



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA UNA EMPRESA DE ROPA DEPORTIVA CON 12.000 REFERENCIAS

AUTORA: WENYI SUN

TUTOR: MANUEL JAVIER CARDÓS CARBONERAS

Curso Académico: 2020-21

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermano, por ser mi inspiración en la vida y porque gracias a ellos soy quien soy ahora.

A mis amigos, compañeros y profesores, por su acompañamiento en este recorrido académico.

A mi tutor, por brindarme la oportunidad de hacer este trabajo y sus ánimos.

Y en especial, a mi novio, por su apoyo incondicional.

RESUMEN

El objetivo del presente Trabajo Fin de Máster es el diseño de un centro de distribución para una empresa del sector de moda deportiva, con el fin de permitir el abastecimiento a nivel nacional de sus tiendas de venta al público.

Dado que no existe un procedimiento universal para el diseño de centros de distribución, se opta por una metodología iterativa de diseño que permita satisfacer una serie de requisitos analizados y establecidos por la empresa, como son los niveles de inventario, los perfiles de preparación de pedidos, las características de los productos y la inversión del proyecto.

Para llevar a cabo el diseño, primero se deben analizar las condiciones que se exigen cumplir con la actividad de la empresa. A partir de los datos obtenidos, se procede a definir una primera configuración en la que se realiza el dimensionamiento de los medios de almacenamiento, la definición del modelo de funcionamiento para el centro de distribución, el dimensionamiento de los medios de manutención, la distribución en planta, la estimación de costes operativos, la inversión necesaria y la determinación de los procesos operativos.

Tras ello, se hace un análisis de la configuración obtenida y se identifican otras alternativas para tratar de optimizar el diseño, modificando las decisiones de diseño y repitiendo el procedimiento explicado anteriormente. Por último, a través de las sucesivas iteraciones, en las que también se evalúa económicamente cada una de las opciones de diseño, se selecciona una solución final que cumpla con los requisitos establecidos por la empresa y que además proporcione los menores costes anuales y la menor inversión.

Palabras clave: diseño; almacén; centro de distribución; logística; moda deportiva.

RESUM

L'objectiu d'aquest Treball Fi de Màster és el disseny d'un centre de distribució per a una empresa del sector de moda esportiva, amb la finalitat de permetre el proveïment a nivell nacional de les seues botigues de venda al públic.

Atés que no existeix un procediment universal per al disseny de centres de distribució, s'opta per una metodologia iterativa de disseny que permeta satisfer una sèrie de requisits analitzats i establits per l'empresa, com són els nivells d'inventari, els perfils de preparació de comandes, les característiques dels productes i la inversió del projecte.

Per a dur a terme el disseny, primer s'han d'analitzar les condicions que s'exigeixen complir amb l'activitat de l'empresa. A partir de les dades obtingudes, es procedeix a definir una primera configuració en la qual es realitza el dimensionament dels mitjans d'emmagatzematge, la definició del model de funcionament per al centre de distribució, el dimensionament dels mitjans de manutenció, la distribució en planta, l'estimació de costos operatius, la inversió necessària i la determinació dels processos operatius.

Després d'això, es fa una anàlisi de la configuració obtinguda i s'identifiquen altres alternatives per a tractar d'optimitzar el disseny, modificant les decisions de disseny i repetint el procediment explicat anteriorment. Finalment, a través de les successives iteracions, en les quals també s'avalua econòmicament cadascuna de les opcions de disseny, se selecciona una solució final que complisca amb els requisits establits per l'empresa i que a més proporcione els menors costos anuals i la menor inversió.

Paraules clau: disseny; magatzem; centre de distribució; logística; moda esportiva.

ABSTRACT

The objective of this Master's Thesis is the design of a distribution center for a company in the sports fashion sector, in order to allow the nationwide supply of its retail stores.

Since there is no universal method for the design of distribution centers, an iterative design methodology is chosen which enables to provide a series of analyzed requirements and established by the company, such as inventory levels, order preparation profiles, the characteristics of the products and the investment of the project.

To accomplish the design, first, the conditions that are required to fulfill the activity of the company must be analyzed. From the obtained data, it is proceeded to define a first configuration in which is done the sizing of the storage media, the definition of the operating model for the distribution center, the sizing of the handling media, the layout, the estimation of operating costs, the necessary investment and the determination of the operating processes.

After that, it is made an analysis of the configuration obtained and it is identified other alternatives to try to optimize the design, modifying the design decisions and repeating the procedure explained above. Finally, through successive iterations, in which each of the design options is also economically evaluated, a final solution is selected that meets the requirements established by the company and that also provides the lowest annual costs and the lowest investment.

Keywords: design; stock; center of distribution; logistics; sports fashion.

Este escrito consta de los siguientes documentos:

DOCUMENTO I: MEMORIA

DOCUMENTO II: PLANOS

DOCUMENTO I:
MEMORIA



ÍNDICE DE MEMORIA

1. Introducción	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Objeto del documento, alcance y objetivos asociados	7
1.3. Estructura del documento	8
2. Descripción de la empresa y su actividad	8
3. Antecedentes teóricos	9
3.1. Metodología	9
3.2. Medios de almacenamiento	11
3.3. Medios de mantenimiento	12
3.4. Cálculo de niveles de stock	14
3.5. Análisis ABC	15
3.6. Plazos de reposición	16
3.7. Gestión de ubicaciones	16
3.8. Estimaciones de costes	17
4. Análisis de los datos de actividad del almacén	18
4.1. Niveles de inventario	18
4.1.1. Volúmenes de venta por familia	18
4.1.2. Nivel de stock por familia	19
4.2. Preparación de pedidos	20
4.3. Condiciones de almacenamiento y conservación	22
5. Categorías de productos	22
5.1. Familias	23
5.2. Distribución ABC de ventas anuales	23
5.3. Definición de categorías	24
5.4. Formato logístico del proveedor	26
6. Diseño del almacén	27
6.1. Perfil de inventario	27
6.2. Transporte de inventario en cada operación	31
6.3. Configuración 1	32
6.3.1. Definición de los medios de almacenamiento	32
6.3.2. Definición de los medios de mantenimiento	33
6.3.3. Dimensionamiento del almacén	39
6.3.4. Diseño en planta del almacén	43
6.3.5. Estimación de coste e inversión	45
6.3.6. Análisis y propuestas de mejora	47



6.4.	<i>Configuración 2</i>	48
6.4.1.	Definición de los medios de almacenamiento	48
6.4.2.	Definición de los medios de manutención.....	49
6.4.3.	Dimensionamiento del almacén.....	53
6.4.4.	Diseño en planta del almacén.....	55
6.4.5.	Estimación de coste e inversión	57
6.4.6.	Análisis y propuestas de mejora.....	59
6.5.	<i>Configuración 3</i>	60
6.5.1.	Definición de los medios de almacenamiento	60
6.5.2.	Definición de los medios de manutención.....	61
6.5.3.	Dimensionamiento del almacén.....	68
6.5.4.	Diseño en planta del almacén.....	71
6.5.5.	Estimación de coste e inversión	73
6.5.6.	Análisis y propuestas de mejora.....	75
6.6.	<i>Configuración 4</i>	77
6.6.1.	Definición de los medios de almacenamiento	77
6.6.2.	Definición de los medios de manutención.....	78
6.6.3.	Dimensionamiento del almacén.....	83
6.6.4.	Diseño en planta del almacén.....	86
6.6.5.	Estimación de coste e inversión	88
6.6.6.	Análisis y propuestas de mejora.....	90
7.	Análisis económico-financiero	91
8.	Procedimientos principales de la solución propuesta	93
9.	Conclusiones	97
10.	Bibliografía	99



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. DFC según vida útil del medio.	17
Tabla 2. Número de referencias y ventas por familia.	18
Tabla 3. Volumen de ventas por familia.....	18
Tabla 4. Stock mínimo, máximo y medio de cada familia.	19
Tabla 5. Datos de producción máxima a cumplir.	22
Tabla 6. Número de referencias de cada categoría.	25
Tabla 7. Número de referencias según unidad logística.	26
Tabla 8. Niveles de stock de picking y de reserva.....	28
Tabla 9. Actualización de los niveles de stock de la zona de reserva.	29
Tabla 10. Actualización de los niveles de stock de la zona de picking.	30
Tabla 11. Medios de almacenamiento (1ª configuración).	33
Tabla 12. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (1ª configuración).	34
Tabla 13. Medio de manutención para la recepción de camiones (1ª configuración).	35
Tabla 14. Medio de manutención para ubicación de referencias (1ª configuración).....	36
Tabla 15. Medios de manutención para el abastecimiento de picking (1ª configuración).	36
Tabla 16. Medio de manutención para palets en la preparación de pedidos (1ª configuración).	37
Tabla 17. Medio de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (1ª configuración).....	38
Tabla 18. Equipos de manutención para el almacén (1ª configuración).....	39
Tabla 19. Dimensiones de los huecos para palets (1ª configuración).	40
Tabla 20. Dimensiones para los huecos de las cajas/unidades (1ª configuración).....	40
Tabla 21. Número de huecos requeridos según el tipo de estantería (1ª configuración).	40
Tabla 22. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (1ª configuración).....	41
Tabla 23. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (1ª configuración).....	41
Tabla 24. Dimensionado para estantería convencional de cajas/unidades en la zona de picking (1ª configuración).	42
Tabla 25. Dimensiones de las áreas del almacén (1ª configuración).....	43
Tabla 26. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (1ª configuración). 43	
Tabla 27. Leyenda de colores para la distribución en planta (1ª configuración).	44
Tabla 28. Costes de las instalaciones (1ª configuración).	45
Tabla 29. Costes de los medios de almacenamiento (1ª configuración).	45
Tabla 30. Costes de los medios de manutención (1ª configuración).....	46
Tabla 31. Costes del personal (1ª configuración).	46
Tabla 32. Costes de mantenimiento y energía (1ª configuración).	46
Tabla 33. Costes de otros equipamientos (1ª configuración).	46
Tabla 34. Resumen de coste e inversión (1ª configuración).	47
Tabla 35. Medios de almacenamiento (2ª configuración).	48
Tabla 36. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (2ª configuración).	49
Tabla 37. Medio de manutención para la recepción de camiones (2ª configuración).	50
Tabla 38. Medios de manutención para ubicación de referencias y abastecimiento de picking (2ª configuración).....	51
Tabla 39. Producción necesaria de preparación de pedidos (2ª configuración).	52
Tabla 40. Posibles medios de manutención para palets en la preparación de pedidos (2ª configuración).....	52



Tabla 41. Medio de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (2ª configuración).....	52
Tabla 42. Equipos de manutención para el almacén (2ª configuración).....	53
Tabla 43. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (2ª configuración).....	54
Tabla 44. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (2ª configuración).....	54
Tabla 45. Dimensionado para estantería convencional de cajas/unidades en la zona de picking (2ª configuración).	54
Tabla 46. Dimensiones de las áreas del almacén (2ª configuración).....	55
Tabla 47. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (2ª configuración). 55	
Tabla 48. Leyenda de colores para la distribución en planta (2ª configuración).	56
Tabla 49. Costes de las instalaciones (2ª configuración).	57
Tabla 50. Costes de los medios de almacenamiento (2ª configuración).	57
Tabla 51. Costes de los medios de manutención (2ª configuración).....	57
Tabla 52. Costes del personal (2ª configuración).	58
Tabla 53. Costes de mantenimiento y energía (2ª configuración).	58
Tabla 54. Costes de otros equipamientos (2ª configuración).	58
Tabla 55. Resumen de coste e inversión (2ª configuración).	58
Tabla 56. Medios de almacenamiento (3ª configuración).	61
Tabla 57. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (3ª configuración).	62
Tabla 58. Estimación de costes según alternativas de medios de manutención para reposición (3ª configuración).	64
Tabla 59. Medios de manutención para ubicación de referencias y abastecimiento de picking (3ª configuración).....	65
Tabla 60. Posibles medios de manutención para palets en la preparación de pedidos (3ª configuración).....	65
Tabla 61. Medios de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (3ª configuración).....	66
Tabla 62. Equipos de manutención para el almacén (3ª configuración).....	67
Tabla 63. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (3ª configuración).....	68
Tabla 64. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (3ª configuración).....	69
Tabla 65. Dimensionado para estantería dinámica de cajas/unidades en la zona de picking (3ª configuración).....	69
Tabla 66. Dimensionado para carrusel horizontal en la zona de picking (3ª configuración).	69
Tabla 67. Dimensiones de las áreas del almacén (3ª configuración).....	71
Tabla 68. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (3ª configuración). 71	
Tabla 69. Leyenda de colores para la distribución en planta (3ª configuración).	72
Tabla 70. Costes de las instalaciones (3ª configuración).	73
Tabla 71. Costes de los medios de almacenamiento (3ª configuración).	73
Tabla 72. Costes de los medios de manutención (3ª configuración).....	74
Tabla 73. Costes del personal (3ª configuración).	74
Tabla 74. Costes de mantenimiento y energía (3ª configuración).	74
Tabla 75. Costes de otros equipamientos (3ª configuración).	75
Tabla 76. Resumen de coste e inversión (3ª configuración).	75
Tabla 77. Medios de almacenamiento (4ª configuración).	78
Tabla 78. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (4ª configuración).	79



Tabla 79. Medios de manutención para ubicación de referencias y abastecimiento de picking (4ª configuración).....	81
Tabla 80. Producción necesaria de preparación de pedidos (4ª configuración).	81
Tabla 81. Posibles medios de manutención para palets en la preparación de pedidos (4ª configuración).....	82
Tabla 82. Medio de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (4ª configuración).....	82
Tabla 83. Equipos de manutención para el almacén (4ª configuración).....	83
Tabla 84. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (4ª configuración).....	84
Tabla 85. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (4ª configuración).....	84
Tabla 86. Dimensionado para estantería convencional de cajas/unidades en la zona de picking (4ª configuración).	84
Tabla 87. Dimensiones de las áreas del almacén (4ª configuración).....	86
Tabla 88. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (4ª configuración). 86	86
Tabla 89. Leyenda de colores para la distribución en planta (4ª configuración).	87
Tabla 90. Costes de las instalaciones (4ª configuración).	88
Tabla 91. Costes de los medios de almacenamiento (4ª configuración).	88
Tabla 92. Costes de los medios de manutención (4ª configuración).....	89
Tabla 93. Costes del personal (4ª configuración).	89
Tabla 94. Costes de mantenimiento y energía (4ª configuración).	89
Tabla 95. Costes de otros equipamientos (4ª configuración).	90
Tabla 96. Resumen de coste e inversión (4ª configuración).	90
Tabla 97. Costes anuales e inversión de las 4 configuraciones.	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de la metodología iterativa.	10
Ilustración 2. Diagrama de Pareto teórico.	15
Ilustración 3. Diagrama de Pareto aplicado.	23
Ilustración 4. Distribución en planta del almacén (1ª configuración).....	44
Ilustración 5. Distribución en planta del almacén (2ª configuración).....	56
Ilustración 6. Distribución en planta del almacén (3ª configuración).....	72
Ilustración 7. Distribución en planta del almacén (4ª configuración).....	87
Ilustración 8. Comparativa visual entre las 4 configuraciones.	91
Ilustración 9. Diagrama de flujo para los procesos de la primera parte de la jornada.	94
Ilustración 10. Diagrama de flujo para los procesos de la segunda parte de la jornada.	96



1. Introducción

1.1. Antecedentes

Los almacenes son unidades físicas de servicio y soporte en la empresa. Su función es almacenar tanto materias primas como productos semielaborados y/o productos terminados. Tienen como finalidad poder suministrar de forma continua los materiales necesarios para mantener la producción internamente y también para aumentar la flexibilidad, por una parte, desacoplando las etapas de producción y, por otra parte, externamente, desacoplando demanda y oferta, para poder cumplir con los plazos de servicio requeridos por el cliente.

En ellos, se realizan diversas funciones que posibilitan la actividad económica de la empresa, como son la recepción de materias por parte de los proveedores, la expedición a clientes de productos, la preparación de pedidos, la distribución y organización de las diferentes y numerosas referencias, etc. Por tanto, es una parte de la empresa que requiere de numerosos recursos humanos y maquinaria sin aportar valor, pero que guarda todo el valor de la empresa.

Además, no hay que olvidar que todo el inventario que se almacena tiene repercusiones de forma directa al beneficio de la empresa, ya que, si no hay un control exhaustivo de los niveles de stock y de las actividades que se llevan a cabo en ellos, no se puede programar una planificación y ejecutar una estrategia correcta de las compras y los envíos, afectando en el servicio y atención a los clientes y, a su vez, en el resultado de la empresa.

Debido a los efectos que tienen las actividades relacionadas con la logística de los almacenes, es importante realizar una correcta planificación y control de estas. Para conseguir ello, es necesario que el diseño de los centros de distribución también se haga de forma rigurosa y adecuada para poder asegurar movimientos internos más eficientes, minimizar desperdicios y mermas y ajustar el espacio disponible a la capacidad necesaria, lo que conlleva a un mayor aprovechamiento y eficiencia, optimizando así las funciones de almacenamiento y, a su vez, los servicios de distribución ofrecidos al cliente.



1.2. Objeto del documento, alcance y objetivos asociados

El objetivo del presente proyecto es el diseño de un centro logístico, en el que se define todo lo necesario para distribuir el material deportivo a todas las tiendas propias de venta al público de la empresa en cuestión. La finalidad de este es, a su vez, la garantía de suministro de todas las demandas de los clientes, además del cumplimiento de las restricciones impuestas por la Dirección.

Para ello, se va a realizar una serie de configuraciones distintas de almacén obtenidas con los datos de actividad de la empresa, a partir de diferentes opciones y a través de varias iteraciones. En ellas se incluirán también, entre otras cosas, los dimensionamientos de los medios de almacenamiento y medios de manutención. Posteriormente, se seleccionará el diseño de la distribución en planta que mejor resultado obtenga según el criterio escogido, como puede ser el económico (inversión, costes, *payback*...).

El alcance del proyecto es, por tanto, la realización de un diseño de un almacén distribuidor y un plan de logística para una empresa del sector de moda deportiva, de forma que se adapte a sus características comerciales actuales, proporcionando una capacidad acorde y fiable a lo exigido. No obstante, el diseño puede tener que ser modificado por posibles fluctuaciones en la demanda de los clientes, obligando a cambiar así la futura capacidad y las funciones del centro de distribución. en años futuros.

Cabe destacar que, entre otras características, los productos que se comercializan forman parte de 12.000 referencias y 8 familias diferentes. Por tanto, un objetivo asociado es que el centro logístico esté preparado para una correcta organización de la gran variedad de tipos de producto y cumpliendo con los plazos de servicio. De esta forma, se consigue proporcionar la adaptación a entregas adecuadas para los clientes.

Como se ha comentado, el centro logístico diseñado tiene que poder asegurar el suministro de todos los pedidos de los clientes y el cumplimiento de los requisitos que vienen impuestos por la Dirección de la empresa. Para ello, se establecen una serie de restricciones, las cuales se utilizarán como criterios a seguir en el desarrollo del presente trabajo. Estas son los siguientes:

- Una inversión no superior a 1.500.000 €
- Los menores costes asociados posibles
- Un plazo de servicio máximo a los clientes de 5 días
- Una capacidad homogénea y suficiente para las más de 12.000 referencias



1.3. Estructura del documento

La estructura del presente trabajo se compone de diferentes capítulos que abordan los siguientes aspectos:

- Descripción de la empresa y sus procesos.
- Antecedentes teóricos: Metodología utilizada, distintos tipos de medios, etc.
- Análisis de datos de la actividad del almacén.
- Las distintas categorías de productos.
- Perfiles de inventario y transporte interno.
- Diseño del almacén y definición del modelo de funcionamiento: Selección de los medios de almacenamiento, de los de manutención, dimensionado de las distintas zonas, etc.
- Distribución en planta y estimación de costes operativos e inversión necesaria.
- Valoración crítica de la configuración obtenida.
- Búsqueda de alternativas: A través de una serie de iteraciones.
- Análisis final: Estudio económico y cualitativo, y elección de la opción recomendada.
- Características de la solución a implantar.
- Conclusiones.

