencias tipo C. A continuación, se han utilizado 6 estanterías convencionales de paletas de 5 alturas por 7 columnas. Más tarde, se ha utilizado 1 estantería convencional de doble hueco de 5 alturas por 6 columnas. Finalmente, se ha

utilizado 1 estantería compacta de paletas de 3 columnas, es decir, 1 hueco por cada una de las referencias a almacenar.

El largo de la zona se ha obtenido multiplicando el número de columnas por el largo del hueco y el ancho de la zona resulta de la multiplicación del número de filas por el ancho del hueco. Multiplicando el largo de la zona por el ancho de la zona obtenemos la superficie que ocupan el total de las estanterías.

La siguiente tabla muestra la superficie de almacenaje de cada estantería y la superficie total de la zona de reserva:

Tipo de estantería	Superficie (m2)	Total (m2)
Convencional de cajas (A y B)	42,12	160,17
Convencional de cajas ( C )	25,74	
Convencional de paletas	62,37	
Convencional de doble hueco	16,5	
Convencional compacta	13,44	

**Tabla 86: Superficie de almacenaje total zona reserva tercera configuración**

Finalmente, se ha obtenido un área total de estantería convencional de cajas (A y B) de 42,12 metros cuadrados, de estantería convencional de cajas (C) de 25,74 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de paleta de 62,37 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de doble hueco de 16,5 m<sup>2</sup> y de estantería convencional compacta de 13,44 m<sup>2</sup>. La suma de todas las áreas forma un área de 160,17 m<sup>2</sup>. Este volumen representa el volumen ocupado por las distintas estanterías. Si lo comparamos con el volumen de las anteriores configuraciones se observa que se ha reducido considerablemente puesto que anteriormente el volumen que ocupaban las estanterías de la primera configuración en la zona de reserva era de 938,52 m<sup>2</sup>. En cuanto a la segunda configuración, el volumen ocupado por las estanterías era de 373,52 m<sup>2</sup>, por lo que también se ha visto reducido.

#### 4.4.4.2. Dimensionado zona de picking

En cuanto a la zona de picking, se han definido 3 tipos de estanterías: estantería convencional de cajas, estantería convencional de cajas (C) y estantería convencional de paleta.

En la siguiente tabla se muestran los huecos necesarios de cada tipo estantería de la zona de picking:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona Picking	Estantería conv. caja	291
	Estantería conv. caja (C)	1146
	Estantería conv. paleta	5

**Tabla 87: Huecos necesarios zona picking tercera configuración**

Los huecos necesarios de estantería convencional de cajas, convencional de cajas (C) y convencional de paleta suman un total de 1442 huecos en la zona de picking.

En la siguiente tabla se muestra el volumen en metros cúbicos que representan los huecos necesarios de cada estantería:



Tipo de estantería	Huecos necesarios	Volumen (m <sup>3</sup> )
Estantería conv. caja	291	38,302875
Estantería conv. caja (C)	1146	150,84225
Estantería conv. paleta	5	8,91
<b>Total</b>	<b>1442</b>	<b>198,055125</b>

**Tabla 88: Volumen de huecos zona picking tercera configuración**

El volumen de huecos total de la zona de picking calculado para esta configuración es 198,055125 m<sup>3</sup>.

En la zona de Picking, se ha calculado la superficie de almacenaje por tipo de estantería como se muestra en las siguientes tablas:

Convencional caja (A y B)	nº alturas	13	largo zona (m)	3,9
	nº filas	4	ancho zona (m)	1,8
	nº columnas	6	alto zona (m)	5,85
	huecos	312	superficie (m <sup>2</sup> )	7,02

**Tabla 89: Dimensionado estantería convencional caja (A y B)**

Convencional caja (C)	nº alturas	13	largo zona (m)	11,7
	nº filas	5	ancho zona (m)	2,25
	nº columnas	18	alto zona (m)	5,85
	huecos	1170	superficie	26,325

**Tabla 90: Dimensionado estantería convencional caja (C)**

Convencional de paletas	nº alturas	5	largo zona (m)	1,1
	nº filas	1	ancho zona (m)	1,35
	nº columnas	1	alto zona (m)	6
	huecos	5	superficie (m <sup>2</sup> )	1,485

**Tabla 91: Dimensionado estantería convencional de paletas**

Se han definido 3 tipos de estanterías para almacenar las distintas referencias en la zona de reserva (ver apartado 4.4.1). Primeramente, se han utilizado 4 estanterías convencionales de cajas (A y B) de 13 alturas por 6 columnas. Seguidamente, se ha utilizado 5 estanterías convencionales de caja (C) de 13 alturas por 18 columnas. Por último, se ha utilizado 1 estantería convencional de paletas de 5 alturas por 1 columna.

El largo de la zona se ha obtenido multiplicando el número de columnas por el largo del hueco y el ancho de la zona resulta de la multiplicación del número de filas por el ancho del hueco. Multiplicando el largo de la zona por el ancho de la zona obtenemos la superficie que ocupan el total de las estanterías.

La siguiente tabla muestra la superficie de almacenaje de cada estantería y la superficie total de la zona de picking:

Tipo de estantería	Superficie (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
Convencional de cajas (A y B)	7,02	34,83
Convencional de cajas (C)	26,325	
Convencional de paletas	1,485	

**Tabla 92: Superficie de almacenaje total zona picking tercera configuración**

Finalmente, se ha obtenido un área total de estantería convencional de cajas (A y B) de 7,02 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de cajas (C) de 26,325 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de paleta de 1,485 metros cuadrados. La suma de todas las áreas forma un área de 34,83 m<sup>2</sup>. Este volumen representa el volumen ocupado por las distintas estanterías en el área de picking. Si lo comparamos con el volumen obtenido en la primera configuración, que era de 106,275 m<sup>2</sup>, y el de la segunda configuración, que era de 121,125 m<sup>2</sup>, se ha visto reducida considerablemente la superficie.

En conclusión, se puede afirmar que, gracias a la utilización de medios automáticos, se ha conseguido reducir la superficie de las zonas de almacenamiento de las zonas de reserva y picking. Este hecho conlucirá previsiblemente a una reducción de la superficie del almacén, uno de los principales objetivos de mejora. La zona de picking ha sufrido una reducción considerable de la superficie debido a que en las referencias almacenadas en un miniload el picking se hace directamente desde el miniload. La zona de reserva también se ha visto reducida respecto a las configuraciones anteriores, seguramente por un mejor aprovechamiento de los huecos. El hecho de haber disminuido la altura a un máximo de 6 metros ha permitido reducir el precio unitario por metro cuadrado como se verá más adelante.

#### 4.4.4.3. Dimensionado zona de recepción y expedición

La superficie de la zona de recepción y expedición no ha sufrido ninguna variación respecto a la primera configuración. La superficie de la zona es de 91,2 m<sup>2</sup>. (ver apartado 4.2.4.3)

#### 4.4.5. Diseño en planta del almacén

Una vez obtenido el área de recepción y expedición, se ha dimensionado la superficie de estanterías de picking, la superficie de estanterías de reserva y la zona de carga y descarga como se muestra en la siguiente tabla:

Superficie de picking (m <sup>2</sup> )	Superficie de reserva (m <sup>2</sup> )	Total picking + reserva (m <sup>2</sup> )	Zona recepción expedición (m <sup>2</sup> )	Total almacén (m <sup>2</sup> )
34,83	160,17	195	91,2	286,2