2. Descripción de la empresa y su actividad

La empresa a la que se le atribuye el presente trabajo pertenece al sector de moda deportiva. Tiene como misión hacer accesible, física y económicamente, el deporte para todo el mundo, fomentando la salud en las personas. Por otra parte, tiene como visión ser una empresa líder en el aprovisionamiento de la ropa deportiva por todo el país, manteniendo sus valores de calidad de producto, precios competitivos y confianza para el cliente.

Se trata de una empresa de retail con un gran número de referencias y numerosas tiendas propias de venta directa al público, repartidas por todas las principales ciudades del país, las cuales proporcionan artículos a precios económicos con una buena relación de calidad-precio. Las referencias que hay en el catálogo se clasifican en distintos tipos de productos. Engloba muchas familias, en este caso, diferentes actividades deportivas, que son: gimnasio, escalada, ciclismo, natación, tenis, caza, pesca y pelota.

Además, todos los productos de cada referencia tienen características distintas, por sus volúmenes unitarios muy variados y un número de ventas anuales también dispares y que difieren según el lugar donde esté ubicada la tienda. Para que cada una de las tiendas pueda mantener el stock necesario cumpliendo las demandas de los clientes, la empresa cuenta con un centro de distribución propio que les abastece cada cierto tiempo de todo lo necesario.

Actualmente, debido a su expansión, el centro de distribución actual tiene una actividad insuficiente y se está estudiando la opción de disponer de un nuevo centro de distribución para poder cumplir con la demanda, adquiriendo un terreno más grande y a un precio más asequible, para seguir manteniendo o incluso mejorar los precios actuales. Por tanto, se busca también que la inversión y los costes del almacén resulten lo más rentables posibles.

Por otra parte, es importante dotar del stock requerido en las tiendas, con el objetivo de no perder ventas y mantener la confianza de los clientes, proporcionando un gran servicio de calidad y competitivo. Por ello, para el presente proyecto, se ha recogido una serie de datos de la actividad de la empresa, que engloba todo lo requerido por las tiendas en cuanto a stock y demanda se refiere. Estos datos han sido analizados en el apartado 4 para poder realizar un diseño del centro de distribución adaptado a su actividad.

Cabe destacar que el centro de distribución es una instalación imprescindible, ya que se trata de la conexión entre los proveedores y la propia empresa y, a su vez, de las tiendas físicas, que son los clientes. Por ello, también es importante el equipo que se vaya a formar para realizar todas las tareas que se lleven a cabo dentro de la nave del almacén. Este estará formado por: almaceneros (encargados de la actividad interna), un jefe de almacén (para organizar a los almaceneros) y un administrativo (encargado de los contactos, la anotación de pedidos, etc.).

La actividad interna del centro de distribución se compone de distintas tareas. Entre ellas, se encuentran de manera principal: la recepción de los camiones, la ubicación de los productos a sus correspondientes estanterías, el abastecimiento de la zona de picking desde la zona de reserva, la preparación de pedidos y la expedición de dichos pedidos con los camiones. Todo ello está más ampliado en el apartado 6.2.

3. Antecedentes teóricos

A continuación, se procede a explicar una serie de aspectos teóricos a tener en cuenta para el posterior diseño del centro de distribución, como la metodología que se va a seguir, los distintos tipos de medios de almacenamiento y manutención que se pueden utilizar para la logística del centro, el cálculo del nivel de stock, el método del análisis ABC, los plazos de reposición que considerar y la diferencia entre los distintos tipos de gestión de ubicación.

3.1. Metodología

La metodología a seguir para el diseño del almacén del presente trabajo consiste en los siguientes pasos:

1. Recoger los datos de la actividad de la empresa e identificar las especificaciones que se deben cumplir y que vienen establecidas por la alta dirección de la empresa.
2. Analizar la información recogida sobre la empresa y obtener los requisitos a cumplir para el diseño, como características de los artículos, perfil de inventario, etc.

3. Definir todo el sistema cumpliendo las especificaciones. Generalmente, este consta de escoger las tecnologías adecuadas de almacenamiento y manutención, adecuar la política de gestión y configurar la distribución en planta.
4. Tras la realización del diseño completo del almacén, se procede a la evaluación económica de este, obteniendo los costes anuales y la inversión de todos los recursos.
5. Se itera varias configuraciones, siguiendo la misma metodología, y modificando los criterios de diseño para tratar de conseguir mejoras y obtener varias alternativas con soluciones adecuadas.
6. Se escoge finalmente el diseño más conveniente que cumpla con los requisitos y además proporcione una mayor eficiencia y beneficios para la empresa.

Cabe destacar que no existe ninguna metodología establecida que consiga mecanizar el proceso del diseño de un almacén o centro de distribución. Por ello, se ha optado por esta metodología iterativa que permite escoger entre varias posibles configuraciones que han resultado a base de cambiar los criterios de diseño con el objetivo de encontrar la mejor solución posible. A continuación, se muestra un esquema de todos los pasos enumerados:

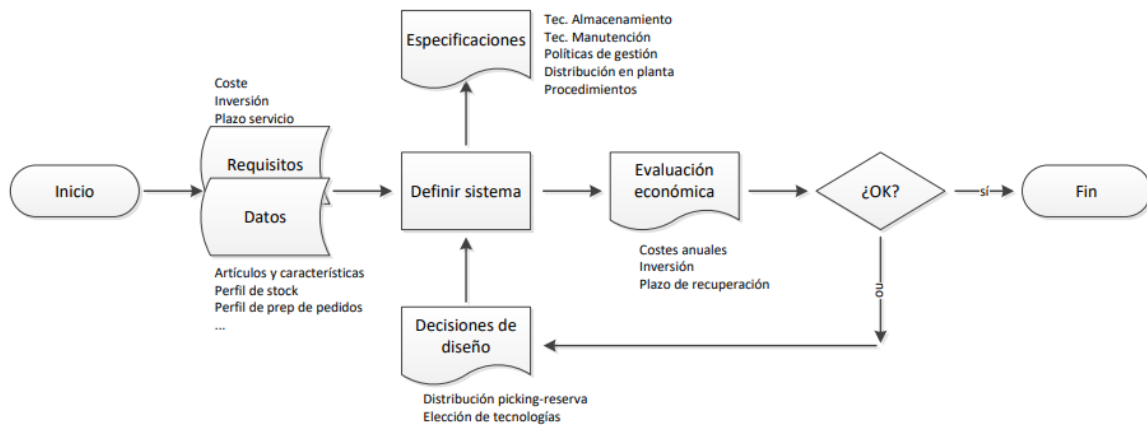


Ilustración 1. Esquema de la metodología iterativa.



3.2. Medios de almacenamiento

Los diferentes tipos de medios de almacenamiento posibles son los que se describen en (Cardós Carboneras, 2020) y se muestran a continuación:

- Bloques apilados o almacenaje en bloques. Consiste en el apilamiento de las unidades de carga, usualmente palets, en distintos grupos de bloques separados por pasillos. Este tipo es el que menos inversión requiere y es adecuado para el almacenaje de productos con rotación rápida para pocas referencias y resistentes al aplastamiento y al deterioro por exposición en el exterior.
- Estanterías convencionales. Este sistema de almacenamiento permite una localización inmediata de las referencias y una gran facilidad de acceso al producto. Está diseñado para todo tipo de cargas, en el caso de los palets, estos se depositan con carretillas elevadoras y, en el caso de las cajas o unidades, se puede hacer de forma manual. Una ventaja de este tipo de estanterías es que permite un fácil control de stocks.
- Estanterías compactas. Los estantes son sustituidos por vigas para sostener los palets. De esta forma, las carretillas pueden pasar entre ellas, ahorrando el espacio que se deja para los pasillos, aumentando la capacidad de almacenaje. No obstante, no sirve para cargas pesadas y solo para una unidad estándar. Además, requiere de una maniobra lenta y tan solo resulta rentable para una gran cantidad de palets por referencia.
- Estanterías dinámicas. Su funcionamiento consiste en el almacenaje de palets o cajas sobre rodillos dispuestos en pendiente en una estructura metálica compacta, de modo que los productos se deslizan por gravedad y llegan al operador cada vez que este retira el producto de la estantería, lo que fuerza a un sistema FIFO. Tiene como ventajas el aprovechamiento del espacio, la manipulación mínima y un control total del stock. No obstante, presenta el inconveniente principal del riesgo de aplastamiento de las cargas.
- Estanterías móviles. En este caso, se disponen las estanterías sobre carriles que permiten el desplazamiento de estas. Con ello, se permite ocupar espacio como las estanterías compactas, pero manteniendo las ventajas de las estanterías convencionales. Proporciona una alta accesibilidad y un alto aprovechamiento del espacio. No obstante, se requiere de altas inversiones y el control de stock es muy bajo.
- Almacenes rotativos. Sigue el principio de almacenamiento del producto que llega al operador. Sirve para productos pequeños de hasta 200 kilogramos y con media-alta rotación. Existen verticales (tipo noria) y horizontales (tipo carrusel). Permite un fácil control de existencias y tiene una gran flexibilidad en cuanto a la adaptación a las dimensiones de la mercancía a almacenar.
- Sistema pick-to-light. Son una serie de componentes que facilitan la actividad de preparar los pedidos. Los dispositivos pick-to-light se instalan en la zona donde queda almacenado un producto y su funcionamiento consiste en iluminarse para que el operario sepa la posición donde está el artículo y muestra un valor, que es el número de las unidades que debe coger el operario para completar las líneas de pedido. Esto



permite una mayor rapidez durante el picking y menos errores en la tarea. (Mecalux, 2021)

- Dispensadores (A-frame). Son aquellos que realizan la lectura individual de cada producto de manera automática para su identificación, lo que permite una mayor rapidez durante la preparación de pedidos. Generalmente, se usan junto a cintas transportadoras, por lo que toda la actividad se realiza de forma automatizada. Están especialmente diseñados para la industria farmacéutica y cosmética.
- Estanterías Cantilever. Estas están indicadas para productos muy largos como tubos, perfiles laminados, etc. Y generalmente que sean de más de 6 metros. Se forman con un pilar central y listones horizontales, de forma que no existen obstáculos, permitiendo y facilitando el almacenamiento de artículos esbeltos.
- Estanterías especiales. Adaptadas a algunos tipos de productos con características especiales, como, por ejemplo: bobinas, neumáticos o cualquier otro tipo de artículos con formas distintas y peculiares.
- Estructuras autoportantes. Son soluciones para el almacenaje a alturas muy elevadas, a más de 35 metros. Con ello, se aprovecha al máximo el espacio disponible. Sirven para el almacenaje de un gran número de palets pesados. Además, las estanterías son las que soportan, aparte del peso de la mercancía, las cargas de las cubiertas y laterales del almacén. Por otra parte, la obra civil es mínima, lo que proporciona un ahorro en costes frente a las soluciones convencionales.

3.3. Medios de manutención

A continuación, se explican también los distintos medios de manutención, descritos en (Cardós Carboneras, 2020). Existen varias categorías en los tipos de equipos de manutención. Por una parte, se diferencian entre aquellos equipos que se mueven, pero no se trasladan, como son:

- Las cintas transportadoras. Estos elementos permiten el transporte continuo de los artículos, de este modo, se consigue automatizar el flujo de la mercancía. No obstante, tiene el principal inconveniente de que es un obstáculo para otros equipos de manutención móviles. Pueden ser de banda o de rodillos.
- Electrovías. Son elementos aéreos, por lo que permiten dejar el suelo despejado. No obstante, necesitan techos altos. Sus ventajas son: la fiabilidad, la flexibilidad, la facilidad en el manejo, su bajo mantenimiento y que son económicas.
- Puentes grúa. Sirven para cubrir grandes superficies y pueden transportar mercancía por toda la nave. Permiten el desplazamiento automático por programación por aprendizaje.
- Elementos auxiliares. Como polipastos o cabrestantes.

Por otra parte, están los equipos que se mueven y se trasladan que, a su vez, se diferencian entre transporte interno y transporte externo:



Transporte interno

- Transpaletas. Son medios diseñados para el transporte de palets en almacenes pequeños y con poca altura. Pueden ser manuales (usando fuerza humana para la tracción y elevación) o autopropulsadas (con un sistema eléctrico para realizar los movimientos). Son rentables cuando la distancia máxima a recorrer son 40 metros y sus aplicaciones comunes son: la carga/descarga de camiones, traslados cortos y como apoyo para las operaciones de picking.
- Apiladores. Son unos equipos similares a las transpaletas, pero con una capacidad de elevación más alta. Existen 3 tipos: completamente manual, con tracción manual y elevación eléctrica y autopropulsados. Suelen usarse para la carga/descarga para la zona de recepción y entrega y para la descarga de camiones.
- Carretillas contrapesadas. Son cargadoras en voladizo, es decir, que la carga va delante del punto de apoyo. Por una parte, son compatibles con dos tipos de ruedas: neumáticos o bandajes macizos. Y, por otra parte, pueden ser de combustión interna o eléctricas.
- Carretillas retráctiles. Se diferencian a las anteriores porque, en este caso, se necesita un pasillo con menor anchura para maniobrar. Son máquinas de pequeñas dimensiones y alimentadas por motores eléctricos. Su uso es exclusivamente para interiores. Pueden ser con mástil retráctil o con horquillas retráctiles.
- Carretillas de doble acceso. Son como las carretillas retráctiles, pero con un acceso a dos estanterías a la vez. Son muy útiles para las estanterías de doble profundidad.
- Carretillas trilaterales. Tal y como indica su nombre, estos equipos pueden coger y almacenar la carga en tres distintas posiciones, estas son: lateral izquierda, lateral derecha y frontal. El operario que lleva la carretilla puede manejarlo desde abajo o desde arriba, opción que tiene doble aplicación de apilar y preparar pedidos.
- Carretillas y carros recogepedidos. Están diseñados especialmente para hacer más fácil la actividad de preparar pedidos. Las carretillas recogepedidos tienen una constitución similar al resto de carretillas y funcionan a partir de una fuente de alimentación externa. Por otra parte, los carros recogepedidos tienen una estructura más simple y funcionan de forma mecánica, en la que el operario va a pie empujando el carro.
- Transelevadores. Son elementos mecánicos que pueden transportar en pasillos estrechos, a gran velocidad y con gran capacidad de carga. Sirven para colocar, extraer y preparar pedidos de palets de forma automática, para mercancías de gran longitud en estanterías Cantilever o incluso para realizar picking de manera completamente manual. Pueden ser con conductor o con microprocesador (funcionamiento automático).
- Miniload. Es un sistema automatizado y está diseñado para productos pequeños, no paletizados, en cajas, bandejas, etc. Sigue el principio de que es el producto el que llega al operario, por lo que la preparación de pedidos es más rápida. Se caracteriza también por un elevado aprovechamiento del espacio, ya que proporciona una alta densidad de almacenaje tanto en longitud como en altura.



- Vehículos guiados. Son equipos similares a las carretillas que se desplazan automáticamente siguiendo una trayectoria guiada o programada previamente. Existen dos formas de guiar este medio. Por una parte, están los AGV, los cuales son autoguiados por un hilo empotrado en el suelo del almacén que emite un campo magnético. Por otra parte, están los LGV, que son guiados por una señal láser que emiten y rebota en deflectores situados en puntos próximos de la ruta a realizar para conocer la posición y distancia en la que está la máquina (Mecalux, 2021).

Transporte externo

- Carretillas elevadoras. Son como las carretillas contrapesadas que sirven tanto para uso interior como para uso exterior. Se utilizan para el transporte de palets mientras el operario va sentado.
- Maquinaria para manipulación de contenedores. Son equipos con estructuras más grandes capaces de coger y mover contenedores y cargas pesadas de hasta 45.000 kg.

3.4. Cálculo de niveles de stock

Un aspecto importante a tener en cuenta durante el diseño de un almacén es el nivel de stock con el que debe contar para evitar la venta perdida pero también el exceso de productos, de modo que se permite el control de la cantidad óptima de productos que se almacenan en el menor espacio posible, pero cumpliendo además con la demanda de pedidos.

Los niveles de stock necesarios para cada referencia se tienen como datos de partida para el presente trabajo en unidades de semanas, las cuales convienen que se haga la conversión a metros cúbicos para conocer cuál es el volumen requerido para poder almacenar toda la cantidad de producto necesario con el fin de mantener la correcta actividad de la empresa. Dicha conversión se realiza de la siguiente forma:

$$Stock_{j,k} (m^3) = \sum_{i=1}^N Venta_{i,j} \left(\frac{uds}{año} \right) \cdot Volumen_{i,j} \left(\frac{m^3}{ud} \right) \cdot \frac{1}{52} \left(\frac{año}{sem} \right) \cdot Stock_{i,j,k} (sem)$$

Ecuación 1. Conversión del nivel de stock.

Siendo:

- i, cada uno de los productos de una misma familia j
- j, la familia correspondiente de las mostradas anteriormente (A, B, C, D, E, F, G, H, M)
- k, el máximo o el mínimo del mismo parámetro de "stock"

Como se puede ver, esta expresión depende también de los parámetros de venta anuales (unidades/año) y volumen unitario (m³/unidad), los cuales son también datos de partida que se obtienen de la empresa. Cabe destacar que los niveles de stock se diferencian entre un mínimo que debe haber para poder cumplir y un máximo, del cual no se puede sobrepasar, ya que habría exceso de producto, es decir, falta de espacio.

3.5. Análisis ABC

El análisis ABC permite clasificar los artículos del inventario según su importancia dependiendo del criterio escogido (inventario, ventas, costes...). Es un método basado en el principio de Pareto, conocido también como la regla 80-20. Como consecuencia, las diferentes referencias se dividen en 3 grupos distintos, en este caso, siguiendo el criterio de ventas anuales de cada una de ellas:

- Artículos A: Representa el 20% de las referencias y el 80% de las ventas.
- Artículos B: Representa el 30-40% de las referencias y el 15% de las ventas.
- Artículos C: Representa el 50-40% de las referencias y el 5% de las ventas.

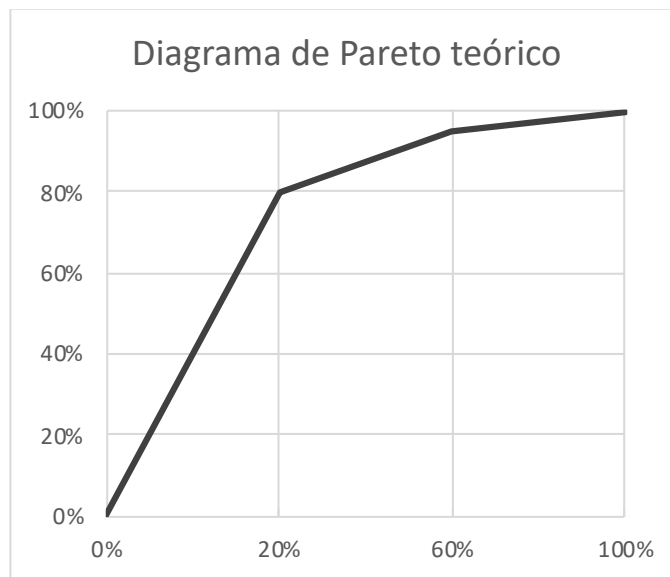


Ilustración 2. Diagrama de Pareto teórico.