**Tabla 93: Superficie total del almacén tercera configuración**

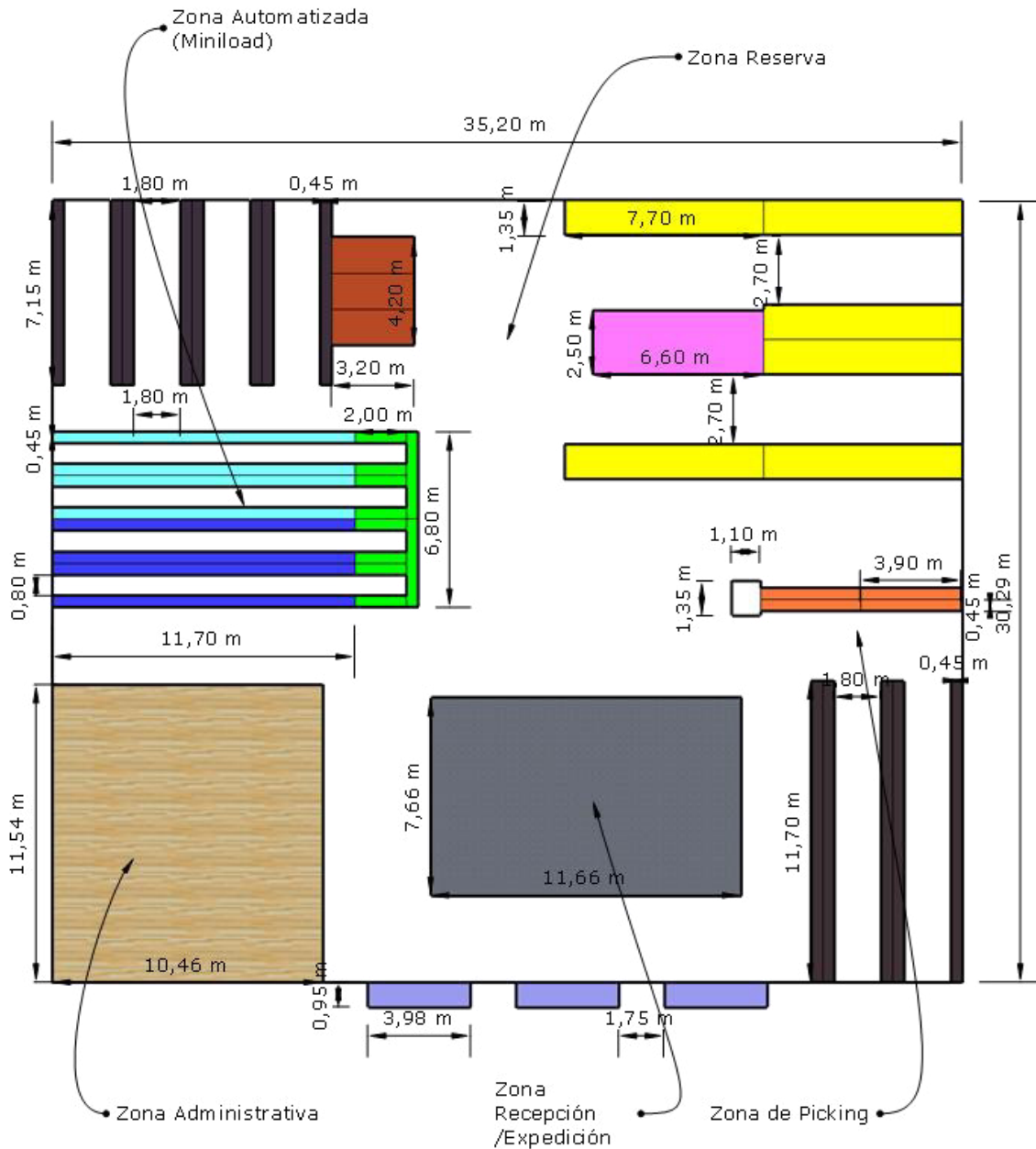
El volumen total de las zonas calculadas es de 284, 445 m<sup>2</sup>. Sin embargo, hay que tener en cuenta los pasillos interiores del almacén entre estanterías según los medios previamente seleccionados (ver apartado 4.4.2) y otras zonas como, por ejemplo, una zona de administración.

En la siguiente tabla se muestra las dimensiones necesarias de los pasillos interiores de acuerdo a los medios de manutención previamente seleccionados:

Medios de manutención	Pasillo (m)
Carretilla recogepedidos	1,8
Carretilla retráctil	2,7
Transpaleta manual	1,5
Miniload	0,8

**Tabla 94: Pasillos según el medio de manutención tercera configuración**

A continuación, se ha realizado un diseño en planta detallado del almacén en el que se han tenido en cuenta los pasillos previamente definidos y otras zonas como se observa en la siguiente figura:



**Ilustración 3: Diseño en planta tercera configuración**

El almacén quedaría distribuido de esta manera. Se puede observar bien definidas cada una de las zonas anteriormente mencionadas como picking, reserva, recepción y expedición, administración, la zona automatizada y los pasillos internos del almacén. Se ha utilizado un color diferente para cada una de las estanterías definidas. De este modo, en cada zona, cada color corresponde a un tipo de estantería diferente:

Picking:

Negro → estantería convencional de cajas C; 13 alturas y 18 columnas

Naranja → estantería convencional de cajas A y B; 13 alturas y 6 columnas  
Blanco → estantería convencional de paletas; 5 alturas y 1 columna

Reserva:

Rosa → estantería convencional doble hueco; 5 alturas y 6 columnas  
Negro → estantería convencional de cajas C; 13 alturas y 11 columnas  
Amarillo → estantería convencional de paletas; 5 alturas y 7 columnas  
Marrón → estantería convencional compacta

Zona Automatizada:

Azul claro → Miniload 1, 13 alturas y 18 columnas  
Azul oscuro → Miniload 2, 13 alturas y 18 columnas

Expedición y recepción:

Gris oscuro → zona expedición recepción  
Azul → muelles de carga

Administración:

Marrón claro → zona de administración

Mediante el diseño en planta del almacén, ha sido posible disponer de una referencia visual del almacén, diseñar las distintas zonas, distinguir entre los diferentes tipos de estantería y finalmente cuantificar las dimensiones del almacén. De este modo, se ha estimado una superficie de almacén necesaria de 1066,2 m<sup>2</sup> totales integrados por cada una de las zonas y pasillos del almacén.

Se ha logrado reducir notablemente la superficie de almacén respecto a las configuraciones anteriores. El almacén que ha sido obtenido en esta tercera configuración ocupa 1066,2 m<sup>2</sup>, 2139,156 m<sup>2</sup> menos respecto a la primera configuración y 531,8 m<sup>2</sup> menos respecto a la segunda configuración, por lo que, finalmente, se ha logrado el objetivo planteado en esta configuración de disminuir la superficie del almacén utilizando medios automáticos que permiten la reducción de los pasillos y realizando un ajuste para un mejor aprovechamiento de los huecos. A continuación, se va a estudiar los datos económicos de coste e inversión de la tercera configuración.

#### 4.4.6. Análisis de coste e inversión

El análisis de coste e inversión sólo es posible realizarlo una vez definidos todos los aspectos anteriores. El cálculo de coste e inversión es imprescindible para cuantificar las decisiones tomadas anteriormente y posteriormente comparar los resultados respecto a otras decisiones para finalmente elegir la más adecuada.

Se ha dividido el análisis de coste e inversión en siete apartados:

- Instalaciones
- Medios de almacenamiento
- Medios de manutención
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía
- Otros equipamientos
- Instalaciones y equipo

Para el cálculo del coste anual se ha empleado un método sencillo como el DFC. Los métodos de DCF determinan el valor actual de los flujos de fondos futuros descontándolos de una tasa que refleja el coste de capital aportado. Esto es necesario porque los flujos de fondos en

diversos períodos no pueden ser comparados directamente puesto que no es lo mismo contar con una cantidad de dinero ahora que en el futuro.