Gracias a este análisis ABC, se consigue saber cuáles son las referencias que tienen más actividad de ventas y, por tanto, aquellas que hay que tener más en cuenta a la hora de realizar el diseño del almacén, ya que resultan imprescindible para el beneficioso desempeño de la empresa. Por otra parte, se permite conocer los artículos que menor actividad de ventas suponen, por lo que puede ayudar a la hora de tomar decisiones logísticas y comerciales como, por ejemplo, considerar estos como productos obsoletos.



3.6. Plazos de reposición

En el apartado anterior se ha explicado una clasificación para diferenciar los productos según, por ejemplo, su número de ventas. Como ya se ha comentado, su utilidad se basa en saber a qué productos hay que prestar más atención y control, con la finalidad de gestionar adecuadamente los recursos.

Un factor importante a tener en cuenta son los plazos de reposición para cada producto en la zona de picking, ya que hay que diseñar esta zona de forma que pueda cumplir con la demanda de las líneas de pedidos, y así, mantener la confianza de los clientes. Dado que cada referencia tiene un número de ventas distinto, los plazos de reposición también son distintos en función del tipo de producto que es según el análisis ABC. Estos se han establecido de la siguiente forma:

- Para los productos de tipo A: 3 días, es decir, 0,6 semanas.
- Para los productos de tipo B: 6 días, es decir, 1,2 semanas.
- Para los productos de tipo A: 10 días, es decir, 2 semanas.

3.7. Gestión de ubicaciones

La gestión de ubicaciones en el almacén es importante, dado que esta implica la correcta organización de las referencias de forma que haya una máxima eficiencia a la hora de almacenar y coger los productos durante la preparación de las líneas de pedidos. Existen tres tipos de criterios de ubicación:

- Ubicación específica o fija. En la que cada referencia tiene asignada un hueco determinado de forma previa. Con ello, no hace falta un control exhaustivo para la localización de los productos, es decir, que no es estrictamente necesario un sistema informático que registre cada referencia, manteniendo igualmente la facilidad de encontrar los productos que se requieran en los pedidos (Mecalux, 2019). El número de huecos se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ huecos} = \sum_{\text{referencias}} \left[\frac{\text{stock máximo}}{\text{capacidad de hueco}} \right]$$

(Cardós Carboneras, 2020)

- Ubicación caótica o aleatoria. Esta consiste en almacenar la mercancía en cualquier hueco disponible a medida que se vaya recibiendo en el almacén siguiendo un método preestablecido y manteniendo la clasificación por categorías. Para poder llevar a cabo este tipo de ubicación, es imprescindible el uso de un sistema informático que permita una organización efectiva de la localización y disposición de los productos (Mecalux, 2019). En este caso, el número de huecos se calcula de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ huecos} = (1 + k) \cdot \sum_{\text{referencias}} \left[\frac{\text{stock medio}}{\text{capacidad de hueco}} \right]$$

(Cardós Carboneras, 2020)

Siendo k el coeficiente de seguridad para prevenir el aumento generalizado del stock. Varía entre el 10-30%.

- Ubicación mixta. En esta, se combinan los dos tipos anteriores, es decir, que algunas referencias siguen la ubicación fija y otras la ubicación aleatoria según convenga por el tipo de producto que sea o por los movimientos que tenga. Es utilizada con bastante frecuencia en los almacenes.

Hay que tener en cuenta que la tipología de la gestión de ubicaciones depende de distintos factores, como son: las características físicas de las referencias y sus condiciones de almacenaje, el sistema de nomenclatura de almacenaje, la capacidad y ocupación del almacén, los movimientos que realiza la mercancía por las instalaciones y los desplazamientos que deben realizar los operarios que trabajan durante la jornada laboral.

3.8. Estimaciones de costes

Cabe añadir que, para una correcta estimación de los costes de la inversión, estos deben ser costes anuales para poder ser evaluados junto con todos los demás gastos anuales, como los costes del personal. De este modo, para tener en cuenta el interés del capital invertido, se hace uso del DFC (descuento de flujo de caja), basado en una tasa de interés fijada en el 19%. En función de la vida útil del medio escogido, tiene un valor de DFC distinto:

Tabla 1. DFC según vida útil del medio.

Vida útil	DFC
4 años	2,639
5 años	3,058
10 años	4,339
20 años	5,101



4. Análisis de los datos de actividad del almacén

4.1. Niveles de inventario

4.1.1. Volúmenes de venta por familia

Para empezar, se ha recogido en la siguiente tabla los datos del número de referencias de cada familia de productos y sus ventas anuales correspondientes. Con ello, se puede saber qué familias posee un mayor número de ventas en la empresa.

Tabla 2. Número de referencias y ventas por familia.

Familia	Descripción	Nº referencias por familia	Ventas (uds/año)	Ventas (uds/año/referencia)
A	Gimnasio	1136	157432	138,58
B	Escalada	792	267899	338,26
C	Ciclismo	1501	417611	278,22
D	Natación	944	325403	344,71
E	Tenis	1134	534827	471,63
F	Caza	1828	119171	65,19
G	Pesca	771	214515	278,23
H	Pelota	1916	972490	507,56
M	Escalada	2874	28091	9,77
TOTAL		12896	3037439	2432,16

A continuación, se muestra una tabla con los datos de los volúmenes de ventas por cada familia en unidades de metros cúbicos, tanto por año como por semana. Estos se obtienen a partir de los volúmenes unitarios de cada referencia por el número de ventas correspondiente a cada uno. Tras ello, se agrupan y se suman los valores por familias, resultando lo siguiente:

Tabla 3. Volumen de ventas por familia.

Familia	Descripción	Nº referencias por familia	Volumen ventas (m³/año)	Volumen ventas (m³/semana)
A	Gimnasio	1136	47,483	0,913
B	Escalada	792	111,414	2,143
C	Ciclismo	1501	15829,945	304,422
D	Natación	944	159,484	3,067
E	Tenis	1134	321,470	6,182
F	Caza	1828	1142,995	21,981
G	Pesca	771	1961,870	37,728
H	Pelota	1916	1158,653	22,282
M	Escalada	2874	23,096	0,444
TOTAL		12896	20756,409	399,162

A partir de las dos tablas anteriores, se puede observar que, a pesar de que las familias H (pelota) y E (tenis) posean los mayores números de ventas, la familia que mayor volumen de ventas tiene es la C (ciclismo). Esto se debe a que evidentemente los productos de ciclismo, como son las bicicletas, tienen un volumen unitario mayor que cualquier otro tipo de producto.

Estos datos resultan útiles para conocer qué familias son interesantes para tener en cuenta en el diseño del almacén, ya que puede resultar indispensables. Por una parte, conviene considerar las familias que poseen un mayor número de ventas anuales, ya que eso implica mayor rotación de producto y, a su vez, más rapidez de beneficios para la empresa.

Por otra parte, también hay que tener en cuenta aquellos que tengan gran volumen, para saber cuánto espacio se necesita en el almacenaje de estos productos. En el caso del ciclismo, además del gran volumen, posee también de un gran número de ventas, por lo que resulta conveniente y beneficioso para la empresa poder cumplir con los requerimientos que exige mantener esta familia en el catálogo de productos y su permanente disponibilidad ante los pedidos.

4.1.2. Nivel de stock por familia

Para poder realizar a tiempo los envíos de los pedidos y cumplir con la demanda, se debe mantener una cierta cantidad de stock de cada familia, lo que supone un cierto espacio para poder almacenarla. Por tanto, hay que conocer los niveles de stock que hay para cada una de las familias. Para ello, se hace uso de los datos de partida de stock mínimo y máximo, que vienen en unidades de semana.

Con el fin de realizar el diseño del almacén teniendo en cuenta este parámetro, se le debe hacer una conversión a unidades de espacio, en este caso es de metros cúbicos. De esta forma, se puede conocer el volumen que representa todo ese inventario. La conversión se realiza a partir de la *Ecuación 1. Conversión del nivel de stock*. Cabe destacar que el stock medio es aquel que se obtiene haciendo el promedio entre el stock mínimo y el máximo.

Tabla 4. Stock mínimo, máximo y medio de cada familia.

Familia	Descripción	Stock mínimo (m ³)	Stock máximo (m ³)	Stock medio (m ³)
A	Gimnasio	1,968	5,171	3,570
B	Escalada	4,285	13,380	8,832
C	Ciclismo	658,990	1384,023	1021,507
D	Natación	6,050	16,863	11,456
E	Tenis	11,614	29,193	20,403
F	Caza	45,872	125,189	85,530
G	Pesca	76,859	161,556	119,207
H	Pelota	47,459	114,008	80,734
M	Escalada	0,996	2,464	1,730
TOTAL		854,093	1851,846	1352,970

4.2. Preparación de pedidos

En el presente apartado, se muestran de forma gráfica las cantidades de líneas de pedido realizadas durante un año. Se diferencia en tres tipos de unidad de carga: palets, cajas y unidades.

La siguiente gráfica representa las líneas de pedido anuales demandadas en forma de palets:

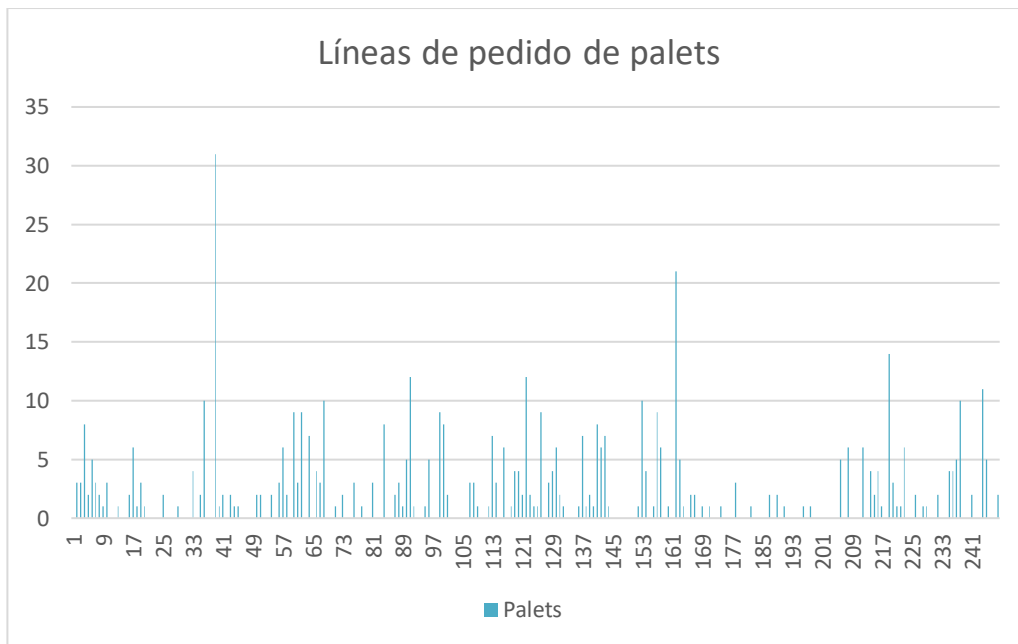


Gráfico 1. Líneas de pedidos de palets.

En la siguiente gráfica se exponen las líneas de pedido solicitadas de cajas durante un año:

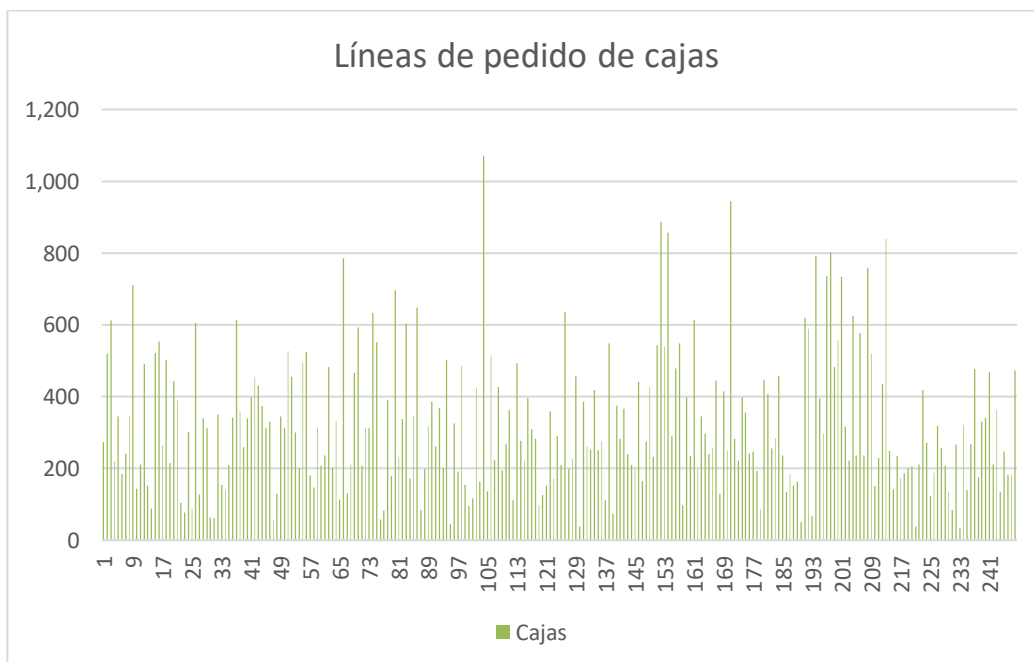


Gráfico 2. Líneas de pedidos de cajas.

Por último, en la siguiente gráfica se enseñan las líneas de pedido requeridas en formato de unidades en un año:

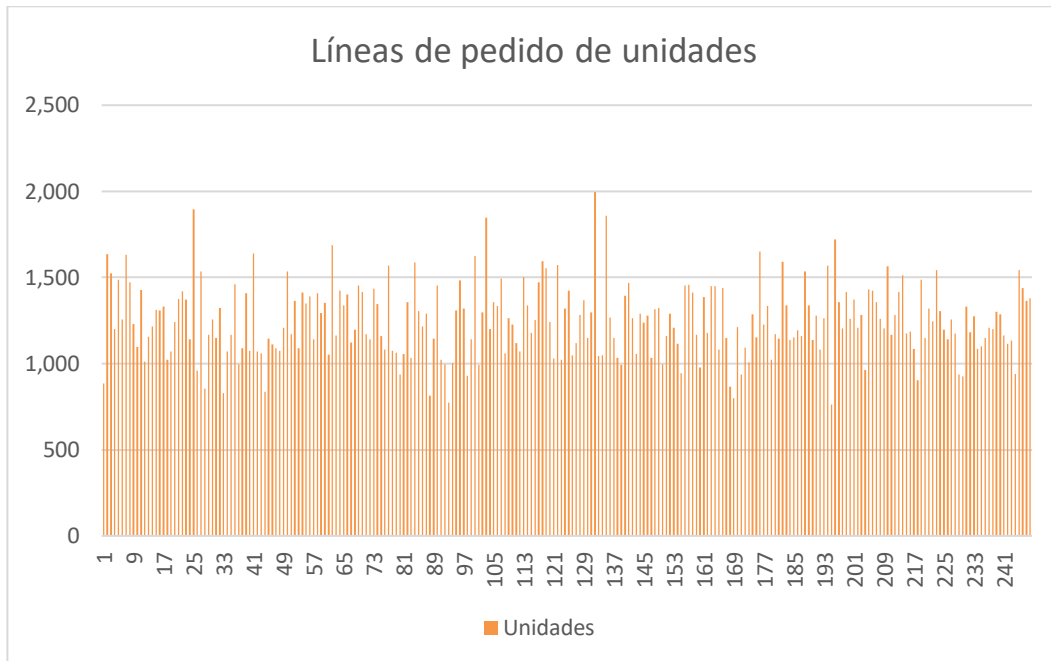


Gráfico 3. Líneas de pedidos de unidades.

Como se puede ver, la mayoría de las líneas de pedido son en formato de unidades, con un máximo de 1995 en un día y una media de 1247 líneas de pedido en unidades. Por cantidad de líneas de pedido, les siguen las del formato en cajas, con un máximo de 1071 en un día y una media de 321 líneas de pedido. Finalmente, y en menor cantidad, están las líneas de pedido de palets, con un máximo de 31 y una media de 2.

Los gráficos anteriores junto con los datos obtenidos son interesantes para posteriormente realizar la selección adecuada de los medios de manutención. Estos deben proporcionar un servicio de acuerdo con la política de la empresa y cumplir con el objetivo de preparar correcta y eficazmente los tres tipos de formato.

Concretamente, se debe conocer y considerar la política de servicio de la empresa que, en este caso, se ha establecido un plazo de servicio de los pedidos no superior a 5 días, es decir, que desde que llega el pedido al almacén hasta que se envía, no puede pasar más de este tiempo fijado para poder mantener la confianza de los clientes.

Por ello, hay que calcular cuál es la producción máxima durante 5 días consecutivos y, a partir de ello, se obtiene la cantidad necesaria a producir diariamente para poder cumplir con la política de servicio y con la que posteriormente se permite escoger los medios requeridos. A continuación, se muestran los cálculos obtenidos de las cantidades máximas a preparar durante 5 días seguidos y la producción diaria necesaria a cumplir para cada formato logístico.

Tabla 5. Datos de producción máxima a cumplir.

Formato logístico	Producción máxima durante 5 días consecutivos	Producción diaria necesaria a cumplir
Palets	43	9
Cajas	3.311	663
Unidades	7.245	1.449

4.3. Condiciones de almacenamiento y conservación

Respecto a las condiciones de almacenamiento y conservación de los artículos del almacén, se conoce que no existe ninguna referencia con alguna condición especial a tener en cuenta, es decir, que no hace falta ningún requerimiento particular para almacenar los productos más allá de depositarlos en un lugar limpio y seco y de mantener el centro de distribución a una temperatura ambiente, ya que son elementos relacionados con la ropa deportiva, los cuales no son productos perecederos y no necesitan refrigeración.

Por otra parte, cabe destacar que para una mejor organización en las operaciones de la preparación de pedidos y para facilitar la búsqueda de referencias y el control de stocks, conviene que los artículos se almacenen por categorías que hagan más sencillas esas tareas. De esta forma, se consiguen menores pérdidas de eficiencias en las actividades por parte de los operarios y así mejorar el rendimiento de estos. A continuación, se explica las categorías en las que se clasifican las referencias y la definición de una nueva para cumplir con el objetivo descrito.

5. Categorías de productos

Con el objetivo de facilitar la selección de los medios de almacenamiento, los medios de manutención, distribución en planta, etc., se realiza una agrupación de las referencias clasificándolas en categorías distintas. De esta forma, se homogeneizan los productos resultando una toma de decisiones más sencilla respecto al diseño del centro de distribución, teniendo en cuenta todos los medios necesarios desde que un artículo es recibido hasta que este se envía a alguna de las tiendas.

Estas categorías se determinan a partir de unas características comunes de ciertos grupos de artículos. En este caso, se va a tener en cuenta una serie de cualidades como son las familias a las que pertenecen, el modelo ABC que se detalla a continuación, la actividad que supone cada uno de los productos como su venta anual, etc.