- Instalaciones:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Superficie nave (m <sup>2</sup> )	1066,2	340	362508	20	5,101	71066,07
Servicios generales	1066,2	30	31986	20	5,101	6270,54

**Tabla 95: Costes de instalaciones**

- Medios de almacenamiento:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Estantería conv. Paleta	215	20	4300	10	4,339	991,01
Estantería conv. caja A y B	47	30 euros/m <sup>2</sup>	1421,55	10	4,339	327,62
Estantería conv. caja C	52,065	30 euros/m <sup>2</sup>	1561,95	10	4,339	359,98
Estantería conv. doble hueco	30	22	660	10	4,339	152,11
Estantería compacta	3	30	90	10	4,339	20,74

**Tabla 96: Costes de medios de almacenamiento**

- Medios de mantención:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Carretilla recogepedidos	1	40000	40000	10	4,339	9218,74
Carretilla retráctil	1	21000	21000	10	4,339	4839,84
Miniload	2	150000	300000	10	4,339	69140,35
transpaleta	1	300	300	10	4,339	69,1403549
Miniload ubicación	1872	15	28080	10	4,339	6471,54
Miniload contenedor						

**Tabla 97: Coste de medios de mantención**

- Coste de personal

	cantidad	(€/año) por persona	Total (€/año)
Jefe de almacén	1	30000	30000
Administrativos	1	20000	20000
Almaceneros	4	18000	72000
Personal mantenimiento	3	18000	54000

**Tabla 98: Costes de personal**

- Mantenimiento y energía:

	Coste (€/año)
Equipamiento móvil	12000
Edificios e instalaciones	10,662
Gasto energético	47979

**Tabla 99: Costes de mantenimiento y energía**

- Otros equipamientos:

	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350000	5	3,058	114453,9

**Tabla 100: Costes de otros equipamientos**

- Instalaciones y equipo:

	Metros	Euros/metro	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
rodillos	22,8	1500	34200	10	4,339	7882,01

**Tabla 101: Costes de instalaciones y equipo**

Tras calcular los costes e inversión imputables de cada uno de los apartados descritos anteriormente se obtiene un coste y una inversión total de:

	(€/año)
Coste	523567,55
Inversión	1194827,5

**Tabla 102: Resultados de coste e inversión**

La obtención del coste e inversión anual permite cuantificar las decisiones tomadas anteriormente en el almacén. El resultado obtenido ha sido de 523567,55 euros anuales de coste y 1194827,5 euros anuales de inversión. Respecto a la primera configuración, se ha observado una reducción de coste de 177588,73 euros anuales y una disminución de la inversión de 671958,52 euros anuales. Respecto la segunda configuración, se ha observado un ligero incremento de coste anual de 41378,45 y un ligero incremento de la inversión anual de 47252 euros anuales a pesar de introducir medios automáticos que resultan ser muy costosos.

Es posible interpretar que las modificaciones introducidas y las propuestas adoptadas han sido positivas, se ha logrado mejorar los resultados tanto de coste como de inversión de la primera configuración y se ha obtenido resultados bastante parecidos a los de la segunda configuración utilizando medios mucho más costosos.

En conclusión, las medidas adoptadas como un mayor aprovechamiento del hueco, reducción de los pasillos interiores o reducción de la altura interior del almacén han funcionado bien y se han obtenido resultados parecidos a los de la segunda configuración pero utilizando medios automáticos mucho más costosos. El uso de los medios miniload ha permitido reducir considerablemente los pasillos interiores. La reducción de la altura de las estanterías convencionales compactas a 6 metros ha permitido que la altura interior sea de 6 metros, con lo que el precio unitario del metro cuadrado se ha reducido a 340 euros/m<sup>2</sup>. Se ha definido un nuevo formato logístico de caja y hueco de estantería que ha permitido un mayor aprovechamiento de los huecos. Todas estas medidas han reducido el volumen del almacén a poco más de 1000 m<sup>3</sup>, una reducción muy considerable respecto a las anteriores configuraciones, que eran de 3205,356 m<sup>3</sup> y 1568 m<sup>3</sup> para la primera y la segunda respectivamente. Finalmente, se puede afirmar que las propuestas de mejora han funcionado

correctamente y el coste obtenido del nuevo almacén es de 550004,98 euros anuales y la inversión es de 1274827,5 euros anuales.

#### **4.4.7. Propuestas de mejora**

Con el objetivo de buscar mejorar los resultados de coste e inversión de la tercera configuración, se ha decidido comprobar si resultaría más barato realizar el mismo diseño pero sin la utilización de medios automáticos.

Se ha destacado que la inserción de los medios automáticos suponen costes elevados de equipos (miniload + ubicación + contenedor + rodillos), además de personal adicional de mantenimiento., por lo que se va a realizar un procedimiento idéntico al de la tercera configuración pero utilizando solamente medios convencionales.

#### **4.5. Cuarta configuración**

Una vez que se ha estudiado un almacén con medios automatizados, hay que justificar la utilización de estos medios que resultan ser mucho más costosos que los convencionales.

Para ello se van a tomar las mismas decisiones que en la tercera configuración pero sin la posibilidad de la utilización de medios automáticos.

Se busca estudiar una configuración idéntica a la tercera configuración sin la utilización de medios automáticos para justificar que no es necesario el uso de medios automáticos.

##### **4.5.1. Medios de almacenamiento**

Las estanterías definidas son estantería convencional de cajas, estantería convencional de paletas, estantería convencional doble hueco y estantería convencional compacta en la zona de reserva y estantería convencional de caja y estantería convencional de paleta en la zona de picking. (Ver apartado 4.4.1)

##### **4.5.2. Medios de manutención**

Para la obtención de los medios de almacenamiento necesarios, se ha tenido en cuenta las dimensiones de las estanterías y su accesibilidad. En base a esto definimos para cada tipo de estantería cuál es el medio de manutención más adecuado, intentando hacer coincidir el máximo número de medios entre ellas, para poder estandarizar el transporte de materiales.

De igual modo que en las anteriores configuraciones, contamos con la restricción que la dirección ha impuesto acerca de que el servicio de los pedidos no puede superar los 5 días desde que se recibe el pedido hasta que éste es servido.

Del mismo modo, la empresa trabaja 4 horas por la mañana para la recepción de camiones y reposición del almacén y 4 horas por la tarde para la preparación de los pedidos y expedición de los mismos.

Cumpliendo con estas políticas marcadas por la dirección, lo primero ha sido realizar un estudio para conocer qué cantidad de líneas de pedido es necesario mover a la hora para servir a los clientes dentro del plazo de los cinco días que marca la dirección.

En función de la productividad LP/hora calculada, es posible definir la cantidad de medios de manutención necesarios y cumplir con el plazo. Los datos obtenidos en la primera configuración son igual de válidos para esta cuarta configuración y no es necesario volver a realizarlos (ver apartado 4.2.2).



En esta cuarta configuración los medios elegidos para el manejo de paletas son los siguientes:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla retráctil (6m)	1	20	3	21000

**Tabla 103: Medios de manutención para el manejo de paletas cuarta configuración**

Se ha decidido escoger una carretilla retráctil como medio de manutención para el transporte de paletas. Mediante una unidad de carretilla retráctil, se dispone de una productividad de 20 LP/hora, que es más que suficiente para servir a tiempo los pedidos de paletas. Se ha elegido una carretilla retráctil que permite realizar operaciones con paletas en altura con capacidad de elevación de 6 m de altura.

Sin embargo, la carretilla retráctil no puede realizar tareas de carga y descarga de paletas debido al mástil. Por este motivo, ha sido necesario escoger una transpaleta manual para la realización de actividades de descarga y descarga de vehículos. Los datos de productividad de la transpaleta manual se exponen en la siguiente tabla:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Transpaleta manual	1	15	3	300

**Tabla 104: Medios de manutención de paletas cuarta configuración**

Transporte de cajas y unidades:

Respetando los mismos criterios seguidos en la primera configuración, se ha estimado que el tiempo de preparación de las LP de cajas y unidades es el mismo. La productividad necesaria para servir en un máximo de 5 días los pedidos no se ha visto afectada y es idéntica a la calculada para la primera configuración, es decir mayor o igual a 213 LP/hora. Los medios de manutención seleccionados en este caso se muestran en la tabla siguiente:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos(6m)	3	240	213	120000

**Tabla 105: Medios de manutención para el manejo de cajas y unidades cuarta configuración**

Se han escogido 3 carretillas recogepedidos para realizar las operaciones en altura de los formatos de cajas y unidades. Son necesarias 3 carretillas recogepedidos cuya productividad suma 240 LP/hora para cubrir las 213LP/hora de operario necesarias y no incurrir en retrasos. Se han escogido 3 carretillas recogepedidos pero con una capacidad de elevación de 6 metros de acuerdo a las estanterías definidas.

En la siguiente tabla se resumen los medios de manutención seleccionados para la cuarta configuración:

Medio de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario	Líneas de pedido por hora de operario necesarias	Coste (€)
Carretilla recogepedidos(6m)	3	240	213	120000
Carretilla retráctil(6m)	1	20	3	21000
Transpaleta manual	1	15		300

**Tabla 106: Resumen medios de manutención cuarta configuración**

En conclusión, los medios de manutención seleccionados para la cuarta configuración son 3 carretillas recogepedidos con elevación hasta 6 metros, 1 carretilla retráctil con elevación hasta 6 metros y 1 transpaleta manual. La carretilla recogepedidos se empleará para actividades en altura con cajas y unidades, la carretilla retráctil se empleará para actividades en altura con paletas y la transpaleta manual se empleará para la carga y descarga de vehículos puesto que la carretilla retráctil no puede realizar esta función.

#### 4.5.3. Transporte de stock en el almacén

Recepción y descarga:

Esta tarea se lleva a cabo durante las cuatro primeras horas de la mañana. Se realizará mediante la transpaleta manual y recogepedidos. A partir del apartado se sabe que de media se espera la salida de 11,41 m<sup>3</sup> de producto diario. La salida y la entrada de material se suponen iguales para mantener un stock de media constante en el almacén.

Ubicación a estanterías:

Tras la descarga, se procede por un lado a desempaquetar las paletas multi-referencia. Posteriormente, las referencias de tipo A y B y las referencias tipo C son almacenadas separadamente en estanterías de cajas mediante los carros recogepedidos. El lado estrecho de la caja se dispondrá frente al pasillo para maximizar el espacio. Por otro lado, se almacenan las paletas mono-referencia mediante la carretilla retráctil. Si la estantería es convencional de paleta o de doble hueco, las paletas se almacenarán con el lado estrecho de 1000mm hacia el pasillo para maximizar el espacio. Si la estantería es compacta, las paletas se dispondrán con el lado de 1200mm frente al pasillo.

Abastecimiento de picking desde reserva:

El abastecimiento de picking desde reserva se realizará mediante los carros recogepedidos en el caso de cajas y mediante la carretilla retráctil en el caso de paletas. En picking, se almacenarán por el lado más estrecho hacia el pasillo para maximizar el espacio.

Preparación de líneas de pedido:

La preparación de las líneas de pedido se hará en función de la estantería. En el caso de una referencia con formato logístico caja, el picking se hará mediante carretillas recogepedidos. En el caso de formato logístico paleta, el picking se realiza mediante la carretilla retráctil.

Expedición:

Se llevará a cabo mediante la transpaleta manual y carretilla recogepedidos.

#### 4.5.4. Dimensionamiento del almacén

Para dimensionar las zonas de almacenamiento de picking y reserva, es necesario calcular los huecos necesarios, y el número de estanterías necesarias para el almacenamiento de todos los artículos.

En esta configuración, al igual que en las anteriores, la política de gestión del almacén se ha decidido como gestión fija en el área de Picking y de gestión aleatoria para el área de Reserva.

De acuerdo con las propuestas de mejora expuestas, se ha querido reducir la altura del almacén a un máximo de 6 metros y aumentar el aprovechamiento de los huecos. Con ello, se busca por un lado reducir el precio unitario del metro cuadrado de almacén y disminuir la superficie del almacén.

Los huecos definidos para esta configuración son los mismos definidos en la tercera configuración (ver apartado 4.4.3)

A continuación, se muestra la tabla resumen de los huecos de la zona de picking y de la zona de reserva:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona Reserva	Estantería conv. caja (A y B)	1794
	Estantería conv. caja ( C )	1120
	Estantería conv. paleta	208
	Estantería conv. doble hueco	27
	Estantería compacta	3
Zona Picking	Estantería conv. cajas A y B	1815
	Estantería conv. cajas ( C )	1146
	Estantería conv. cajas	291
	Estantería conv. paleta	5

**Tabla 107: Resumen de huecos de picking y reserva cuarta configuración**

Una vez obtenido el número total de huecos necesarios para cada estantería en cada zona del almacén, se puede calcular la superficie de almacenaje de cada estantería en cada zona.

##### 4.5.4.1. Dimensionado zona de reserva

El dimensionado del área de reserva es el mismo realizado en la tercera configuración (ver apartado 4.4.4.1.).

El único cambio se ha realizado en el dimensionado de las estanterías de cajas A y B como se ve a continuación:

Convencional caja (A y B)	nº alturas	13	largo zona (m)	14,95
	nº filas	6	ancho zona (m)	2,7
	nº columnas	23	alto zona (m)	5,85
	huecos	1794	superficie (m <sup>2</sup> )	40,365

**Tabla 108: Dimensionado estantería convencional de caja (A y B)**

La superficie de almacenaje de la zona de reserva es 160,17 m<sup>2</sup>.

#### 4.5.4.2. Dimensionado zona de picking

En cuanto a la zona de picking, se han definido 3 tipos de estanterías: estantería convencional de cajas, estantería convencional de cajas (C) y estantería convencional de paleta. Las referencias almacenadas en estanterías convencionales de cajas son aquellas tipo A y B, almacenadas en estanterías de formato paleta en la zona de reserva o bien aquellas almacenadas en estanterías de cajas A y B de la zona de reserva.

En la siguiente tabla se muestran los huecos necesarios de cada tipo estantería de la zona de picking:

Zona	Tipo de estantería	Huecos necesarios
Zona Picking	Estantería conv. caja	291+1815=2106
	Estantería conv. caja ( C )	1146
	Estantería conv. paleta	5

**Tabla 109: Huecos necesarios zona picking cuarta configuración**

Los huecos necesarios de estantería convencional de cajas, convencional de cajas (C) y convencional de paleta suman un total de 3257 huecos en la zona de picking.

En la siguiente tabla se muestra el volumen en metros cúbicos que representan los huecos necesarios de cada estantería:

Tipo de estantería	Huecos necesarios	Volumen (m <sup>3</sup> )
Estantería conv. caja	2106	277,20225
Estantería conv. caja (C)	1146	150,84225
Estantería conv. paleta	5	8,91
<b>Total</b>	<b>3257</b>	<b>436,9545</b>

**Tabla 110: Volumen de los huecos Zona picking cuarta configuración**

El volumen de huecos total de la zona de picking calculado para esta configuración es 436,9545 m<sup>3</sup>.

En la zona de Picking, se ha calculado la superficie de almacenaje por tipo de estantería como se muestra en las siguientes tablas:

Convencional caja (A y B)	nº alturas	13	largo zona (m)	11,7
	nº filas	9	ancho zona (m)	4,05
	nº columnas	18	alto zona (m)	5,85
	huecos	2106	superficie (m <sup>2</sup> )	47,385

**Tabla 111: Dimensionado estantería convencional de caja (A y B)**

Convencional caja (C)	nº alturas	13	largo zona (m)	11,7
	nº filas	5	ancho zona (m)	2,25
	nº columnas	18	alto zona (m)	5,85
	huecos	1170	superficie (m <sup>2</sup> )	26,325

**Tabla 112: Dimensionado estantería convencional de caja (C)**

Convencional de paletas	nº alturas	5	largo zona (m)	1,1
	nº filas	1	ancho zona (m)	1,35
	nº columnas	1	alto zona (m)	6
	huecos	5	superficie (m <sup>2</sup> )	1,485

**Tabla 113: Dimensionado estantería convencional de paletas**

Se han definido 3 tipos de estanterías para almacenar las distintas referencias en la zona de reserva (ver apartado 4.4.1). Primeramente, se han utilizado 9 estanterías convencionales de cajas (A y B) de 13 alturas por 18 columnas. Seguidamente, se han utilizado 5 estanterías convencionales de caja (C) de 13 alturas por 18 columnas. Por último, se ha utilizado 1 estantería convencional de paletas de 5 alturas por 1 columna.