5.1. Familias

El centro de distribución opera con 12.896 referencias que, en este caso, según el uso que se le pueda dar al producto, están relacionadas a un tipo de deporte. Por tanto, cada una de las referencias se corresponde a un tipo de las 8 siguientes familias:

- Gimnasio (A)
- Escalada (B, M)
- Ciclismo (C)
- Natación (D)
- Tenis (E)
- Caza (F)
- Pesca (G)
- Pelota (H)

5.2. Distribución ABC de ventas anuales

Anteriormente, en el apartado

Análisis ABC, se ha explicado la utilidad que tiene usar el método del análisis ABC para diferenciar las referencias con las que cuenta la empresa con el fin de optimizar la distribución de los productos en el almacén y, sobre todo, poder prestar atención en aquellas referencias que más beneficios aporta a la empresa.

Por ello, cabe aplicar este análisis ABC a los datos de la empresa para representar la situación actual con un diagrama de Pareto. El resultado es el que se muestra en la Ilustración 3. Diagrama de Pareto aplicado.

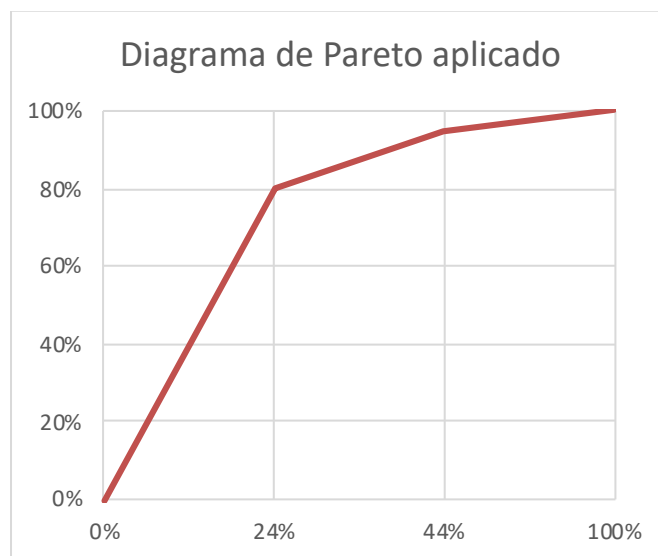


Ilustración 3. Diagrama de Pareto aplicado.

La interpretación del gráfico es que:

- Los productos tipo A, con un 80% de las ventas, suponen el 24% de las referencias.
- Los productos tipo B, con un 15% de las ventas, suponen el 20% de las referencias.
- Los productos tipo C, con un 5% de las ventas, suponen el 56% de las referencias.

Cabe destacar que los resultados de esta distribución difieren un poco con lo mostrado teóricamente, aunque prácticamente sí que se cumple la regla 80-20, ya que el 80% de las ventas anuales se efectúan con el 24% de las referencias, aproximadamente el 20% teórico.

Con las distintas interpretaciones, también se puede llegar a la conclusión de que existe una cantidad pequeña de productos tipo B, ya que el número de referencias que suponen el 15% de las ventas es bajo, siendo de un 20% frente al 40% que debería ser. Por el contrario, la cantidad de productos tipo C es bastante alta, ya que el número de referencias que suponen el 5% de las ventas es alto, siendo de un 56% del total, frente al 40% teórico. Esto indica que hay una gran parte de artículos que no se venden o se venden muy poco, lo cual hay que tener en cuenta y ver si conviene reorganizar la cantidad de referencias con las que funciona la empresa para aumentar la eficiencia y beneficios de ella.

5.3. Definición de categorías

La distribución ABC anterior se ha realizado con el objetivo de categorizar de una manera más concreta los productos, ya que diferenciar estos solamente por familias no tiene relevancia para el diseño del almacén. Por ello, en el presente trabajo se propone distinguir las referencias teniendo en consideración ambas características, es decir, agruparlas según su número de ventas y su plazo de reposición (mediante la distribución ABC), y también según a qué familia pertenecen.

De esta forma, se ha conseguido una distribución de los productos mediante unas categorías que presentan una visión más detallada, en la que se agrupan los artículos que más se venden y los que menos de forma separada a la vez que se mantiene el orden de reunirlos si son de la misma familia para una mejor organización. Cabe destacar que el formato utilizado para cada categoría es X-Y, siendo:

- X: el tipo de producto en función del análisis ABC. Sus valores son: 1 si el producto es de tipo A, 2 si el producto es de tipo B y 3 si el producto es de tipo C.
- Y: la familia perteneciente. Se corresponden con las letras del abecedario ya asignadas y mostradas anteriormente en el apartado 5.1.

Con ello, a continuación, se muestran las nuevas agrupaciones y el número de referencias correspondiente a cada una de ellas:



Tabla 6. Número de referencias de cada categoría.

Categoría	Nº referencias
1-A	63
2-A	679
3-A	394
1-B	499
2-B	259
3-B	34
1-C	750
2-C	656
3-C	95
1-D	360
2-D	174
3-D	410
1-E	494
2-E	202
3-E	438
1-F	85
2-F	303
3-F	1440
1-G	247
2-G	154
3-G	370
1-H	584
2-H	181
3-H	1151
1-M	2
2-M	46
3-M	2826
TOTAL	12896

5.4. Formato logístico del proveedor

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar un almacén es el formato en el que vienen los productos desde el proveedor. Esto influye de forma directa a las operaciones de recepción de la mercancía, ya que no se emplea el mismo tiempo en el caso de recibir palets mono-referencia, cuyo contenido sea completamente de una sola referencia, como en el caso de recibir palets multi-referencia, en los que se incluyen referencias distintas medidas en cajas. En el segundo caso, se tardaría mucho más, ya que los palets tienen que ser despalletizados para almacenar caja a caja y en cada estantería correspondiente.

Para saber el formato logístico del proveedor, se procede a calcular los volúmenes que ocupan cada una de las referencias que se van a recibir semanalmente. Para ello, cabe considerar que el pedido al proveedor se realiza cuando el stock está al nivel mínimo y se pretende llenar hasta el nivel máximo, es decir, que la cantidad pedida cubre la diferencia entre los stocks máximo y mínimo, expresada en semanas. Para realizar la conversión a volumen, esta diferencia (en semanas) se multiplica por las unidades que se venden en una semana y por el volumen unitario que ocupa cada uno de los artículos. Por tanto:

$$Volumen_{referencia} (m^3) = (Stock_{m\acute{a}x.} - Stock_{m\acute{i}n.})(sem) \cdot Venta \left(\frac{uds}{sem}\right) \cdot Vol.\ unit. \left(\frac{m^3}{ud}\right)$$

Una vez se han calculado los volúmenes que ocupa cada una de las referencias para suministrar al almacén hasta llegar al stock máximo de todas ellas, estos se comparan con el volumen de medio palet, límite impuesto para no desperdiciar la unidad de carga y agilizar el transporte de los productos. De modo que, si el volumen de una referencia es mayor que el de medio palet, este estará formado por una cantidad de productos de una misma referencia (palet mono-referencia), por el contrario, si el volumen de pedido de una referencia es menor que medio palet, este estará formado por varias referencias distintas (palet multi-referencia). Se ha establecido que un palet completo tiene un volumen de 1,44 m³ (0,8m x 1,2m x 1,5m), por lo que medio palet es de 0,72 m³.

Con esos criterios establecidos, se tiene lo mostrado a continuación:

Tabla 7. Número de referencias según unidad logística.

Número de referencias	Unidad logística
425	Palet mono-referencia
12.471	Palet multi-referencia

Por tanto, existen 425 referencias en las que vendrían con palets mono-referencia, por lo que serán almacenadas de forma directa una vez recibidas y descargadas. Por otra parte, existen otras 12471 referencias que, por el contrario, vendrán en palets con muchas referencias variadas (palets multi-referencia), con los que se invertirá un cierto tiempo de mano de obra para deshacer los palets y almacenar caja a caja o producto a producto, según el pedido realizado, en su lugar correspondiente de las estanterías.



6. Diseño del almacén

6.1. Perfil de inventario

En este apartado, se procede a calcular los rangos del volumen de almacenamiento que se debe prever para cada tipo de producto. Para ello, se distingue entre 4 conceptos distintos: stock mínimo de picking, stock máximo de picking, stock mínimo de reserva y stock máximo de reserva. Cabe destacar que, como se ha comentado anteriormente, los datos de partida relacionados con el inventario vienen en semanas, por lo que se ha de realizar una conversión para conocer los metros cúbicos que todo ello supone.

Para calcular las 4 variables mencionadas, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se establece un inventario mínimo de picking de 0 m^3 para cada una de las referencias, ya que el plazo de reposición es muy corto y tampoco hace falta mayor precisión para conseguir el objetivo del presente diseño.
2. Se obtiene el stock máximo de picking de cada referencia. Este resulta de multiplicar el volumen de ventas por semana (m^3/semana) y el tiempo de reposición (en semanas), el cual viene establecido un valor por cada tipo de producto del análisis ABC. En este caso, los productos tipo A tienen un tiempo de reposición de 0,6 semanas, los de tipo B de 1,2 semanas y los de tipo C de 2 semanas.
3. Se calcula el stock mínimo de reserva, cuyo interés viene en poder conocer si habrá inventario en esta zona, y que resulta de la diferencia del stock mínimo para cada una de las referencias y el stock máximo de picking, calculado en el paso anterior. En algunas referencias, puede darse el caso de que este parámetro dé negativo, lo cual no tiene sentido, ya que no puede haber volúmenes negativos, por lo que hay que actualizarlo.

Las cifras negativas o nulas indican que la referencia correspondiente no tiene la cantidad suficiente de inventario para ser almacenado en la zona de reserva, es decir, que todo su stock se almacena en picking, por lo tanto, el valor de stock en reserva, tanto mínimo como máximo se actualiza en cero para cada caso, es decir, no hay inventario en reserva de la referencia en cuestión.

4. Por último, se obtiene el stock máximo de reserva. Como se acaba de mencionar, en este paso hay que prestar atención si el stock mínimo de reserva en cada una de las referencias ha sido negativo o nulo, ya que, en ese caso, el stock máximo de reserva también debe actualizarse en 0. Si no es así, el stock máximo de reserva es el stock máximo que tiene la referencia como dato inicial.

Para una mejor organización de los productos e interpretación de los datos, los resultados obtenidos se han agrupado por las distintas categorías, resultando la siguiente tabla:

Tabla 8. Niveles de stock de picking y de reserva.

Categoría	Stock mínimo picking (m ³)	Stock máximo picking (m ³)	Stock mínimo reserva (m ³)	Stock máximo reserva (m ³)
1A	0	0,068	0,184	0,618
2A	0	0,767	0,659	2,189
3A	0	0,483	0,032	0,146
1B	0	1,032	2,468	10,829
2B	0	0,483	0,298	1,249
3B	0	0,060	0,008	0,039
1C	0	124,929	330,468	949,615
2C	0	108,061	87,009	277,287
3C	0	18,467	2,409	11,548
1D	0	1,615	3,496	14,659
2D	0	0,287	0,313	1,016
3D	0	0,410	0,055	0,222
1E	0	3,419	7,118	26,662
2E	0	0,404	0,352	1,258
3E	0	0,441	0,044	0,217
1F	0	3,116	9,464	31,807
2F	0	11,746	7,972	32,114
3F	0	20,996	1,349	6,522
1G	0	17,367	40,696	122,341
2G	0	7,538	6,294	17,180
3G	0	7,504	0,292	1,660
1H	0	12,719	32,507	108,535
2H	0	0,962	0,696	2,900
3H	0	0,848	0,062	0,302
1M	0	0,001	0,001	0,010
2M	0	0,116	0,155	0,408
3M	0	1,037	0,071	0,295
TOTAL	0	344,876	534,472	1.621,629

Se ha visto también que muchas referencias tienen un volumen muy pequeño de stock máximo en reserva, algunos prácticamente nulos, lo cual no tiene sentido que se almacenen en reserva, ya que eso implica que una referencia ocupe sitio en dos zonas distintas cuando probablemente tenga el volumen de una caja/unidad y pueda caber directamente en un solo hueco de picking.

Por ello, se va a actualizar la anterior tabla de modo que en reserva solo queden las referencias que tengan un volumen máximo de stock en reserva relativamente más alto que el volumen máximo de stock en picking.

Se establece un límite de 0,72 m³, equivalente a medio palet, y que equivale, a su vez, a 6 cajas de 0,12 m³ cada una. De esta forma, toda referencia que tenga un stock máximo en reserva calculado menor que 0,72 m³, pasará a almacenarse en picking, dejando un valor de inventario igual a cero en la zona de reserva, es decir, que las variables correspondientes de stock mínimo y máximo de reserva pasan a ser nulos.

En las siguientes tablas se muestran los niveles de stock actualizados de cada categoría y de cada zona, incluyendo además los niveles de stock medios con los nuevos datos:

Tabla 9. Actualización de los niveles de stock de la zona de reserva.

Categoría	Stock mínimo reserva actualizado (m ³)	Stock máximo reserva actualizado (m ³)	Stock medio reserva (m ³)
1A	0,000	0,000	0,000
2A	0,000	0,000	0,000
3A	0,000	0,000	0,000
1B	0,000	0,000	0,000
2B	0,000	0,000	0,000
3B	0,000	0,000	0,000
1C	307,757	873,345	590,551
2C	72,003	229,571	150,787
3C	1,814	8,548	5,181
1D	0,185	1,653	0,919
2D	0,000	0,000	0,000
3D	0,000	0,000	0,000
1E	0,643	4,091	2,367
2E	0,000	0,000	0,000
3E	0,000	0,000	0,000
1F	5,457	20,951	13,204
2F	2,609	12,443	7,526
3F	0,000	0,000	0,000
1G	38,203	115,098	76,651
2G	5,620	15,032	10,326
3G	0,000	0,000	0,000
1H	21,840	71,786	46,813
2H	0,000	0,000	0,000
3H	0,000	0,000	0,000
1M	0,000	0,000	0,000
2M	0,000	0,000	0,000
3M	0,000	0,000	0,000
TOTAL	456,132	1.352,519	904,325

Tabla 10. Actualización de los niveles de stock de la zona de picking.

Categoría	Stock mínimo picking (m ³)	Stock máximo picking actualizado (m ³)	Stock medio picking (m ³)
1A	0	0,686	0,343
2A	0	2,956	1,478
3A	0	0,629	0,315
1B	0	11,861	5,930
2B	0	1,732	0,866
3B	0	0,099	0,049
1C	0	201,200	100,600
2C	0	155,776	77,888
3C	0	21,466	10,733
1D	0	14,620	7,310
2D	0	1,303	0,652
3D	0	0,631	0,316
1E	0	25,990	12,995
2E	0	1,662	0,831
3E	0	0,658	0,329
1F	0	13,972	6,986
2F	0	31,417	15,709
3F	0	27,518	13,759
1G	0	24,611	12,305
2G	0	9,686	4,843
3G	0	9,163	4,582
1H	0	49,468	24,734
2H	0	3,862	1,931
3H	0	1,151	0,575
1M	0	0,011	0,006
2M	0	0,524	0,262
3M	0	1,332	0,666
TOTAL	0	613,986	306,993

Como se puede observar, parte del stock máximo de reserva se ha pasado como stock en picking, por lo que existe cierta cantidad de cajas o unidades que supuestamente debían almacenarse en reserva que se depositarán directamente en picking, algo que concuerda más con el propósito que hay en la diferenciación de ambas zonas.

De esta forma, en la zona de reserva solo se almacenarán aquellas referencias que tengan un volumen conjunto de stock igual o mayor que el de medio palet, es decir, 0,72 m³, que como se ha dicho anteriormente, equivale al volumen de 6 cajas.



Cabe destacar que, de esta manera, el número de referencias que se deposita en la zona de reserva es bajo, concretamente de 609 referencias, las cuales estarán tanto en reserva como en picking. Por otro lado, el resto de las referencias, que son 12287, estará almacenado solamente en picking.

Por tanto, a modo resumen, el stock mínimo de picking se ha obtenido como 0 metros cúbicos, ya que carece de interés conocer detalladamente el valor de este parámetro, el stock máximo de picking es de 613,986 metros cúbicos, el stock mínimo de reserva es de 456,132 metros cúbicos y el stock máximo de reserva es de 1.352,519 metros cúbicos. Este perfil de inventario ha servido para conocer los niveles de inventario de cada categoría que habrá en cada zona y puede resultar útil para el posterior diseño del almacén, permitiendo una buena organización de los medios de almacenamiento.

6.2. Transporte de inventario en cada operación

En el presente apartado se procede a comentar las operaciones de transporte de los artículos que se realizan dentro del centro de distribución. A partir de ello, en los distintos diseños, se escogerán los medios de manutención adecuados para el correcto funcionamiento del trabajo en el almacén. A continuación, se describen de forma ordenada dichas actividades.

- Recepción y descarga de camiones:

Las operaciones de recibir y descargar los camiones se realizan durante la primera parte de la jornada, durante 3-4 horas. El formato logístico utilizado por los proveedores es el palet. Además, estimando que todo lo que sale, entra cada día, se debe recibir 79,832 m³ de mercancía diariamente, lo que equivale a unos 111 palets como máximo.

- Ubicación de referencias a las estanterías:

Después descargar la mercancía de los camiones, se deposita a sus puestos disponibles en las estanterías correspondientes. Primero, cabe diferenciar entre los palets multi-referencia de los mono-referencia, ya que los primeros tienen que ser desembalados para poder ubicar cada referencia en su sitio correspondiente y no almacenar palets con artículos mezclados, lo cual complicaría el control de stock y la preparación de pedidos.

Además, por una parte, se almacenan los palets mono-referencia a la zona de reserva o incluso directamente a la zona de picking y, por otra parte, los palets multi-referencia deben deshacerse y almacenarse por cajas o unidades, directamente a la zona de picking. Esta operación también formará parte de la primera parte de la jornada laboral.

- Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva:

Cada cierto tiempo, concretamente cada cierta cantidad de tiempo de reposición que pase, según el tipo de producto a tratar, hay que abastecer la zona de picking con artículos depositados en la zona de reserva. Estos pueden ir tanto en palets como en formato de cajas o unidades, y es común optar por usar carretillas recogepedidos o algo similar en los diseños convencionales, ya que son adecuadas para ubicar cajas y/o unidades de producto. Además, sirven también para palets, por lo que también se puede usar este tipo de equipo para los

palets mono-referencia. De nuevo, esta tercera actividad queda incluida en la primera parte de la jornada laboral.

- Preparación de líneas de pedido:

Una vez se tiene todo almacenado, se procede a preparar los pedidos. Esta operación se realizará en la segunda parte de la jornada laboral. Las líneas de pedido se realizan cogiendo los artículos de las estanterías de picking y llevándolos al área de expedición, donde se preparan los palets con todas las referencias demandadas. Para ello, dado que todos los artículos se pueden coger en formato de cajas y/o unidades y, en menor medida, en formato de palets.

- Expedición de pedidos:

Esta actividad se dedica al envío de pedidos, que se hace con formato de palets, que pueden ser homogéneos o heterogéneos con distintos productos del pedido completo. Este tipo de formato logístico se transporta desde la zona de expedición hasta los muelles de los camiones. Esta tarea junto con la anterior se realiza durante el resto de la jornada, es decir, en la segunda parte del día, tras las 3 primeras actividades comentadas.