El largo de la zona se ha obtenido multiplicando el número de columnas por el largo del hueco y el ancho de la zona resulta de la multiplicación del número de filas por el ancho del hueco. Multiplicando el largo de la zona por el ancho de la zona obtenemos la superficie que ocupan el total de las estanterías.

La siguiente tabla muestra la superficie de almacenaje de cada estantería y la superficie total de la zona de picking:

Tipo de estantería	Superficie (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
Convencional de cajas (A y B)	47,385	75,195
Convencional de cajas (C)	26,325	
Convencional de paletas	1,485	

**Tabla 114: Volumen total de almacenaje zona picking cuarta configuración**

Finalmente, se ha obtenido un área total de estantería convencional de cajas (A y B) de 47,385 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de cajas (C) de 26,325 m<sup>2</sup>, de estantería convencional de paleta de 1,485 m<sup>2</sup>. La suma de todas las áreas forma un área de 75,195 m<sup>2</sup>. Este volumen representa el volumen ocupado por las distintas estanterías en el área de picking. Si lo comparamos con el volumen obtenido en la primera configuración, que era de 106,275 m<sup>2</sup>, y el de la segunda configuración, que era de 121,125 m<sup>2</sup>, se ha visto reducida considerablemente la superficie. Sin embargo, ha aumentado respecto a la tercera configuración puesto que ha sido necesario añadir estanterías de picking para todas las referencias A y B.

#### 4.5.4.3. Dimensionado zona de recepción y expedición:

La superficie de la zona de recepción y expedición no ha sufrido ninguna variación respecto a la primera configuración. La superficie de la zona es de 91,2 m<sup>2</sup>.

#### 4.5.5. Diseño en planta del almacén

Una vez obtenido el área de recepción y expedición, se ha finalizado por dimensionar la superficie de estanterías de picking, la superficie de estanterías de reserva y la zona de carga y descarga como se muestra en la siguiente tabla:

Superficie de picking (m <sup>2</sup> )	Superficie de reserva (m <sup>2</sup> )	Total picking + reserva (m <sup>2</sup> )	Zona recepción expedición(m)	Total almacén (m <sup>2</sup> )
75,195	158,415	233,44	91,2	324,64

**Tabla 115: Superficie del almacén cuarta configuración**

El volumen total de las zonas calculadas es de 324,64 m<sup>2</sup>. Sin embargo hay que tener en cuenta los pasillos interiores del almacén entre estanterías según los medios previamente seleccionados (ver apartado 4.3.2) y otras zonas como por ejemplo una zona de administración.



El almacén quedaría distribuido de esta manera. Se puede observar bien definidas cada una de las zonas anteriormente mencionadas como picking, reserva, recepción y expedición, administración y los pasillos internos del almacén. Se ha utilizado un color diferente para cada una de las estanterías definidas. De este modo, en cada zona, cada color corresponde a un tipo de estantería diferente:

Picking:

Verde → estantería convencional de cajas C; 13 alturas y 18 columnas

Azul oscuro → estantería convencional de cajas A y B; 13 alturas y 18 columnas

Blanco → estantería convencional de paletas; 5 alturas y 1 columna

Reserva:

Rosa → estantería convencional doble hueco; 5 alturas y 6 columnas

Negro → estantería convencional de cajas C; 13 alturas y 11 columnas

Amarillo → estantería convencional de paletas; 5 alturas y 7 columnas

Marrón → estantería convencional compacta

Azul claro → estantería convencional de cajas A y B; 13 alturas y 23 columnas

Expedición y recepción:

Gris oscuro → zona expedición recepción

Rojo → muelles de carga

Administración:

Marrón claro → zona de administración

Mediante el diseño en planta del almacén, ha sido posible disponer de una referencia visual del almacén, diseñar las distintas zonas, distinguir entre los diferentes tipos de estantería y finalmente cuantificar las dimensiones del almacén. De este modo, se ha estimado una superficie de almacén necesaria de 1123,46 m<sup>2</sup> totales integrados por cada una de las zonas y pasillos del almacén.

Se ha logrado reducir notablemente la superficie de almacén respecto a la primera y la segunda configuración y ha aumentado muy poco respecto a la tercera. El almacén que se ha obtenido en esta cuarta configuración ocupa 1123,46 m<sup>2</sup>, 2081,9 m<sup>2</sup> menos que en la primera configuración, 474,54 m<sup>2</sup> menos que en la segunda configuración y 57,26 m<sup>2</sup> más que en la tercera configuración, por lo que utilizar tan sólo medios convencionales donde antes se utilizaron medios automáticos sólo ha supuesto un aumento de 57,26 m<sup>2</sup> de superficie. A continuación, se va a estudiar los datos económicos de coste e inversión de la cuarta configuración.

#### 4.5.6. Análisis de coste e inversión

El análisis de coste e inversión sólo es posible realizarlo una vez definido todos los aspectos anteriores. El cálculo de coste e inversión es imprescindible para cuantificar las decisiones tomadas anteriormente y posteriormente comparar los resultados respecto a otras decisiones para finalmente elegir la más adecuada.

Se ha dividido el análisis de coste e inversión en seis apartados:

- Instalaciones
- Medios de almacenamiento
- Medios de manutención
- Coste de personal
- Mantenimiento y energía

- Otros equipamientos

Para el cálculo del coste anual se ha empleado un método sencillo como el DFC. Los métodos de DCF determinan el valor actual de los flujos de fondos futuros descontándolos de una tasa que refleja el coste de capital aportado. Esto es necesario porque los flujos de fondos en diversos períodos no pueden ser comparados directamente puesto que no es lo mismo contar con una cantidad de dinero ahora que en el futuro.

- Instalaciones:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Superficie nave (m <sup>2</sup> )	1123,46	340	381976,4	20	5,101	74882,65
Servicios generales	1123,46	30	33703,8	20	5,101	6607,29

**Tabla 117: Costes de instalaciones**

- Medios de almacenamiento:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Estantería conv. Paleta	215	20	4300	10	4,339	991,02
Estantería conv. caja A y B	88	30 euros/m <sup>2</sup>	2632,5	10	4,339	606,71
Estantería conv. caja C	52,065	31 euros/m <sup>2</sup>	1561,95	10	4,339	359,98
Estantería conv. Doble hueco	30	22	660	10	4,339	152,11
Estantería compacta	3	30	90	10	4,339	20,74

**Tabla 118: Costes de medios de almacenamiento**

- Medios de manutención:

	Nº	Precio unitario (€/Ud.)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Carretilla recogepedidos	3	40000	120000	10	4,339	27656,14
Carretilla retráctil	1	21000	21000	10	4,339	4839,83
Transpalleta manual	1	300	300	10	4,339	69,14

**Tabla 119: Costes de medios de manutención**



- Coste de personal

	cantidad	(€/año) por persona	Total (€/año)
Jefe de almacén	1	30000	30000
Administrativos	1	20000	20000
Almaceneros	4	18000	72000

**Tabla 120: Costes de personal**

- Mantenimiento y energía:

	Coste (€/año)
Equipamiento móvil	12000
Edificios e instalaciones	11,2346
Gasto energético	50555,7

**Tabla 121: Costes de mantenimiento y energía**

- Otros equipamientos:

	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste Anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	350000	5	4,339	114453,9

**Tabla 122: Costes de otros equipamientos**

Tras calcular los costes e inversión imputables de cada uno de los apartados descritos anteriormente se obtiene un coste y una inversión total de:

	(€/año)
Coste	415206,43
Inversión	916224,65

**Tabla 123: Resultados de coste e inversión cuarta configuración**

La obtención del coste e inversión anual permite cuantificar las decisiones tomadas anteriormente en el almacén. El resultado obtenido ha sido de 415206,43 euros anuales de coste y 916224,65 euros anuales de inversión. Se ha observado que se ha reducido los costes e inversión respecto a cada una de las configuraciones propuestas anteriormente.

Es posible interpretar que las modificaciones introducidas y las propuestas adoptadas han ayudado positivamente y se ha logrado mejorar los resultados tanto de coste como de inversión de las configuraciones anteriores.

En conclusión, las medidas tomadas a lo largo de las configuraciones anteriores más las medidas tomadas en ésta como el formato de cajas, las dimensiones del hueco, un mayor aprovechamiento de los huecos, la disminución de la altura interna del almacén hasta una altura de 6 metros y la selección de los distintos medios de manutención y almacenamiento, han propiciado obtener la cuarta configuración con menores costes e inversión respecto a las demás configuraciones estudiadas. El objetivo planteado de tomar decisiones de tipo convencional donde en la tercera configuración se permitía tomar decisiones de medios automáticos ha sido posible gracias a esta configuración y ha revelado la configuración de menores costes e inversión.

## 5. Solución adoptada

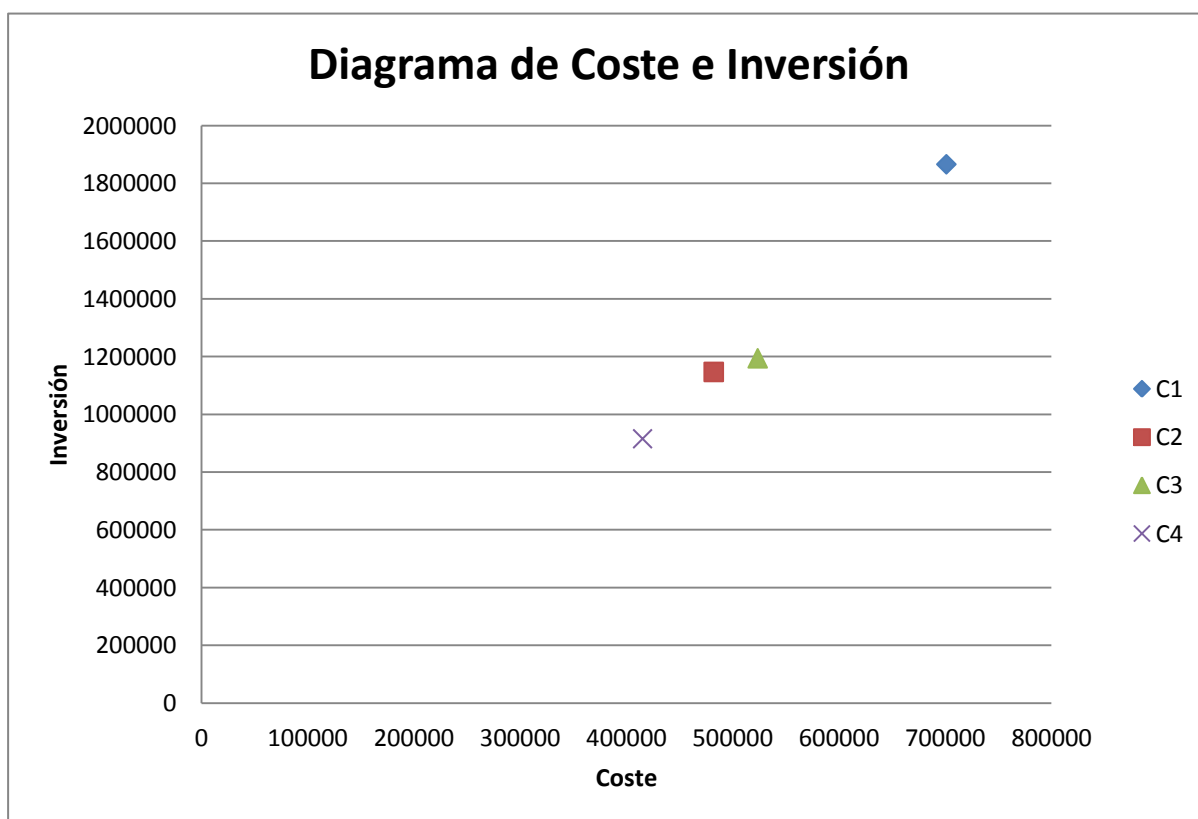
Una vez estudiadas distintas configuraciones del almacén, en las que se han tomado diferentes decisiones acerca del tipo de medios de almacenamiento, medios de manutención, formato logístico, transporte de materiales, ubicación en el almacén de las referencias y medios de almacenamiento, entre otras, se debe proceder al estudio comparativo de los distintos resultados económicos de las distintas configuraciones y seleccionar la configuración adoptada para el futuro almacén.

Para la realización del estudio comparativo, se han recopilado los resultados económicos de las distintas configuraciones que se muestran en la siguiente tabla:

	C1	C2	C3	C4
<b>Coste (€)</b>	701156,278	482189,095	523567,55	415206,43
<b>Inversión (€)</b>	1866786,02	1147575,5	1194827,50	916224,65

**Tabla 124: Resumen de coste e inversión de las distintas configuraciones**

A continuación, se ha elaborado un diagrama de coste e inversión con los datos previos de las distintas configuraciones:



**Gráfico 6: Diagrama de coste e inversión**

Como se observa, la primera configuración presenta con diferencia los peores resultados tanto de coste como de inversión. Esto se debe a que la primera configuración se ha realizado en base a conjeturas y especulaciones partiendo de cero. Se observa que la segunda configuración presenta una mejora notable de los resultados de coste e inversión respecto a la

primera configuración. Esto se debe a que las medidas de mejora implantadas han surtido su efecto. La tercera configuración, donde se han integrado medios automáticos, presenta unos costes e inversión muy similares aunque un poco superiores a los de la segunda configuración. La cuarta configuración, que representa la versión convencional de la tercera configuración, presenta los mejores resultados de coste e inversión, siendo éstos los más bajos. Se observa que se ha logrado reducir prácticamente a la mitad los datos de coste e inversión de la primera configuración y también se han reducido respecto a la segunda y tercera configuración. Por ello, se observa que la cuarta configuración mejora en coste e inversión a las otras configuraciones y es inútil calcular el payback como criterio de comparación.