Una vez se conocen las actividades a realizar, en los apartados posteriores donde se va a configurar los distintos diseños siguiendo la metodología iterativa, se van a escoger los medios de almacenamiento y de manutención que se cree convenientes utilizar para las distintas actividades que se llevan a cabo dentro del almacén, teniendo en cuenta las distintas zonas que abarcan dichos medios, el tiempo que están en funcionamiento, la producción que deben cumplir diariamente, así como las unidades que hacen falta de cada alternativa escogida.

6.3. Configuración 1

Como primera iteración, y si el diseño lo permite, se va a hacer uso de medios convencionales, para obtener una configuración de partida, con una solución de calidad posiblemente aceptable, y a partir de allí, se intentará mejorar introduciendo medios más adaptados a las condiciones y que permiten bajar el precio de la inversión, los costes, los tiempos de operación, la eficiencia, la calidad, etc. Es importante que, al menos, se consiga una opción viable para posteriormente optimizar según los criterios estimados.

6.3.1. Definición de los medios de almacenamiento

Primeramente, tras la realización de todo el análisis de los datos sobre la actividad de la empresa y, especialmente, tras definir algunos conceptos como el perfil de inventario y cómo se va a realizar el transporte interno, se procede a realizar la definición de los medios de almacenamiento y después de los de manutención a utilizar para este primer diseño del almacén.

Para ello, cabe destacar que se va a realizar un estudio del área de picking y del de reserva de forma independiente, ya que poseen de una forma de operar y de unas características distintas, como el tipo de las unidades de carga que almacenan, por ejemplo. No obstante, en ambas áreas se utilizan medios convencionales para empezar.

En el área de reserva solo se van a incluir estanterías convencionales para palets, sin considerar las de doble profundidad debido a que necesitan carretillas especiales y estanterías de máximo 3 alturas además de un pasillo ancho y solo hay 20 referencias que se podría depositar en ellas, frente a las 609 referencias que hay en reserva, por lo que no resulta nada asequible.

Por otra parte, para la zona de picking, también se van a disponer de estanterías convencionales, tanto para cajas como para palets. Para esta área, se ha establecido que si el volumen del formato de una referencia es mayor o igual que 0,72 m³ (el tamaño de medio palet), dicha referencia se almacenará en estanterías convencionales para palets y, en caso contrario, se llevarán a las estanterías convencionales para cajas.

Se ha obtenido que 61 referencias van a la zona de picking con un formato logístico cuyo volumen es mayor que 0,72 m³, por lo que estas irán a esta área en formato palet. Se ha calculado que, en total, estas referencias pueden ocupar como máximo 53,098 m³ en las estanterías, lo que equivale a 74 medios palets. El resto de las referencias se depositarán en estanterías convencionales para cajas/unidades.

A modo resumen, se tiene lo siguiente:

Tabla 11. Medios de almacenamiento (1ª configuración).

Zona	Medio de almacenamiento	Nº referencias	Volumen máximo almacenaje (m ³)
Reserva	Estanterías convencionales para palets	609	1.352,519
Picking	Estanterías convencionales para palets	61	53,098
	Estanterías convencionales para cajas/unidades	12.835	560,888

6.3.2. Definición de los medios de manutención

Para definir los medios de manutención, se escogerán medios convencionales para esta primera configuración, como se ha comentado previamente. En este apartado, se obtendrán cuáles son los medios de almacenamiento adecuados para cada una de las operaciones recientemente enumeradas, y considerando también los medios de almacenamiento ya escogidos.

Para ello, algo que se debe tener en cuenta es el tiempo que se dedica a las distintas operaciones. Como ya se ha comentado, existe dos partes diferenciadas en la jornada laboral. En este caso, se establece que los operarios emplean las primeras 4 horas, por la mañana, para la recepción de los artículos descargados de los camiones y la reposición de estos en las zonas correspondientes del almacén. Después, las demás 4 horas, se emplean para preparar los pedidos recibidos y para la expedición de estos. Con ello, se obtiene la producción necesaria diariamente para cumplir con la demanda.

También, para conocer cuál es el volumen de ventas diario a transportar internamente, se obtiene de los datos de partida. En este caso, se va a diferenciar entre los distintos formatos logísticos que existen, la zona donde se depositan y si el abastecimiento a la zona de picking, en

función de la cantidad de stock mínima y máxima que debe haber, se realiza de forma directa o, por el contrario, poco a poco, según el plazo de reposición, desde la zona de reserva.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 12) con los volúmenes de ventas en m³/día para cada tipo de formato logístico y la zona donde se depositan, sabiendo así, el volumen que moverán los medios de manutención.

Tabla 12. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (1ª configuración).

Zona	Formato logístico	Nº referencias	Ventas (m ³ /día)
Reserva	Palets en reserva	609	57,289
Picking	Palets desde reserva	12	4,661
	Palets directos a picking	49	1,323
	Total de palets en picking	61	5,984
	Cajas/unidades desde reserva	597	52,628
	Cajas/unidades directo a picking	12238	21,220
	Total de cajas/unidades en picking	12.835	73,849

Por otra parte, esa producción diaria debe ser cubierta por la producción conjunta de los medios de manutención. Estimando las productividades de cada medio, se puede calcular el número de equipos necesarios para poder llevar a cabo las necesidades diarias de producción. Una vez definido el procedimiento a seguir, a continuación, se escogen los medios de manutención para cada operación:

- Recepción y descarga de camiones:

En el momento tanto de recibir y descargar camiones, como de reponer todos los artículos en las estanterías, es también importante conocer cuánta cantidad de mercancía se recibe. Como ya se ha mencionado, esta operación se hace durante las primeras 4 horas de la jornada laboral y como el formato logístico a transportar son palets, el equipo de manutención más adecuado a utilizar es la carretilla contrapesada, ya que sirve también para otras actividades de transporte interno y cuya productividad es de 25 palets/hora.

Anteriormente se ha estimado que se reciben 79,832 m³ diariamente, equivalente a unos 111 palets como máximo durante todo un día, por lo que se debe cumplir con una producción de $\frac{111 \text{ palets}}{4 \text{ horas}} = 27,75 \text{ palets/hora}$. Por tanto, harían falta 1,11 unidades, por lo que se requieren al menos **2 carretillas contrapesadas**. A continuación, se muestra en una tabla resumen.

Tabla 13. Medio de manutención para la recepción de camiones (1ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla contrapesada	1,11 (2)	25	50	27,75

- Ubicación de referencias a las estanterías:

Para esta operación, se escoge utilizar carretillas contrapesadas para depositar los palets mono-referencia primeramente al área de reserva para posteriormente llevarlos a la zona de picking y carretillas recogepedidos para coger las referencias que se ubican directamente en las estanterías de picking.

Por una parte, la cantidad de palets mono-referencia que se reciben para depositar en la zona de reserva es de una media de 57,289 m³/día, que equivale a unos 60 palets/día y, por tanto, a unos 15 palets/hora, lo cual puede ser cubierto por la productividad de una carretilla contrapesada que, en este caso, es de 22 palets/hora. De forma exacta, para esta actividad se requiere de 0,68 unidades de carretilla, pero como con la tarea anterior “sobran” 0,89 unidades, son suficientes para esta tarea, por lo que no hace falta adquirir ninguna nueva unidad.

Respecto a la cantidad de palets mono-referencia que se van a depositar directamente a la zona de picking es muy pequeña, de 1,323 m³/día, lo que equivale a 1,84 palets diarios, por lo que se necesita transportar 0,46 palets/hora. En este caso, se requiere de una carretilla recogepedidos, para que pueda acceder a las estanterías de picking, cuyas anchuras de los pasillos serán menores. La productividad de este medio para palets en esta actividad se estima de 30 palets/hora, lo que cumple sobradamente, ya que, exactamente haría falta 0,015 unidades de carretilla recogepedidos.

En cuanto a las cajas/unidades, siguiendo el principio de que todo lo que sale diariamente también entra y considerando que el movimiento de cajas se hace de la misma manera que las unidades, se tiene que la producción diaria necesaria para ambos formatos logísticos es de:

$$\begin{aligned}
 \text{Producción necesaria (cajas/unidades)} &= \frac{3.311 + 7.245}{5} = 2.111,2 \\
 &\approx 2.112 \text{ líneas de pedido/día}
 \end{aligned}$$

De esa cantidad, un $\frac{52,628}{52,628+21,220} = 71,27\%$ se repone desde la zona de reserva, cuyos medios para cubrir esta tarea se calcularán en el siguiente subapartado. Y, por tanto, un 28,73% va directamente a picking mediante carretillas recogepedidos desde la zona de recepción. Esto último equivale a 607 líneas de pedido/día, por lo que son 151,75 líneas de pedido/hora. Si la productividad para este caso es de 80 ldp/hora, haría falta 1,9 unidades de carretilla recogepedidos.

A continuación, se muestra en tabla los medios de manutención escogidos para la ubicación de los productos, las productividades que tienen para esta actividad y las unidades necesarias para cumplir con toda la producción.

Tabla 14. Medio de manutención para ubicación de referencias (1ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla contrapesada	0,68 (1)	22	22	15
Carretilla recogepedidos	0,015+ 1,9 (2)	30//80	60//160	0,46//151,75

Por tanto, por ahora, para la ubicación directa a picking hacen falta **3 carretillas recogepedidos**.

- Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva:

Esta actividad permite mover aquellos productos que están en la zona de reserva y reponerlos en la zona de picking cada tiempo de reposición para mantener un stock suficiente en ella.

Como ya se ha obtenido en el subapartado anterior, el 71,27% de las 2112 líneas de pedidos en formato de cajas y unidades van a la zona de picking desde la zona de reserva, por lo que hay un movimiento de 1505 líneas de pedido diariamente, lo que equivale a 376,25 líneas de pedido/hora. Al igual que en el subapartado anterior, se considera que la productividad para cajas/unidades es de 80 ldp/h, hará falta **4,7 unidades de carretilla recogepedidos**.

Por otra parte, como se puede ver en la Tabla 12, sobre los palets que se mueven desde reserva hasta picking, el volumen que se va a trasladar es de 4,661 m³/día, equivalente a 6,47 palets/día y, por tanto, 1,62 palets/hora. Para este caso, la productividad de las carretillas recogepedidos para transportar palets es de 30 palets/hora, por lo que hace falta **0,054 unidades de carretilla recogepedidos**.

De nuevo, a continuación, se muestra una tabla resumen con los medios de manutención necesarios para esta tarea:

Tabla 15. Medios de manutención para el abastecimiento de picking (1ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos	4,7 + 0,054 (5)	80//30	400//150	376,25//1,62

Si se realizan los cálculos de forma más minuciosa, se puede ver que la suma de las cantidades de carretillas recogepedidos para cada tipo distinguido de formato logístico es de 6,669 unidades en total, por lo que puede ser perfectamente cubierto por **7 carretillas recogepedidos**.

Esto se tendrá en cuenta para hacer la tabla resumen donde se decida escoger el número de cada tipo de medio (Tabla 18).

- Preparación de líneas de pedido:

Para este apartado, cabe destacar que hay que tener en consideración la política de servicio de la empresa que, como se ha comentado anteriormente, se ha establecido que los pedidos no tarden más de 5 días en servirse. Una vez conocidas las restricciones, se procede a calcular la producción que se debe alcanzar para poder cumplir con las exigencias. Con ello, se obtiene la cantidad de líneas de pedido que se tienen que atender por día y, en función del formato logístico de estos pedidos, se escogerán los medios de manutención adecuados. Por tanto, se va a diferenciar entre el transporte de palets por un lado y el de cajas y unidades por otro.

Para el caso de la preparación de palets en la zona de picking, según los datos de partida, se ha obtenido que el número máximo de palets durante 5 días consecutivos es de 43. De este modo, el cálculo permite cumplir con la política de servicio de 5 días como máximo. Con ello, resulta que la producción necesaria diaria es de:

$$\text{Producción necesaria (palets)} = \frac{43}{5} = 8,6 \text{ palets/día}$$

Como la actividad se realiza durante 4 horas, esto equivale a 2,15 líneas de pedido por hora. El medio de manutención escogido para este caso es el que se muestra a continuación:

Tabla 16. Medio de manutención para palets en la preparación de pedidos (1ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos (para palets)	0,07 (1)	30	2,15

Como se puede ver, el medio escogido es la carretilla recogepedidos, que sirve tanto para palets como para cajas/unidades, y es típica para las operaciones de picking. Puede atender 30 líneas de pedido por hora de operario, lo cual 1 unidad cumple holgadamente con la producción necesaria de 2,15 líneas de pedido por hora.

Por otra parte, para el caso de picking de cajas y unidades, como ya se ha comentado, se ha supuesto que el tiempo de preparación es el mismo para estos dos tipos distintos de formato logístico. Además, ya se conoce la producción diaria necesaria para conseguir atender todas las líneas de pedidos y servirlos en 5 días como máximo (calculada para la tarea de reposición), que es de 2112 líneas de pedido por día que, en este caso, es de 528 líneas de pedido por hora como máximo.

Por ello, si se desea elegir un medio de manutención convencional no automatizado que sirva para recoger pedidos en formato de caja o unidad (picking), este es de nuevo:

Tabla 17. Medio de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (1ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos (para cajas)	6,6 (7)	80	560	528

Tal y como se indica en la tabla anterior, para asegurar la preparación de las líneas de pedido de cajas y unidades durante 5 días consecutivos, haría falta 6,6 unidades de carretillas recogepedidos, esto sumado a las 0,07 unidades requeridas de este medio para el picking de palets, calculado anteriormente, resulta un total de 6,67 unidades necesarias. Por tanto, con **7 carretillas recogepedidos** serán suficientes para realizar las operaciones de picking.

- Expedición de pedidos:

Como ya se sabe, esta operación es dedicada a la expedición de los artículos demandados. Por ello, interesa cuál es el volumen de ventas diario aproximado para resolver la cantidad de equipos necesarios para poder cubrir la demanda en cada jornada laboral. En este caso, como las líneas de pedido se envían en palets, el equipo escogido para ello es la carretilla contrapesada, cuya productividad es de 25 palets/hora.

Ya se ha estimado en la primera actividad, en la cual se ha utilizado el dato de volumen en ventas para conocer cuál es la cantidad a recibir de los proveedores suponiendo que de media se recibe lo mismo que se expide, que se envían alrededor de 111 palets como máximo durante todo un día. Por tanto, en este caso, se debe cumplir con una producción de $\frac{111 \text{ palets}}{4 \text{ horas}} = 27,75$ palets/hora, por lo que es suficiente con la adquisición de **2 carretilla contrapesada** para esta operación.

A continuación, se va a mostrar una tabla resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención. De este modo, se resuelve cuántas unidades de cada equipo serían suficiente para cubrir con todas las operaciones de todo el almacén durante toda una jornada laboral.

Tabla 18. Equipos de manutención para el almacén (1ª configuración).

	Actividad	Equipos de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Carretilla contrapesada	2
	Ubicación de referencias a las estanterías	Carretilla contrapesada	
		Carretilla recogepedidos	7
	Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva	Carretilla recogepedidos	
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carretilla recogepedidos	7
	Expedición de pedidos	Carretilla contrapesada	2

Dado que los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral de forma independiente, se ha diferenciado entre ellas, ya que las que se usan en la primera parte de la jornada, luego son utilizadas en la segunda parte y viceversa. Por tanto, para escoger las cantidades que se debe adquirir de cada uno de los equipos, se opta por el mayor número de unidades de cada uno, con la finalidad de cubrir ambas partes de la jornada. En este caso, hacen falta **2 carretillas contrapesadas** y las **7 carretillas recogepedidos**. Y para poder manejar todas las máquinas, será necesaria la mano de obra de **9 operarios**.

Respecto a las horas dedicadas para cada parte de la jornada, se puede ver en la Tabla 18, que el reparto de 4 horas para la primera parte y 4 horas para la segunda parte es acertado, ya que se ha conseguido una distribución equitativa de los medios y personal requerido en cada una de ellas. Para el resto de las configuraciones se va a tratar de seguir este horario, ya que parece funcionar bien. No obstante, si en alguna surgen dudas de si la repartición pudiera no ser razonable, se puede realizar comprobaciones rápidas mediante pequeños cálculos ágiles con la hoja de Excel.

6.3.3. Dimensionamiento del almacén

Una vez definidos los medios de almacenamiento a utilizar para esta primera configuración, se procede al dimensionamiento de cada una de las zonas del almacén, como son las de reserva, de picking y la de recepción y expedición. Para ello, se va a calcular el número de estanterías necesarios y el de huecos requeridos para poder almacenar todos los productos.

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos de los huecos de las estanterías convencionales, tanto para depositar los palets como para las cajas y unidades (estas dos últimas se supondrán con un volumen similar). En las siguientes tablas, se diferencia entre las dimensiones de cada uno de los formatos logísticos y las de los huecos, en los que se incluyen las holguras consideradas.



Tabla 19. Dimensiones de los huecos para palets (1ª configuración).

Estanterías convencionales para palets		
	Palet	Hueco
Largo (m)	0,8	1
Ancho (m)	1,2	1,3
Alto (m)	1,5	1,8
Volumen (m ³)	1,44	2,34

Tabla 20. Dimensiones para los huecos de las cajas/unidades (1ª configuración).

Estanterías convencionales para cajas y unidades		
	Caja/unidad	Hueco
Largo (m)	0,4	0,45
Ancho (m)	0,6	0,6
Alto (m)	0,5	0,6
Volumen (m ³)	0,12	0,162

Como se puede observar, para los palets se ha dejado una holgura de 10 centímetros por cada lado a lo largo y por un lado a lo ancho, ya que no requiere de espacio adicional por la parte que da con la pared, y 30 centímetros de alto, en los que se cuentan los 15 centímetros de la altura del propio palet y otros 15 para tener un margen durante la maniobra. El hueco sirve para una mayor facilidad de inserción y extracción de los palets en las estanterías.

Por otra parte, para las cajas y/o unidades, se ha optado por unos márgenes menores, ya que no requieren de unas dimensiones de huecos tan grandes como los palets, debido a su mayor facilidad de maniobra mientras se depositan en las estanterías. De esta forma, se ha dejado 5 centímetros entre caja y caja a lo largo, ninguna holgura a lo ancho ya que no se ha estimado necesario y 10 centímetros de alto, para facilitar la inserción y extracción de las referencias sin deteriorar sus envases.

Considerando el volumen de stock que puede haber en cada una de las zonas (reserva y picking) y para cada tipo de estanterías (de palets o de cajas/unidades), se puede obtener los huecos requeridos para el almacenaje de todas las referencias, resultando lo siguiente:

Tabla 21. Número de huecos requeridos según el tipo de estantería (1ª configuración).

Zona	Estantería	Stock máximo (m ³)	Nº de huecos requeridos
De reserva	Convencional de palets	1352,519	940
De picking	Convencional de palets	57,127	80
	Convencional de cajas/unidades	556,859	4641

Una vez se han obtenido los huecos necesarios para el almacenaje de todos los artículos en cada una de las zonas y según el tipo de estanterías, a continuación, se procede al dimensionado de

las zonas particulares del almacén, calculando la superficie necesaria de cada una de ellas. Cabe destacar que la política de gestión establecida es de ubicación fija para todo el almacén.

6.3.3.1. Dimensionado de la zona de reserva

Como se acaba de comentar, la política de gestión en esta zona es de ubicación fija, por lo que, para obtener el número de huecos, se ha utilizado la expresión correspondiente, en la que se tiene en cuenta el stock máximo que puede ser almacenado. Con ello, se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 22. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (1ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	4	Largo de la zona (m)	5
Nº filas	47	Ancho de la zona (m)	61,1
Nº columnas	5	Alto de la zona (m)	7,2
Nº huecos	940	Superficie (m ²)	305,5

Se ha fijado en 4 alturas las estanterías de palets, ya que, de ese modo, da una altura máxima razonable de 7,2 metros, alcanzable por una carretilla contrapesada con una elevación de 6 metros. Después, se ha obtenido el número de filas y columnas en función del número de huecos que son necesarios.