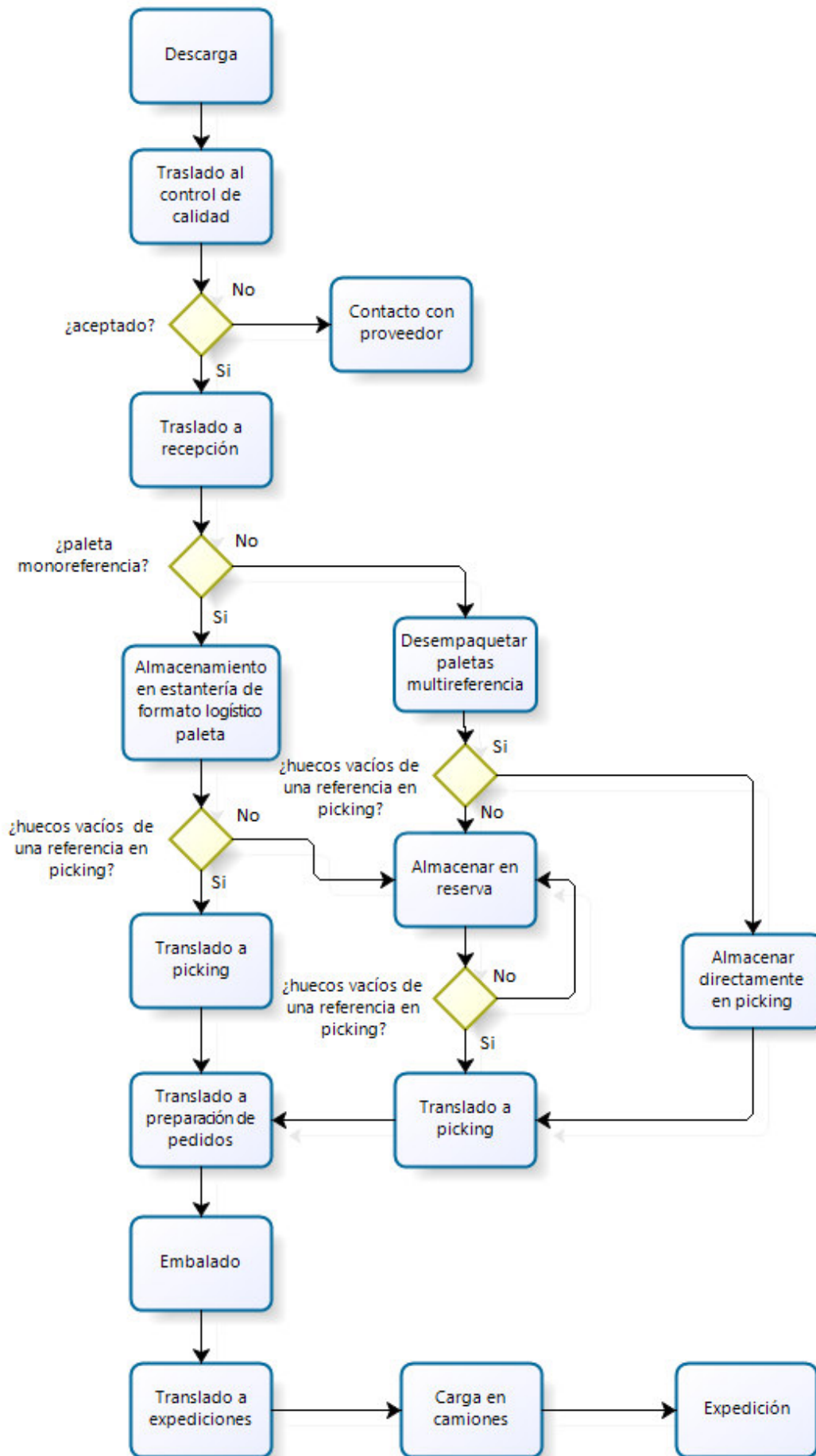
De este modo, se recomienda a la dirección de la empresa que seleccione la cuarta configuración de entre las configuraciones estudiadas, ya que es aquella que presenta los mejores resultados económicos, siendo los costes anuales de 415206,43 euros y la inversión anual de 916224,65 euros.

## 6. Procedimientos operativos

Los procedimientos operativos del almacén como recepción, comprobación, almacenamiento, movimientos internos, reposición de picking, preparación de pedidos y expediciones siguen un orden determinado que se muestra en el siguiente esquema.

1. En primer lugar los operarios se encargan de descargar los camiones que llegan a los muelles. Una vez descargado, se transporta la mercancía a la zona de control de calidad.
2. Una vez en dicha zona, el personal comprueba que los productos están conformes a los pedidos realizados. Se realiza una inspección visual y se marca como aceptado. En caso contrario, se debe contactar con el proveedor para gestionar de nuevo los pedidos.<sup>4</sup>
3. Habiendo sido aceptado, se diferencia si la paleta se trata de paleta mono-referencia o paleta multi-referencia. En el caso de ser paleta mono-referencia, esta referencia se almacenará en estantería de formato paleta. En caso contrario, se trata de paleta multireferencia.
4. En el caso de ser paleta multi-referencia, primero se desempaqueta antes de proceder al almacenaje.
5. A la hora de almacenar una paleta mono-referencia, primero hay que comprobar que no existan huecos vacíos en picking para almacenarlo en reserva. En el caso de haber, primero se llenaran los huecos de picking.
6. A la hora de almacenar las referencias de una paleta multi-referencia, siguiendo el mismo criterio que de una paleta mono-referencia, primero hay que comprobar que no existan huecos vacíos en picking antes de almacenarlo en reserva. En el caso de haber, se almacenarán directamente en picking.
7. Las referencias almacenadas en reserva, serán trasladadas a picking cuando se cumpla que hay huecos disponibles de esas referencias.
8. Posteriormente se realizará la preparación de pedidos.
9. Seguidamente se procede al embalado y precintado por los operarios de las líneas de pedido antes del traslado a expediciones.
10. Finalmente se carga el camión para la expedición final.

Esquema flujo logístico:



## 7. Resumen y conclusiones

El papel de los almacenes en la cadena de abastecimiento ha evolucionado, pasando de ser instalaciones dedicadas a almacenar a convertirse en centros enfocados al servicio y al soporte de la organización. Un centro de distribución eficaz tienen un impacto fundamental en el éxito global de la cadena logística. Para ello este centro debe estar ubicado en el lugar óptimo.

Los objetivos del diseño, y layout de los almacenes son facilitar la rapidez de la preparación de los pedidos, la precisión de los mismos y la colocación más eficiente de las existencias, todos ellos en pro de conseguir potenciar las ventajas competitivas contempladas en el plan estratégico de una organización, regularmente consiguiendo ciclos de pedido más rápidos y con mejor servicio al cliente.

Este trabajo, ha consistido en el diseño de un almacén de artículos tipo bazar que asegure el servicio y cumpla con las restricciones de superficie, financiación, plazo de servicio y horas de dedicación marcadas por la dirección.

Para ello, se han estudiado una serie de configuraciones, donde se han tomado distintas decisiones para explorar diversas alternativas de diseño, y se han cuantificado económicamente estas configuraciones mediante los resultados de coste e inversión.

La primera configuración, donde se han tomado decisiones de tipo convencional, presenta los peores resultados de coste e inversión ya que se ha realizado en base a conjeturas y especulaciones partiendo de cero. Tras detectar que los principales generadores de coste de la primera configuración han sido la superficie, los medios de almacenamiento y los medios de mantenimiento, se ha decidido tomar medidas en la segunda configuración que afectan a estos apartados. Así, en la segunda configuración se ha buscado un mayor aprovechamiento de los huecos, reducir el número de estanterías y seleccionar medios de mantenimiento de pasillos más estrechos, que finalmente han reducido claramente la superficie del almacén y los principales generadores de coste. En la tercera configuración, a diferencia de las dos anteriores, se han tomado decisiones de tipo convencional y automático. Con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos en las configuraciones previas, se ha reducido por un lado el precio unitario del metro cuadrado disminuyendo la altura interior del almacén, y por otro lado, se ha buscado disminuir aún más la superficie de almacén utilizando medios automáticos de pasillos más estrechos y utilizando un nuevo formato logístico de caja. La tercera configuración presenta unos costes e inversión muy similares aunque un poco superiores a los de la segunda configuración. Cabe tener en cuenta que los medios automáticos suponen muchos costes e inversión y que la superficie de almacén y el precio unitario del metro cuadrado se han visto reducidos, por lo que las medidas sí que han resultado efectivas. Por último, se ha realizado la versión totalmente convencional de la tercera configuración para justificar la utilización de medios automáticos. De este modo, se han obtenido las ventajas de la tercera configuración de menor superficie y precio unitario por metro cuadrado del almacén y no se han incurrido los altos costes e inversión de los medios automáticos. Los resultados de la cuarta configuración mejoran en costes e inversión a los resultados de las configuraciones estudiadas previamente, como se puede observar en el diagrama de coste e inversión (Gráfico 6). A raíz

de estos resultados y teniendo en cuenta que el volumen de material que se expide de media cada día desde el almacén es reducido ( $11,41 \text{ m}^3$ ), no se justifica la utilización de medios automáticos. Por tanto, la cuarta configuración es la más próxima a la nube de puntos que forman un arco que delimita el espacio de las posibilidades reales de diseño eficiente de un almacén. Como resultado de los datos obtenidos tras la comparación de las cuatro configuraciones, se recomienda a la dirección de la empresa implementar el modelo de la cuarta configuración para su nuevo almacén central de artículos tipo bazar. Así pues, este trabajo ha proporcionado un diseño de almacén que permite a la empresa cubrir sus objetivos de servicio y económicos, cumpliendo a la vez sus restricciones

Mi valoración personal sobre este TFG ha sido muy positiva. Elegí este TFG porque prefería realizar un trabajo relacionado con un caso real. Obviamente, al tratarse de un caso real, la dificultad ha sido muy elevada desde el principio. Durante mis estudios de grado no he llevado a cabo ningún trabajo de este tipo ni tan enfocado a la realidad, de ahí la dificultad y el tiempo que he tenido que invertir hasta comprender la metodología de trabajo. Además, al tratarse de un trabajo tan específico, ha sido muy complicado encontrar documentación e información sobre diseños de almacén, ya que estos diseños son realizados por empresas de manera confidencial y no son accesibles para personas ajenas a la empresa. Sin embargo, finalmente he entendido perfectamente la metodología de trabajo. El reto principal fue obtener la primera configuración del trabajo partiendo de especulaciones y deducciones personales desde cero. Una vez obtenida ésta, por deficiente que fuese, el trabajo cobró sentido para mí, y partiendo de una mala solución disfruté con el reto de mejorar continuamente los resultados económicos de la configuración hasta conseguir una hipotética solución óptima.

Es posible encontrar una solución que mejore la solución propuesta en este trabajo. Además, podrían realizarse más iteraciones con más variables y otras tomas de decisión, como aumentar la altura del almacén a la vez que se disminuye la superficie. Esos supuestos posibilitarían nuevas configuraciones que podrían aportar interesantes resultados a valorar por una compañía. Sin embargo, no existen los medios técnicos para explorar todas las posibles soluciones puesto que hay una por cada decisión distinta que se tome.



## 8. Bibliografía

- [https://es.wikipedia.org/wiki/Centro\\_de\\_distribuci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Centro_de_distribuci%C3%B3n), último acceso 15/08/15
- <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-de-almacenes/dise%C3%B1o-y-layout-de-almacenes-y-centros-de-distribuci%C3%B3n/>, último acceso 23/08/15
- [http://www.consultoralogistica.com/fs\\_files/user\\_img/Publicaciones/Publicacion%20-%20Diseno%20logistico%20de%20un%20CD.pdf](http://www.consultoralogistica.com/fs_files/user_img/Publicaciones/Publicacion%20-%20Diseno%20logistico%20de%20un%20CD.pdf), último acceso 01/09/15
- <http://logisticayabastecimiento.jimdo.com/almacenamiento/dise%C3%B1o-y-layout-de-almacenes-y-centros-de-distribuci%C3%B3n/>, último acceso 02/09/15
- Manual Técnico del Almacenaje. Mecalux, S.A., 2011.

## 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**

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 5. Tasas de actividad en equipamiento automático**

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

## 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 Mantenimiento**

Para todas las soluciones que impliquen automatización asumir 3 personas 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 <sup>2</sup>
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 €/m<sup>2</sup>.

La instalación de los servicios generales del edificio (calefacción, luz, agua...) se estima en 30 €/m<sup>2</sup>.

### 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 retráctil 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**

<b>ESTANTERIAS (10 años de vida útil)</b>	<b>COSTE (€/ubicación)</b>
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**

<b>OTROS EQUIPAMIENTOS</b>	<b>COSTE</b>	<b>Vida útil (años)</b>
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**

EQUIPAMIENTO AUTOMÁTIZADO (10 años de vida útil)	COSTE
Carruseles:	
- Vertical	30.000 €
- Horizontal	40.000 €
Cinta transportadora de cajas	
▪ Trazado simple	1.500 €/m
▪ Trazado complejo	2.500 €/m
Conveyor de palets	
▪ Trazado simple	2.000 €/m
▪ Trazado complejo	3.500 €/m
Miniload hasta 10 m altura	150.000 € + 15 €/ubicación +10 €/contenedor
Transelevador de palets:	
- altura < 16 m	250.000 €
- altura < 30 m	350.000 €
AGVs:	
- si guiados por linea pasiva	50.000 € / vehiculo + 25 €/m
- si guiados por sistema de posicionamiento	+ 45.000 €
Dispensador (A-frame)	600.000 €
Sistema pick-to-light	200 € / ubicacion
Radiofrecuencia	4.000 €/terminal + 7.000 €/base

Tabla 12. Costes de equipamientos automatizados

## 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 energia, iluminación, seguros y otros menores se estiman en 45 €/m<sup>2</sup> 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



**Anexo 7: Datos de partida de stock**

familia	ref	coste (€/ud)	venta (uds/año)	volumen (l/ud)	plazo aprovi (días)	stock minimo (semanas)	stock maximo (semanas)
C	1	1,22	2859	0,16	22	4	6
C	2	3,60	776	1,40	24	6	8
D	3	3,26	44	6,84	14	3	5
A	4	0,48	245	0,35	27	2	8
A	5	5,50	277	0,11	16	5	9
C	6	0,28	1695	0,00	25	6	8
G	7	5,15	415	0,02	13	4	9
G	8	2,41	3411	3,42	23	7	13
F	9	3,49	10	0,09	20	11	14
C	10	2,52	1725	0,00	32	7	10
F	11	1,59	48	0,08	20	5	14
A	12	0,47	309	0,30	22	5	7
E	13	1,51	48	0,00	12	4	6
B	14	0,33	1619	0,09	22	5	7
E	15	3,60	557	0,72	14	8	10
E	16	2,37	2391	0,02	8	1	6
A	17	0,69	303	0,17	21	2	4
B	18	0,97	1254	0,27	16	1	13
D	19	1,29	1537	0,32	11	3	6
B	20	0,11	867	0,19	22	4	7
B	21	0,23	620	0,88	12	7	9
F	22	2,09	7	0,18	27	9	11
C	23	1,18	1370	0,72	36	6	8
G	24	0,74	87	0,14	19	6	16
E	25	1,70	0	0,17	13	4	6
D	26	0,56	125	1,48	14	4	7
B	27	2,24	885	1,13	8	6	14
B	28	3,00	693	0,25	17	6	11
E	29	5,60	1	0,03	7	8	10
B	30	1,45	1042	0,32	19	7	9
G	31	3,69	2	0,09	18	3	11
G	32	9,60	1759	7,94	19	9	12
C	33	1,12	961	0,08	27	5	15
G	34	3,91	22	0,00	17	4	11
B	35	2,10	898	0,59	13	5	11
E	36	1,52	309	1,16	10	6	10
B	37	0,05	646	0,23	18	5	9
C	38	3,79	433	0,00	26	8	10
B	39	4,51	731	0,14	11	5	7
E	40	1,92	22	0,14	8	7	11



E	41	1,23	2516	0,30	9	3	9
E	42	2,75	7	0,08	12	8	10
B	43	0,44	2566	0,30	15	2	12
G	44	5,42	88	0,01	15	7	15
E	45	1,75	6628	0,04	9	5	11
F	46	1,76	0	0,00	25	10	12
C	47	0,77	1542	0,61	21	5	12
A	48	1,59	578	0,12	31	3	5
A	49	2,80	426	0,21	16	5	8
E	50	5,00	70	0,11	15	10	12

### Anexo 8: Datos de partida de pedidos

día	líneas de pedido			Cantidades pedidas		
	Palets	Cajas	Unidades	Palets	Cajas	Unidades
1	0	79	682	0	316	1.364
2	0	0	0	0	0	0
3	16	0	128	32	0	386
4	10	0	113	20	0	0
5	12	0	0	24	0	0
6	2	0	0	2	0	0
7	0	0	474	0	0	474
8	5	0	0	10	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	5	161	0	10	483	0
12	7	0	0	21	0	0
13	19	0	0	38	0	0
14	1	0	0	3	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	7	297	0	7	297
18	5	0	5	5	0	20
19	0	0	1	0	0	4
20	3	0	295	9	0	1.180
21	0	93	0	0	0	0
22	1	318	649	1	318	0
23	3	381	0	6	762	0
24	7	596	0	7	596	0
25	0	0	1	0	0	4