Tras ello, se ha calculado las dimensiones de las zonas donde se ubican dichas estanterías: El largo de la zona resulta de multiplicar el número de columnas por el largo del hueco y el ancho es el número de filas por el ancho del hueco. El resultado de la zona de reserva es que hacen falta 47 estanterías convencionales de palets de 5 columnas y a 4 alturas, lo que ocupa un área de 305,5 m².

6.3.3.2. Dimensionado de la zona de picking

Dado que también se ha establecido una ubicación fija para esta zona, de forma análoga al apartado anterior, se obtiene el dimensionado de la zona de picking. Siguiendo el mismo método, resultan las siguientes tablas:

Tabla 23. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (1ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	4	Largo de la zona (m)	5
Nº filas	2	Ancho de la zona (m)	2,6
Nº columnas	5	Alto de la zona (m)	7,2
Nº huecos	40	Superficie (m ²)	13



Tabla 24. Dimensionado para estantería convencional de cajas/unidades en la zona de picking (1ª configuración).

Estantería convencional de cajas/unidades			
Nº alturas	13	Largo de la zona (m)	2,7
Nº filas	60	Ancho de la zona (m)	36
Nº columnas	6	Alto de la zona (m)	7,8
Nº huecos	4680	Superficie (m ²)	97,20

Para este caso, existen dos tipos de estanterías convencionales, uno para los palets mono-referencia y otro para las cajas/unidades. Se ha fijado en 4 alturas las estanterías convencionales de palets y en 13 alturas las estanterías convencionales de cajas, proporcionando una altura de 7,2 metros y 7,8 metros, respectivamente. En cuanto a los cálculos de las dimensiones de las zonas que ocupan las estanterías son los mismos.

De esta forma, ha resultado que la zona de picking se debe componer de 2 estanterías convencionales de palets de 5 columnas a 4 alturas, ocupando un área de 13 m². También, hacen falta 60 estanterías convencionales de cajas/unidades de 6 columnas y 13 alturas, con una superficie de 97,20 m². La zona de picking supone un total de las dos áreas, siendo esto de 110,20 m².

6.3.3.3. Dimensionado de la zona de recepción y expedición

Además de las dos zonas anteriores, hay que tener en cuenta el dimensionado de otra zona para la completa actividad del almacén, esta es la de recepción de la mercancía y la expedición de los pedidos.

Su relevancia radica en que se necesita de una zona para dejar los productos, preparar los pedidos y agruparlos, ya que en la zona de almacenaje no hay espacio para todo ello y estas operaciones requieren de cierto tiempo, pudiendo sufrir además de variaciones. Por ello, para evitar el colapso en el almacén y mantener un funcionamiento correcto en este, se proporciona esta área, que permite cierta flexibilidad y evitar imprevistos.

Dado que se dedica la primera mitad de la jornada para realizar la recepción de los camiones y la otra segunda mitad para la expedición de los productos, la zona se puede dimensionar teniendo en cuenta solo una de las dos operaciones. Además, se supone que el volumen de entrada será igual que el de salida. Por tanto, se hará el dimensionamiento con los datos del volumen de ventas diario.

Diariamente, el volumen de ventas es de 79,832 m³. Si se supone que todas las unidades de carga tienen el formato logístico de medio palet, es decir, con un volumen de 0,72 m³, se estará dimensionando la zona al alza, lo cual es más conveniente, ya que eso permite más holgura. Por tanto, ese volumen de ventas equivale a aproximadamente 111 palets, los cuales, si se reparten en las horas dedicadas por cada actividad, se tiene que tanto durante la primera parte de la jornada como durante la segunda parte entran y salen 27,75 palets/hora.

Por tanto, si se considera que la zona de recepción y expedición es utilizada para ubicar los palets cada hora, que cada palet ocupa un área de 0,8 x 1,2 = 0,96 m², se tiene que la zona debe tener una superficie de 26,64 m².

No obstante, hay que tener en cuenta que se necesita cierto espacio para poder realizar las maniobras de los equipos y el desembalaje o preparación de los palets, por lo que, para tener cierta holgura para ello o para cualquier pico que se pueda sufrir en la demanda, se amplía al doble esta superficie, implantando un área de 53,28 m².

6.3.4. Diseño en planta del almacén

Una vez se tienen las dimensiones de todas las zonas que van a componer el almacén, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la siguiente tabla se resume todas las áreas necesarias que incluir:

Tabla 25. Dimensiones de las áreas del almacén (1ª configuración).

Área de la zona de reserva (m ²)	305,50
Área de la zona de picking (m ²)	110,20
Área de la zona de recepción y expedición (m ²)	53,28
Área total de las zonas (m ²)	468,98

No obstante, conocer las superficies de todas las zonas no implica haber obtenido la superficie total del almacén, ya que en los cálculos anteriores no se han tenido en cuenta otras zonas de actividad auxiliar o de servicio para el personal, como son las oficinas de administración o los aseos.

Por otra parte, tampoco se ha considerado el espacio que ocupan los pasillos, que dependen de los medios de manutención escogidos previamente, y cuyas medidas necesarias, en función del equipo de transporte del inventario, son las que se muestran a continuación.

Tabla 26. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (1ª configuración).

Medio de manutención	Ancho de pasillo (m)
Carretilla recogepedidos	1,8
Carretilla contrapesada	3,5

Una vez definidas las medidas de los pasillos, se procede a realizar el diseño de la distribución en planta del almacén teniendo en cuenta todas las zonas mencionadas, las cuales cada una de ellas se representarán con colores diferentes para poder facilitar visualmente la distinción de cada área. Una posible configuración es la siguiente:

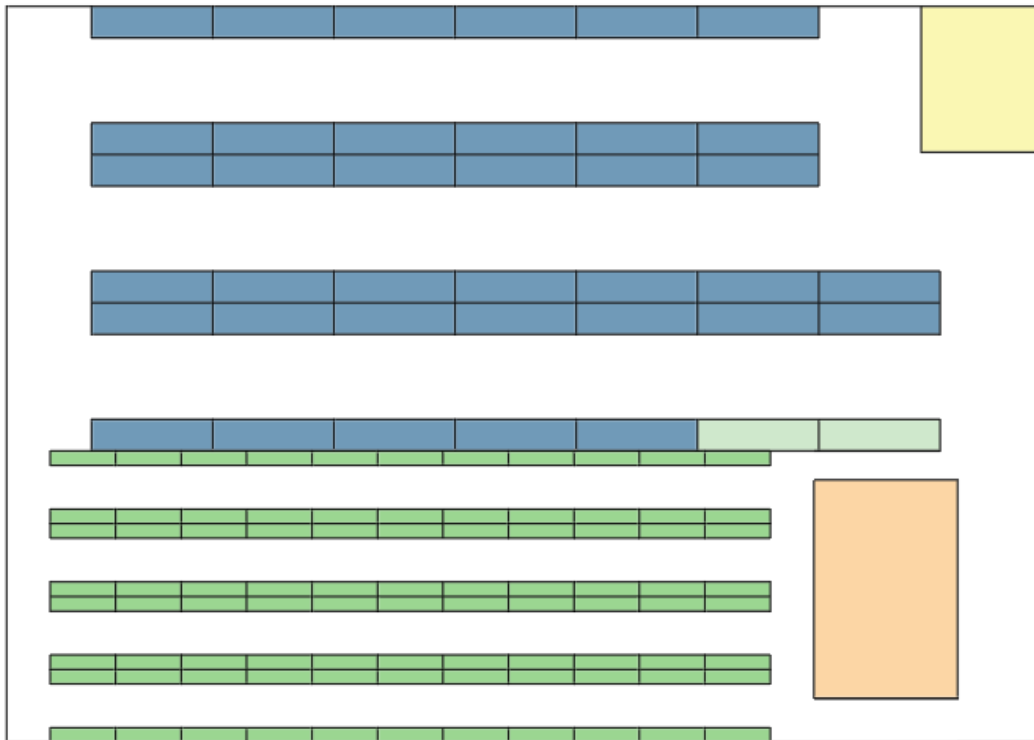


Ilustración 4. Distribución en planta del almacén (1ª configuración).

Cabe destacar que la distribución en planta se puede ver en mayor tamaño y con cotas de las dimensiones en los planos anexados al final del presente documento. También, como se puede ver, existen diferentes colores que pertenecen a áreas distintas. La representación de estos se describe en la siguiente tabla:

Tabla 27. Leyenda de colores para la distribución en planta (1ª configuración).

Zona	Color	Descripción
Reserva	Blue	Estanterías convencionales de palets
Picking	Light Green	Estanterías convencionales de palets
	Dark Green	Estanterías convencionales de cajas/unidades
Recepción y expedición	Orange	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Yellow	Oficinas, aseos, comedor, etc.
Muelles	Grey	Muelles para carga y descarga de camiones

Una vez situadas las zonas con los pasillos correspondientes y de forma ordenada, se ha podido estimar la superficie total del almacén. En este caso, esta primera configuración requiere de 1.294,416 metros cuadrados.

6.3.5. Estimación de coste e inversión

Por último, queda analizar económicamente toda la configuración, es decir, calcular los costes y la inversión que supone instalar todos los medios que se han escogido en la configuración diseñada. Estos cálculos son imprescindibles en el diseño del almacén, ya que permite valorarlo cuantitativamente para poder realizar comparaciones con otros diseños. De esta forma, sirve como otro criterio más para hacer la elección más adecuada y conveniente.

Los costes y las inversiones por analizar se componen de diferentes partes, que son: las instalaciones del almacén, los medios de almacenamiento, los medios de manutención, el coste del personal, el coste de mantenimiento y energía y el de otros equipamientos.

Para convertir el importe de una inversión en un coste anual equivalente, solo hay que dividirlo por el valor correspondiente del factor DFC según la vida útil del equipo o medio que se está analizando, explicado en el apartado 3.8. Los costes se muestran desglosados a continuación:

Tabla 28. Costes de las instalaciones (1ª configuración).

Concepto	m ²	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Nave del almacén	1.294,416	370	478.933,92	20	5,101	93.890,20
Servicios generales del edificio	1.294,416	30	38.832,48	20	5,101	7.612,72

Tabla 29. Costes de los medios de almacenamiento (1ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de palets	1.274	20	25.480	10	4,339	5.872,32
Estanterías convencionales de cajas/unidades	1.263,60	30	37.908	10	4,339	8.736,58



Tabla 30. Costes de los medios de mantenimiento (1ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla contrapesada	2	16.000	32000	10	4,339	7.374,97
Carretilla recoge pedidos	7	50.000	350000	10	4,339	80.663,75

Tabla 31. Costes del personal (1ª configuración).

Concepto	Nº personas	Precio (€/año/persona)	Coste anual (€)
Jefe de almacén	1	30.000	30.000,00
Administrativo	1	20.000	20.000,00
Almacenero	9	18.000	162.000,00

Tabla 32. Costes de mantenimiento y energía (1ª configuración).

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% de inversión	38.200,00
Edificios e instalaciones	1% de inversión	5.177,66
Gasto energético	45€/m ² de almacén	58.248,72

Tabla 33. Costes de otros equipamientos (1ª configuración).

Concepto	ud	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1	350.000	350.000	5	3,058	114.453,89

En resumen, se ha obtenido los siguientes valores de costes e inversión:

Tabla 34. Resumen de coste e inversión (1ª configuración).

	Importe (€)
Coste	632.230,81 €
Inversión	1.313.154,40 €

Como se puede ver, el resultado final es de 632.230,81 € de coste anual y 1.313.154,40 € de inversión anual. Es probable que estos valores sean más elevados de lo que debería ser. No obstante, no se puede asegurar si los resultados están lejos de ser los óptimos. Por tanto, se requiere de la realización de más configuraciones, a través de varias iteraciones tomando criterios distintos y buscando alternativas diferentes para los medios a escoger. Con ello, se harán comparaciones para ver cuál es el que mejor relación calidad-coste supondría manteniendo una buena adaptación a las exigencias.

6.3.6. Análisis y propuestas de mejora

Tras la estimación económica realizada, se puede ver que la mayor parte de los gastos se concentran en el personal y las instalaciones. Por tanto, para la próxima iteración se va a tratar de reducir la cantidad de estos recursos, con el objetivo de disminuir estos costes que forman parte del actual diseño y que, por tanto, son susceptibles de ser modificados para aminorarlos.

Además, cabe destacar que también se puede buscar otras alternativas de los medios de manutención o almacenamiento que tengan un rendimiento mejor y que se adecuen más al diseño que se pretende llevar a cabo, proporcionando un mayor ahorro en cuanto a costes anuales, por lo que también es algo que tener en cuenta para la próxima configuración.

Por tanto, para la próxima iteración se pretende disminuir el área de las instalaciones en el almacén, dado que suponen un 39,43% de toda la inversión. También, se desea reducir el número de medios de manutención con otras soluciones de mayor eficiencia y/o menores costes, ya que supone un 29,09% de la inversión y, a su vez, se recortaría personal, suponiendo este un 33,53% del coste anual. Por otra parte, el hardware para la gestión del almacén supone también una parte considerable de la inversión (26,65%), sin embargo, en este caso, no se puede prescindir de él.



6.4. Configuración 2

Tras obtener las propuestas de mejora para la primera configuración, en la segunda configuración, se procede a implementar las posibles soluciones analizadas anteriormente para tratar de desarrollar una solución más beneficiosa para la empresa.

Las mejoras consisten en utilizar carretillas con menor pasillo y, si es posible, con mayor capacidad de elevación, con el objetivo de reducir la superficie de la nave mientras se lleva a cabo el correcto desempeño en el centro, además de aplicar la gestión de ubicación aleatoria en alguna de las zonas o en ambas, con la que probablemente se obtenga mejor resultado dada la gran cantidad de referencias que hay. Con todo ello, se comprobará si se ha podido reducir el número de operarios y reducir los recursos relacionados con las instalaciones del almacén.

6.4.1. Definición de los medios de almacenamiento

En esta segunda configuración, se va a optar por utilizar pasillos con menores anchuras. No obstante, se va a seguir manteniendo la opción de estanterías convencionales para poder ver el impacto que tienen tanto el ahorro de la superficie de la nave como la solución de poner más altura a las instalaciones sin que se vea muy afectada la forma de operar en el almacén. De esta forma, se seguirá una metodología iterativa basada en cambios graduales para ir viendo las mejoras y en qué grado influyen para que finalmente se consiga la mejor opción combinada. Por tanto, para este caso, se opta por estanterías convencionales, pero usando pasillos más estrechos.

Como se ha realizado en la anterior iteración, se va a seguir estudiando de forma separada las zonas de reserva y de picking, ya que pueden usar medios distintos y adaptados según las necesidades y con tamaños distintos, los cuales se van a reflejar en el apartado de Dimensionamiento del almacén.

De nuevo, en el área de reserva se van a poner estanterías convencionales con un pasillo más estrecho para todas las referencias que se ubiquen en esta zona, que son 609 referencias, como ya se ha calculado anteriormente. Por otra parte, para la zona de picking también se van a disponer de estanterías convencionales, tanto para los palets si el volumen del formato a almacenar es mayor que $0,72 \text{ m}^3$ como para las cajas/unidades, cuyo volumen del formato es menor que $0,72 \text{ m}^3$.

A continuación, se muestran los medios a utilizar para esta segunda configuración:

Tabla 35. Medios de almacenamiento (2ª configuración).

Zona	Medio de almacenamiento	Nº referencias	Volumen máximo almacenaje (m^3)
Reserva	Estanterías convencionales para palets	609	1.352,519
Picking	Estanterías convencionales para palets	61	53,098
	Estanterías convencionales para cajas/unidades	12.835	560,888

6.4.2. Definición de los medios de manutención

Como ya se ha dicho, en esta segunda configuración, se procede a realizar cambios algo más consistentes en cuanto a la definición de los medios de manutención. En este caso, se va a optar por alternativas distintas a las carretillas convencionales como las carretillas contrapesadas. A continuación, se va a estudiar qué equipos son más convenientes para cada tipo de operación que se realiza en el almacén.

Cabe destacar que se va a mantener el horario de las operaciones, ya que por ahora parece que es una buena distribución equitativa en cuanto a los recursos, es decir, que se sigue estableciendo 4 horas para las 3 primeras actividades descritas en el apartado de Transporte de inventario en cada operación y las restantes 4 horas para las siguientes 2 actividades: la preparación de las líneas de pedido y la expedición de los pedidos.

De nuevo, para conocer el volumen de ventas diario que se transporta internamente, se mantiene lo obtenido en la primera configuración, ya que no ha cambiado el formato logístico ni la zona donde se van a almacenar los productos. A continuación, se muestra la tabla con los volúmenes de ventas en m³/día para cada tipo de formato logístico y la zona donde se depositan, sabiendo así, el volumen que moverán los medios de manutención.

Tabla 36. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (2ª configuración).

Zona	Formato logístico	Nº referencias	Ventas (m ³ /día)
Reserva	Palets en reserva	609	57,289
Picking	Palets desde reserva	12	4,661
	Palets directos a picking	49	1,323
	Total de palets en picking	61	5,984
	Cajas/unidades desde reserva	597	52,628
	Cajas/unidades directo a picking	12238	21,220
	Total de cajas/unidades en picking	12.835	73,849

- Recepción y descarga de camiones:

Para esta operación, se conoce que el formato logístico es el palet y que al día se necesita cumplir con una producción máxima diaria de $\frac{111 \text{ palets}}{4 \text{ horas}} = 27,75 \text{ palets/hora}$, lo cual hay que tener en cuenta para resolver la cantidad requerida de equipos de manutención escogidos. En este caso, en lugar de escoger un equipo universal para todo el transporte interno, se va a

escoger un equipo más aplicado para este tipo de actividades, como es el caso de las transpaletas.

Las transpaletas pueden ser eléctricas o manuales. Sus tasas de actividad son: para las eléctricas de 25 palets/hora y para las manuales de 15 palets/hora. Por tanto, se podría optar por 2 transpaletas eléctricas, 2 transpaletas manuales o 1 eléctrica + 1 manual. En principio, se elegiría la opción de 2 transpaletas manuales, ya que es la más económica. No obstante, habrá que confirmar si esta opción encaja con la segunda parte de la jornada laboral.

De esta forma, se consigue una productividad de 30 palets/hora, suficientes para satisfacer los 27,75 palets/hora necesarios diariamente.

A continuación, se muestra en una tabla resumen.

Tabla 37. Medio de manutención para la recepción de camiones (2ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Transpaleta manual	2	15	30	27,75

- Ubicación de referencias a las estanterías:

En esta actividad, es necesario el uso de carretillas para poder almacenar los artículos en sus estanterías correspondientes. En este caso, se puede optar por carretillas retráctiles o trilaterales de pasillo estrecho para la zona de reserva, proporcionando así un almacenaje con menor anchura de los pasillos y por carretillas y carros recogepedidos en el caso de picking.

Se conoce que la producción necesaria para depositar los palets mono-referencia en la zona de reserva es de unos 15 palets/hora. La productividad de las carretillas retráctiles es de 20 palets/hora y de las carretillas trilaterales es de 30 palets/hora, por lo que ambas pueden servir. No obstante, las trilaterales tienen un coste de más de 3 veces que las retráctiles, por lo que no resulta compensable. Por tanto, se escoge **1 carretilla retráctil**.

De manera análoga a la configuración anterior, también hay palets mono-referencia que se depositan directamente a la zona de picking y suponiendo las mismas productividades en esta zona con líneas de pedido por hora, para los 0,46 palets/hora, que cubre 1,323 m³/día, se requiere igualmente de **0,015 unidades de carretilla recogepedidos**.

En cuanto a las cajas/unidades, ocurre lo mismo que en la anterior iteración, el 71,27% de 2112 líneas de pedido diarias se reponen desde la zona de reserva y el 28,73% va directamente a la zona de picking. Se ha visto que se puede diferenciar ambas opciones. No obstante, como en ambas actividades se mantiene la utilización de carretillas recogepedidos, la productividad también es la misma en las dos tareas, por lo que se puede realizar los cálculos de forma conjunta, obteniendo la producción necesaria para todas las líneas de pedido diarias y calculando las unidades necesarias del mismo medio de manutención para transportarlas, tanto directamente a picking como desde reserva a picking.

De esta forma, se tiene que se necesita cumplir con una producción de 528 líneas de pedido por hora en total, y como la productividad para estas tareas son de 80 ldp/h, hará falta, **6,6 unidades de carretilla recogepedidos** para transportar las cajas/unidades internamente.

Dado que se ha calculado conjuntamente la tarea actual de ubicación de referencias y la tarea que se va a mencionar a continuación, de abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva, la tabla que resume los medios se realizará en el siguiente subapartado, donde se englobará los medios utilizados para ambas tareas (Tabla 38)

- Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva:

En el subapartado anterior ya se ha obtenido lo requerido para reponer en la zona de picking los artículos en formato de cajas y unidades. En este, por tanto, falta calcular el movimiento de los 6,47 palets/día, que son 1,62 palets/hora, lo que resulta la necesidad de adquirir **0,054 unidades de carretilla recogepedidos** para ello.

A continuación, se va a mostrar la tabla-resumen los medios de manutención necesarios para las dos últimas tareas calculadas, que son: la ubicación de referencias a las estanterías y el abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva. En ella, se realiza la suma completa de cada una de las unidades necesarias a adquirir de carretillas recogepedidos que se ha ido obteniendo de cada formato logístico.

Tabla 38. Medios de manutención para ubicación de referencias y abastecimiento de picking (2ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla retráctil	0,75 (1)	20	20	15
Carretilla recogepedidos	0,015+6,6+0,054 (7)	30//80//30	210//560//210	0,46//528//1,62

Como se puede ver, y de la misma manera que en la anterior iteración, la suma de las cantidades de carretillas recogepedidos para cada tipo distinguido de formato logístico es de 6,669 unidades en total, por lo que puede ser perfectamente cubierto por **7 carretillas recogepedidos**, lo cual se tendrá en cuenta también para la tabla resumen total (Tabla 42).

- Preparación de líneas de pedido:

En la configuración anterior se ha obtenido los cálculos de la producción necesaria en esta actividad para poder llevar a cabo de forma efectiva la preparación de los pedidos, cumpliendo con la política de servicio de la empresa de 5 días. Análogamente, se muestra directamente una tabla resumen con los resultados.

Tabla 39. Producción necesaria de preparación de pedidos (2ª configuración).

Formato logístico	Producción diaria	Producción por hora
Palets	9	2,25
Cajas/Unidades	2.112	528

Como ya se sabe, las cajas y las unidades se preparan indistintamente como si fueran un mismo formato, por ello se han calculado en conjunto.

Una vez obtenida la tabla anterior, se procede a calcular qué medios de manutención se escogen para satisfacer la producción y cuántas unidades de ellos se requieren. Para la preparación de los pedidos en palets, se podría usar tanto una transpaleta como una carretilla recogepedidos. No obstante, para el caso de las cajas o unidades, solo se podría usar la carretilla recogepedidos. De este modo, se obtiene la siguiente selección:

Tabla 40. Posibles medios de manutención para palets en la preparación de pedidos (2ª configuración).

Medio de manutención	Unidades necesarias	Productividad (ldp/(h·op))	Producción necesaria (ldp/h)
Transpaleta manual	0,15 (1)	15	2,25
Carretilla recogepedidos (para palets)	0,075 (1)	30	2,25

Tabla 41. Medio de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (2ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recogepedidos (para cajas)	6,6 (7)	80	560	528

De nuevo, para llevar a cabo la preparación de las líneas de pedido de cajas y unidades durante 5 días consecutivos, haría falta 6,6 unidades de carretillas recogepedidos, es decir, que se requiere adquirir **7 carretillas recogepedidos** para ello.

Por otra parte, cabe destacar que, para la preparación de pedidos de los palets, sería conveniente usar la carretilla recogepedidos, ya que tiene un margen que puede cumplir perfectamente con la producción necesaria, no como la transpaleta manual, que también es requerida para la expedición de pedidos y con la que no hay suficiente disponibilidad para esta operación.



- Expedición de pedidos:

Esta operación tiene como producción necesaria la misma cantidad que la operación de recepción y descarga de camiones, ya que se ha supuesto que la cantidad de lo que se envía es la misma que la recibida por los proveedores y esta actividad se realiza durante el mismo tiempo. De esta forma, como se envían 111 palets diariamente como máximo, eso equivale a 27,75 palets/hora en esta operación, lo que puede ser cubierto con **2 transpaletas manuales**.

A continuación, se va a mostrar una tabla resumen con todo lo requerido en cuanto a equipos de manutención. De este modo, se resuelve cuántas unidades de cada equipo serían suficiente para cubrir con todas las operaciones de todo el almacén durante toda una jornada laboral.

Tabla 42. Equipos de manutención para el almacén (2ª configuración).

	Actividad	Equipos de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)		Transpaleta manual	2
	Ubicación de referencias a las estanterías	Carretilla retráctil	1
	Abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva	Carretilla recogepedidos	7
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	Carretilla recogepedidos	7
	Expedición de pedidos	Transpaleta manual	2

Como ya se ha comentado, los equipos de manutención pueden ser utilizados en ambas partes de la jornada laboral. Por tanto, estrictamente se requiere de **2 transpaletas manuales, 1 carretilla retráctil y 7 carretillas recogepedidos**, siendo necesarios **10 operarios** para poder cubrir con el manejo y correcto funcionamiento de todos los equipos.

6.4.3. Dimensionamiento del almacén

6.4.3.1. Dimensionado de la zona de reserva

A diferencia de la anterior iteración, la política de gestión en esta zona es de ubicación aleatoria. En este caso, el coeficiente de seguridad para prevenir un aumento generalizado de stock es del 20% aproximadamente. Además, como ya se ha mencionado, para esta configuración se ha propuesto aumentar el número de alturas a alrededor de 10 metros, lo que equivale a 6 alturas para los palets. Con ello, ha resultado lo siguiente:

Tabla 43. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (2ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	6	Largo de la zona (m)	9
Nº filas	14	Ancho de la zona (m)	18,2
Nº columnas	9	Alto de la zona (m)	10,8
Nº huecos	756	Superficie (m ²)	163,8

Como se acaba de mencionar, se ha fijado en 6 alturas las estanterías de palets, dando una altura máxima de 10,8 metros, alcanzable por una carretilla retráctil con una elevación de 10 metros.

Tras ello, se ha calculado el número de filas y columnas, y las dimensiones de las zonas donde se ubican dichas estanterías. El resultado de la zona de reserva es que hacen falta 14 filas de estanterías convencionales de palets de 9 columnas cada una y a 6 alturas, ocupando una superficie de 163,8 m², un valor mucho menor que el de la primera configuración, resultando conveniente la ubicación aleatoria, ya que tampoco es tan necesaria una gestión estricta en el caso de la zona de reserva.

6.4.3.2. Dimensionado de la zona de picking

De forma análoga a la configuración anterior, donde las ubicaciones se han establecido fijas, se obtiene el dimensionado de la zona de picking. Siguiendo la misma metodología, resultan los siguientes resultados:

Tabla 44. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (2ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	2	Largo de la zona (m)	5
Nº filas	4	Ancho de la zona (m)	5,2
Nº columnas	5	Alto de la zona (m)	3,6
Nº huecos	40	Superficie (m ²)	26,00

Tabla 45. Dimensionado para estantería convencional de cajas/unidades en la zona de picking (2ª configuración).

Estantería convencional de cajas/unidades			
Nº alturas	17	Largo de la zona (m)	2,25
Nº filas	55	Ancho de la zona (m)	33
Nº columnas	5	Alto de la zona (m)	10,2
Nº huecos	4675	Superficie (m ²)	74,25

Como ya se sabe, existen dos tipos de estanterías, uno para los palets mono-referencia y otro para las cajas/unidades. Para el caso de las estanterías de palets en esta zona, se ha cambiado a 2 alturas, ya que, como ya se ha dicho, de esta manera, se consigue la posibilidad de usar una transpaleta para acceder a los palets en la zona de picking sin que perjudique de manera considerable económicamente.

Por otra parte, se ha establecido a 17 alturas las estanterías de cajas/unidades, proporcionando una altura máxima de 10,2 metros, accesible con una carretilla recoge pedidos con capacidad de elevación de 10 metros. Con ello, se ha reducido el área que ocupan estas estanterías.



El resultado en la zona de picking es que se requiere de 4 filas de estanterías convencionales de palets de 5 columnas a 2 alturas, ocupando un área de 26 m². También, se requiere de 55 filas de estanterías convencionales de cajas/unidades de 5 columnas y 17 alturas, con una superficie de 74,25 m². Con ello, resulta un total de 100,25 m², también un valor menor que la configuración anterior.

6.4.3.3. Dimensionado de la zona de recepción y expedición

Por último, queda dimensionar la zona en la que se reciben los pedidos y se preparan los palets para ser enviados a cada una de las tiendas, cuya importancia ya se ha explicado. El modo de calcularlo es igual que en la primera configuración y dado que las horas dedicadas para cada actividad y la cantidad a enviar no ha cambiado, el dimensionado se mantiene igual.

Por tanto, con un volumen de ventas de 79,832 m³, que equivalen a 111 palets, entre 4 horas que puede durar la actividad, se necesita una producción de 27,75 palets/hora. Además, cabe tener en cuenta que se requiere espacio para la maniobra de los medios de manutención, para poder preparar o desembalar bien los palets y para poder dejar mercancía de manera temporal. Con ello, como se puede ver en el mismo apartado de la anterior configuración (apartado 6.4.3.3), la superficie necesaria para esta zona es de 53,28 m².

6.4.4. Diseño en planta del almacén

Una vez realizados los dimensionamientos anteriores, se procede a realizar el diseño en planta del almacén. En la siguiente tabla se resume todas las áreas necesarias que incluir:

Tabla 46. Dimensiones de las áreas del almacén (2ª configuración).

Área de la zona de reserva (m ²)	163,80
Área de la zona de picking (m ²)	100,25
Área de la zona de recepción y expedición (m ²)	53,28
Área total de las zonas (m ²)	317,33

Como se puede ver, el área total de las zonas es mucho menor a la primera configuración. Además, cabe destacar que falta incluir los pasillos y así realizar la completa distribución en planta. Las anchuras de dichos pasillos, que también son menores que en la anterior iteración debido al cambio de los equipos de manutención utilizados, se muestran a continuación.

Tabla 47. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (2ª configuración).

Medio de manutención	Ancho de pasillo (m)
Carretilla recogepedidos	1,8
Carretilla retráctil	2,7
Transpaleta manual	1,5

Una vez resueltos todos los cálculos de los recursos necesarios y las medidas que conlleva cada uno de ellos, se realiza la distribución en planta situando todas las estanterías con las anchuras de los pasillos correspondientes según el medio de manutención que se va a utilizar en cada operación. De nuevo, se representa cada tipo distinto de medio de almacenamiento o zona con diversos colores que los diferencie. Para la segunda configuración, se tiene lo siguiente:

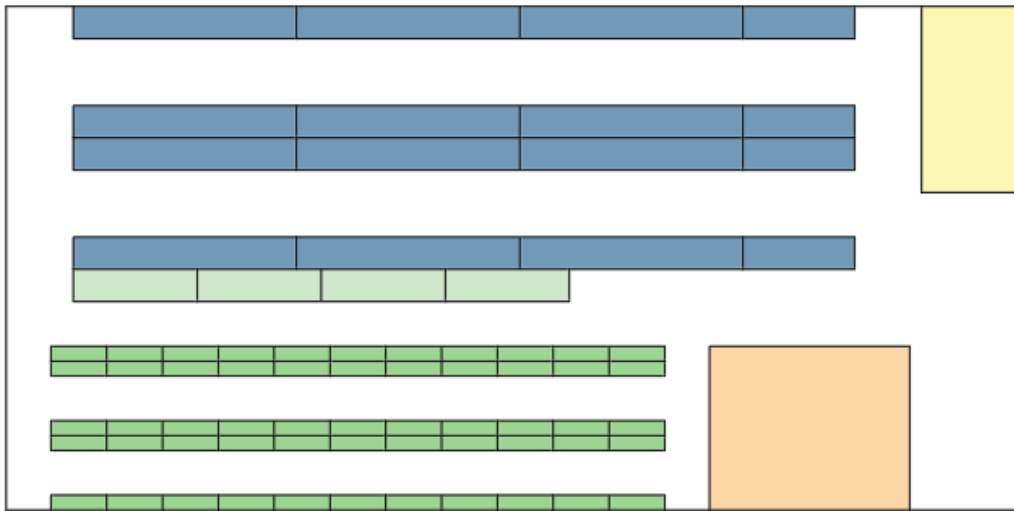


Ilustración 5. Distribución en planta del almacén (2ª configuración).

De nuevo, cabe destacar que la distribución en planta se puede ver en mayor tamaño y con cotas de las dimensiones en los planos anexados al final del presente documento. También, como se puede ver, existen diferentes colores que pertenecen a áreas distintas. La leyenda de cada color se describe a continuación (Tabla 48):

Tabla 48. Leyenda de colores para la distribución en planta (2ª configuración).

Zona	Color	Descripción
Reserva	Blue	Estanterías convencionales de palets
Picking	Light Green	Estanterías convencionales de palets
	Dark Green	Estanterías convencionales de cajas/ unidades
Recepción y expedición	Orange	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Yellow	Oficinas, aseos, comedor, etc.
Muelles	Grey	Muelles para carga y descarga de camiones

Se ha obtenido que, con el diseño completo de esta segunda configuración, hace falta una nave con una superficie de 830,27 metros cuadrados.

6.4.5. Estimación de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen el actual diseño. Como ya se ha dicho, es una manera cuantitativa de comparar entre los diferentes diseños que se va a realizar en las sucesivas iteraciones.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio y cuyos valores se muestran en la Tabla 1. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación:

Tabla 49. Costes de las instalaciones (2ª configuración).

Concepto	m ²	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Nave del almacén	830,27	430,00	357.016,10	20	5,101	69.989,43
Servicios generales del edificio	830,27	30,00	24.908,10	20	5,101	4.882,98

Tabla 50. Costes de los medios de almacenamiento (2ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de palets	1.034,80	20,00	20.696,00	10	4,339	4.769,76
Estanterías convencionales de cajas/unidades	1.262,25	30,00	37.867,50	10	4,339	8.727,24

Tabla 51. Costes de los medios de manutención (2ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla retráctil (10m.)	1	30.000,00	30.000,00	10	4,339	6.914,04
Carretilla recogepedidos (10m.)	7	58.000,00	406.000,00	10	4,339	93.569,95
Transpaleta manual	2	300,00	600,00	10	4,339	138,28

Tabla 52. Costes del personal (2ª configuración).

Concepto	Nº personas	Precio (€/año/persona)	Coste anual (€)
Jefe de almacén	1	30.000	30.000,00
Administrativo	1	20.000	20.000,00
Almacenero	10	18.000	180.000,00

Tabla 53. Costes de mantenimiento y energía (2ª configuración).

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% de inversión	43.660,00
Edificios e instalaciones	1% de inversión	3.819,24
Gasto energético	45€/m ² de almacén	37.362,15

Tabla 54. Costes de otros equipamientos (2ª configuración).

Concepto	ud	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1	350.000	350.000	5	3,058	114.453,89

De manera resumida, han resultado los siguientes costes e inversión:

Tabla 55. Resumen de coste e inversión (2ª configuración).

	Importe (€)
Coste	618.286,97 €
Inversión	1.227.087,70 €

Se puede observar que los resultados, tanto de los costes como de las inversiones a realizar, son menores que en la primera configuración, por lo que se ha cumplido con el objetivo de ir reduciendo los gastos que suponen los medios e instalaciones del almacén que se está diseñando. El coste anual es de 618.286,97 € y la inversión de 1.227.087,70 €, suponiendo un ahorro frente a la anterior configuración de 2,26% y 7,01%, respectivamente.



6.4.6. Análisis y propuestas de mejora

Sin embargo, a pesar de que se ha conseguido disminuir los costes en esta iteración, se pretende implementar otras posibles mejoras para seguir obteniendo progresos en la rebaja económica de la inversión y costes del almacén. Para ello, se procede a revisar en qué recursos se centra toda la financiación y se va a tratar de reducirlo más todavía mediante la variación de los criterios y tipos de medios a utilizar.

Se puede observar que se ha conseguido disminuir los gastos de las instalaciones en el almacén, que ahora suponen un 31,12% de la inversión. No obstante, los costes de los medios de manutención han aumentado a un 35,58% de la inversión y el personal se mantiene bastante alto, siendo este de un 37,2% del coste anual. Por otra parte, el hardware para la gestión del almacén supone también una parte considerable de la inversión (28,52%), pero como ya se ha comentado, se requiere de ello y no puede cambiar.

Para aminorar dichos gastos, en la siguiente configuración, en lugar de tratar de modificar los equipos de manutención, se va a cambiar el enfoque y se va a implantar otro tipo de medios de almacenamiento con la finalidad de estudiar si tiene una influencia significativa en los costes anuales y/o la inversión total.

Tras cada iteración, se va a analizar qué recursos pueden contribuir a un mayor coste o ineficiencia y ver de qué manera se puede acondicionar a las características del almacenaje de las referencias de la empresa. Poco a poco, el diseño va a alejarse de lo convencional, con el objetivo principal de tratar de conseguir un centro de distribución que cumpla con los requisitos, con una inversión lo más idónea posible y menores costes.



6.5. Configuración 3

Como se acaba de comentar, para esta tercera configuración, se va a probar cambiar los medios de almacenamiento y ver si influye positivamente. En este caso, se ha pensado en incluir almacenes rotativos para las referencias de baja o media rotación, es decir, los productos tipo B y C, ya que este tipo de medios no son convenientes para los productos de alta rotación. Este cambio aportaría ciertas ventajas como el aprovechamiento del espacio para productos de baja-media rotación, menos tiempo durante la preparación de pedidos, menos operarios, etc.

Por otra parte, para los productos de tipo A se ha pensado en implementar estanterías dinámicas de cajas que vayan a un conveyor para facilitar al operario la actividad de la preparación de pedidos y agilizar la operación ahorrando considerablemente la cantidad de movimientos que el operario tiene que realizar.

De esta forma, se pretende conseguir un ahorro de espacio para el almacenamiento de las referencias y tiempo para la preparación de los pedidos, reduciendo así la mano de obra necesaria para realizar el picking, lo que permite una disminución del número de operarios requeridos. Por tanto, a continuación, se va a modificar aquellos apartados donde influyan los cambios mencionados.

6.5.1. Definición de los medios de almacenamiento

En el presente apartado se va a modificar el enfoque tenido hasta ahora y se van a implantar distintos tipos de medios de almacenamiento. No obstante, no se van a cambiar todos los medios, como es el caso del almacenamiento de palets, que hasta este momento se han diseñado como convencionales. La idea de esta tercera iteración es diferenciar entre los productos que son de baja o media rotación (productos de tipo B y tipo C) y los que son de alta rotación (productos de tipo A), además de si son productos poco voluminosos o mucho, y adecuar los equipos de almacenamiento a sus características.

De este modo, aquellas referencias que sea de media-baja rotación y que tengan dimensiones pequeñas se van a depositar en carruseles horizontales y los de alta rotación y media-baja rotación con dimensiones algo más grandes se almacenarán en estanterías dinámicas con cintas transportadoras. Con ello, se pretende dejar resguardadas aquellas referencias que son más pequeñas y no son tan demandadas como son los productos de tipo B y de tipo C en una zona más compacta, pero con fácil accesibilidad, y agilizar considerablemente la preparación de pedidos en el caso de los productos de tipo A.

El límite establecido para diferenciar entre los productos de poco volumen y de mayor volumen es de 10 litros, es decir, $0,01 \text{ m}^3$. Por tanto, aquellos productos que tengan un volumen menor de 10 litros, y sean del tipo B o C se pretenden almacenar en carruseles horizontales y aquellos cuya dimensión supere los 10 litros irán directamente a las estanterías dinámicas.

Por otra parte, respecto a la distinción entre las zonas de reserva y de picking se va a mantener, conservando las estanterías convencionales para palets para las referencias almacenadas tanto en la zona de reserva como en la zona de picking. Por tanto, solo se modifica el almacenamiento de las referencias en formato de cajas o unidades. Para ello, hace falta conocer cuáles son las



referencias que pertenecen a dichos grupos y cuál es el espacio necesario para poder colocarlas cumpliendo con las exigencias de los pedidos.

A continuación, se muestran los resultados de los nuevos cálculos realizados para diferenciar las referencias según el tipo de producto que sea y de los medios de almacenamiento que se pretenden usar en esta configuración.

La variación de la siguiente tabla respecto a la de la anterior configuración reside en que se ha diferenciado entre distintos tipos de categorías: de las 12986 referencias, 3054 (23,91%) pertenecen al producto de tipo A, 8641 son de tipo B o C y de pequeño volumen (67,01%) y el resto que son 1171 (9,08%) forman parte de los tipos B y C y volumen mayor de 10 litros.

Tabla 56. Medios de almacenamiento (3ª configuración).

Zona	Medio de almacenamiento	Nº referencias	Volumen máximo almacenaje (m³)	Volumen medio almacenaje (m³)
Reserva	Estanterías convencionales para palets	609	1.352,519	904,325
Picking	Estanterías convencionales para palets	61	53,098	3,442
	Estanterías dinámicas de cajas/unidades (productos tipo A)	3.054	314,587	167,768
	Estanterías dinámicas de cajas/unidades (productos tipo B-C y volumen grande)	1.140	207,646	116,456
	Carrusel horizontal (productos tipo B-C y volumen pequeño)	8.641	38,655	19,327

6.5.2. Definición de los medios de manutención

En cuanto a los medios de manutención, se va a seguir utilizando los mismos equipos de la anterior iteración para todas las operaciones, pero ahora también se incluye la opción de la cinta transportadora para las estanterías dinámicas de cajas. Los cambios, en este caso, residen principalmente en las tareas de ubicación de los productos en sus correspondientes estanterías y de preparación de las líneas de pedidos, ya que ahora existen otros medios de almacenamiento a tener en cuenta para ello. Por tanto, las cajas y unidades que antes se depositaban en un mismo tipo de estantería, ahora hay que dividir las según su categoría y volumen y almacenarlas en sus correspondientes puestos.

Además, de nuevo para conocer cuál es el volumen de ventas diario a transportar internamente, se obtiene de los datos de partida. En este caso, se va a diferenciar entre los distintos formatos logísticos, las categorías que existen para la actual configuración, la zona donde se depositan y si el abastecimiento a la zona de picking, en función de la cantidad de stock mínima y máxima



que debe haber, se realiza de forma directa o, por el contrario, poco a poco, según el plazo de reposición, desde la zona de reserva.

A continuación, se muestra una tabla con los volúmenes de ventas en m³/día para cada tipo de formato logístico, categoría y zona donde se depositan, sabiendo así, el volumen que moverán los medios de manutención.

Tabla 57. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (3ª configuración).

Zona	Formato logístico y categoría	Nº referencias	Ventas (m ³ /día)
Reserva	Palets	609	57,289
Picking	Palets desde reserva	12	4,661
	Palets directos a picking	49	1,323
	Total de palets en picking	61	5,984
	Cajas (prod.A) desde reserva	414	42,253
	Cajas (prod.A) directas a picking	2.640	7,278
	Total de cajas (prod. A) en picking	3.054	49,531
	Cajas (resto B y C) desde reserva	183	10,376
	Cajas (resto B y C) directas a picking	957	12,231
	Total cajas (resto B y C)	1.140	22,607
	Cajas (prod. B y C) < 10 l. desde reserva	0	0,000
	Cajas (prod. B y C) < 10 l. directas a picking	8.641	1,711
	Total de cajas prod. B,C y < 10l.) en picking	8.641	1,711

Por otra parte, también se va a seguir manteniendo el horario fijado para las dos partes de la jornada laboral que ya se han descrito anteriormente, en la que la primera parte consiste en realizar las tareas de recibir y descargar los camiones, ubicar los artículos en sus estanterías y abastecer la zona de picking durante las primeras 4 horas del día, y en la segunda parte se realiza la preparación de pedidos y la expedición de estos durante las restantes 4 horas.

- Recepción y descarga de camiones:

En esta primera actividad no se espera ningún cambio respecto a los medios de manutención ya configurados anteriormente. Cada día se recibe una cantidad máxima equivalente a 111 palets, lo que implica una producción máxima necesaria de 27,75 palets/hora. Para ello, se ha escogido la opción de **2 transpaletas manuales**, que suman una productividad de 30 palets/hora, lo cual cumple sobradamente con lo requerido, dando la opción de poder usarse de forma auxiliar en otras operaciones.

- Ubicación de referencias a las estanterías y abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva:

Como en la anterior configuración se ha visto que en las dos tareas de ubicar las referencias a las estanterías y abastecer la zona de picking desde la zona de reserva se puede realizar los cálculos conjuntamente en caso de que se utilice los mismos medios de manutención, en este subapartado se ha decidido, efectivamente, juntar ambas tareas para realizar los cálculos de forma conjunta y así se realizan menos desgloses y pasos inútiles, ya que, de este modo, se llega al mismo resultado buscado.

Por una parte, mantiene la adquisición de **1 carretilla retráctil** para depositar los palets mono-referencia a la zona de reserva, cuya productividad de 20 palets/hora cumple con la producción necesaria de 15 palets/hora.

Por otra parte, y de la misma forma a la anterior configuración, se debe cumplir con cierta cantidad de palets mono-referencia que van directamente a la zona de picking. Esta cantidad es de 0,46 palets/hora que, con una productividad de 30 palets/hora, hace falta, de nuevo, **0,015 unidades de carretilla recogepedidos**.

Para obtener los palets mono-referencia que se reponen desde la zona de reserva hasta la zona de picking, al igual que las anteriores configuraciones, la cantidad a mover es de 4,661 m³/día, que son 6,47 palets/día, lo que equivale a 1,62 palets/hora. Con una productividad de 30 palets/hora, haría falta **0,054 unidades de carretilla recogepedidos**.

Respecto a las cajas/unidades, se ha decidido modificar ligeramente los medios a utilizar en el caso de la zona de picking, donde en lugar de tan solo utilizar carretillas recogepedidos para ubicar y reponer, se puede tener en cuenta también la opción de usar también carros recogepedidos de forma auxiliar, ya que son más baratos y, en este caso, son accesibles tanto al carrusel horizontal como a las estanterías dinámicas de cajas, ya que ambas pueden ser alcanzadas a pie, mientras el operario está al nivel del suelo. De esta manera, se podrá ver si existe alguna combinación mejor que tan solo usar carretillas recogepedidos.

Además, en ninguna de las dos tareas hace falta todavía diferenciar por categorías, es decir, que el tiempo dedicado a la ubicación y/o reposición de cada artículo no varía si se utiliza el mismo medio para transportarlo. De esta forma, lo equivalente a las 2.112 líneas de pedido que se reciben al día se ubican a sus puestos correspondientes de forma independiente al tipo de producto que sea y si se usa una carretilla recogepedidos se hace a la velocidad de 80 líneas de pedido por hora y si se usa un carro se haría a la velocidad de 50 líneas de pedido por hora.

De forma análoga a lo anterior, se conoce que se debe cumplir con una producción de 528 líneas de pedido por hora y con las productividades que se acaban de mencionar, hay que hacer uso de alguna de las siguientes alternativas para cubrir con lo exigido: 7 carretillas recogepedidos, 11 carros recogepedidos, 6 carretillas + 1 carro, 5 carretillas + 3 carros, 4 carretillas + 5 carros, 3 carretillas + 6 carros, 2 carretillas + 8 carros o 1 carretilla + 9 carros. Para poder escoger, se ha calculado los costes anuales que estas opciones supondrían junto con el número de operarios necesarios según el número de estos medios de manutención:

Tabla 58. Estimación de costes según alternativas de medios de manutención para reposición (3ª configuración).

Alternativa	Coste anual
7 carretillas recogepedidos	260.169,95 €
11 carros recogepedidos	198.563,65 €
6 carretillas + 1 carro	241.054,05 €
5 carretillas + 3 carros	239.989,40 €
4 carretillas + 5 carros	238.924,75 €
3 carretillas + 6 carros	219.808,85 €
2 carretillas + 8 carros	218.744,20 €
1 carretilla + 9 carros	199.628,31 €

Por tanto, a priori sería conveniente escoger la alternativa de 11 carros recogepedidos. No obstante, dada la condición de que para los palets mono-referencia que se transportan a la zona de picking hacen falta carretillas recogepedidos, se va a tener en cuenta las 0,015+0,054 unidades calculadas anteriormente.

Si se escoge la siguiente opción más barata, es con una carretilla, pero se obtiene que no es suficiente cubrir todo (haría falta 1,044 unidades), por lo que se escoge la siguiente opción, que es la de dos carretillas que, en este caso, sí cubre la cantidad que hace falta en total de 1,669 unidades. Por tanto, se escogen **2 carretillas + 8 carros recogepedidos**.

A continuación, se muestra una tabla con todos los equipos de transporte que se deben adquirir para estas dos operaciones.

Tabla 59. Medios de manutención para ubicación de referencias y abastecimiento de picking (3ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla retráctil	1	20	20	15
Carretilla recoge pedidos	0,015+1,6+0,054 (2)	30//80//30	60//160//60	0,46//128//2,62
Carros recoge pedidos	8	50	400	400

- Preparación de líneas de pedido:

De las configuraciones anteriores ya se conocen ciertos datos que se mantienen igual en el presente apartado, como es la producción necesaria diariamente y por hora para preparar los pedidos de cada uno de los formatos logísticos. De forma análoga, la producción para palets es de 2,25 líneas de pedido/hora y para cajas o unidades de 528 líneas de pedido/hora.

También ocurre lo mismo con los medios a escoger para la preparación de los pedidos en palets, ya que se podría usar tanto una transpaleta, en caso de que estos no se depositen a más de dos altura, como una carretilla recoge pedidos. No obstante, como ya se ha comentado en la anterior configuración, no existe disponibilidad en la transpaleta manual, por lo que se escoge la carretilla recoge pedidos para esta tarea.

Tabla 60. Posibles medios de manutención para palets en la preparación de pedidos (3ª configuración).

Medio de manutención	Unidades necesarias	Productividad (ldp/(h·op))	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla recoge pedidos (para palets)	0,075 (1)	30	2,25

Por otra parte, para la realización del picking de las cajas/unidades, en este apartado, hay que hacer distinción de las referencias según el tipo de producto que sea, específicamente, según la rotación que tenga el artículo, es decir, que para escoger los siguientes medios de manutención se va a tener en cuenta si el producto es de tipo A (alta rotación), B (media rotación) o C (baja rotación).

Se sabe que al día puede haber como máximo 2112 líneas de pedido. Para diferenciarlas, habría que conocer la cantidad que pertenecerían a los productos de tipo A y a los de tipo B y C. Para ello, se estima que el 80% de las líneas de pedido son de artículos de alta rotación (ya que el 80% de las ventas se suponen de ese tipo) y el resto sería de los artículos de media y baja rotación.

De esta forma, 1690 líneas de pedido son de artículos de tipo A y 422 líneas de pedidos pertenecen a artículos de tipo B y C que, a su vez, se estima que el 88,34% $\left(\frac{8641}{8641+1140}\right)$

corresponde a los de volumen pequeño y, por tanto, el 11,66% pertenecen a los de volumen grande.

Con ello, se tiene que diariamente se estima una demanda de 373 líneas de pedido para aquellos productos que estén depositados en el carrusel horizontal, lo que equivale a 93,25 líneas de pedido por hora. Y, en el caso de las estanterías dinámicas, habría una demanda de $1690 + 49 = 1739$ líneas de pedido/hora, que equivalen a 435 líneas de pedido/hora.

Estimando las tasas de actividad de cada tipo de medio de manutención, se realizan los cálculos correspondientes y resulta la siguiente tabla, en la que se muestran las unidades requeridas de cada tipo de medio de manutención y/o el número de operarios necesarios para poder cumplir con las producciones exigidas.

Tabla 61. Medios de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (3ª configuración).

Medio de manutención/ almacenamiento	Uds./op.	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carrusel horizontal	1	150	150	93,25
Carretillas recogepedidos (auxiliar a carrusel)	2	80	160	93,25
Estanterías dinámicas para cajas (a conveyor)	3	200	600	435

La interpretación a la Tabla 61. Medios de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (3ª configuración). es la siguiente:

En el caso del carrusel horizontal, donde se pretende depositar productos de tipo B y C y poco volumen, será suficiente con el trabajo de un operario para realizar la tarea de picking. No obstante, es altamente probable que haga falta incluir equipos de transporte para unir el flujo de mercancía desde el carrusel horizontal hasta el área de expedición. En tal caso, sería suficiente con una de las carretillas recogepedidos que ya se habría adquirido para la reposición y con ello, otro operario más para manejarla.

En el caso de las estanterías dinámicas, para preparar los pedidos de los productos de tipo A y gran volumen de tipo B y C, se ha pensado en dividir las filas de estanterías de modo que se reparta de la forma más equitativa posible según el número de cintas transportadoras que se necesitan. Por ello, teniendo en cuenta que se necesitan al menos 3 cintas, se dividen las estanterías de forma que queden 3 pasillos, es decir, 6 hileras de estanterías y que cada cinta se ponga entre dos hileras de estanterías.

- Expedición de pedidos:

Al igual que en la configuración anterior, dado que los cambios de esta tercera iteración no afectan a esta actividad, se envían 111 palets diariamente, lo que se traduce a 27,75 palets/hora. Por tanto, el transporte de los pedidos en formato de palets a los muelles donde están los camiones se va a realizar con **2 transpaletas manuales**.

De nuevo, a continuación, se muestra la tabla resumen con todos los medios de manutención necesarios para el total y correcto funcionamiento de la actividad del almacén:

Tabla 62. Equipos de manutención para el almacén (3ª configuración).

	Actividad	Equipos de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (4h)	Recepción y descarga de camiones	Transpaleta manual	2
	Ubicación de referencias a las estanterías y abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva	Carretilla retráctil	1
		Carro recogepedidos	8
		Carretilla recogepedidos	2
Segunda parte de la jornada (4h)	Preparación de líneas de pedido	(Nº operarios carrusel horizontal+carretillas)	(3)
		Cinta transportadora	3
		(Nº operarios para las cintas transportadoras)	(2x3+2)
		Carretillas recogepedidos	2
	Expedición de pedidos	Transpaleta manual	2

Ya se sabe que los equipos de manutención son utilizados en ambas partes de la jornada, siendo estos usados en momentos diferentes del día, por lo que pueden ser compartidos, y lo mismo ocurre con el número de operarios. Por tanto, estrictamente se requiere de **2 transpaletas manuales, 1 carretilla retráctil, 8 carros recogepedidos, 2 carretillas recogepedidos y 3 cintas transportadoras**, siendo necesarios **13 operarios** para poder cubrir con el manejo y correcto funcionamiento de todos los equipos.

Cabe destacar que se ha dividido el número de operarios que se encargan de las cintas transportadoras tras repartir aquellos que son necesarios para cubrir la actividad en el carrusel horizontal y en la expedición de pedidos con las dos transpaletas manuales, quedando 8 operarios para trabajar en las cintas transportadoras, con lo que se ha pensado que haya 2 operarios para la preparación de pedidos en cada cinta (2x3 = 6 operarios) y los restantes 2 operarios para recoger las cajas que van llegando al final de la cinta.

6.5.3. Dimensionamiento del almacén

6.5.3.1. Dimensionado de la zona de reserva

Este apartado no varía mucho respecto a la anterior configuración, dado que se pretende mantener las estanterías convencionales de palets y la política de gestión de ubicación aleatoria. No obstante, se ha pensado en disminuir el número de alturas de las estanterías para reducir la altura necesaria de la nave, ya que ahora el picking se pretende realizar a pie y, por tanto, sus medios de almacenamiento correspondientes estarán también a menor altura. De esta forma, el coste por metro cuadrado es más bajo.

Además de reducir gastos en las instalaciones, disminuir la altura también supone utilizar medios de manutención algo más económicos, ya que se escogerían aquellos con menor capacidad de elevación y estos resultan más baratos. Se establece la altura que se implementó en la primera configuración de 7,2 metros como máximo, que equivale a poder almacenar los palets a 4 alturas de 1,8 metros cada una y donde caben los palets de 1,5 metros de alto.

Por tanto, una vez modificado ello y manteniendo el mismo medio de almacenamiento y la política de gestión de ubicación, cuyo coeficiente de seguridad para prevenir un aumento generalizado de stock es también del 20%, el número de huecos se mantiene igual que antes (756) y el dimensionado resulta del siguiente modo:

Tabla 63. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (3ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	4	Largo de la zona (m)	9
Nº filas	21	Ancho de la zona (m)	27,30
Nº columnas	9	Alto de la zona (m)	7,20
Nº huecos	756	Superficie (m ²)	245,70

Como se acaba de mencionar, se ha fijado en 4 alturas las estanterías de palets, dando una altura máxima de 7,2 metros, alcanzable por una carretilla retráctil con una elevación de 6 metros, ya que este tiene que llegar a la parte baja del hueco donde se deposita el palet, es decir, que con llegar a la altura de 5,40 m. (3 huecos) + 0,15 m. (altura del propio palet vacío) = 5,55 m. es suficiente.

El resultado de la zona de reserva es que hacen falta 21 filas de estanterías convencionales de palets de 9 columnas cada una y a 4 alturas, ocupando una superficie de 245,70 m², un valor algo mayor que la anterior configuración, dado que se ha reducido el número de alturas. No obstante, ha resultado un área menor que el de la primera configuración aún teniendo el mismo número de alturas, indicando que la gestión de ubicación aleatoria resulta más conveniente.

6.5.3.2. Dimensionado de la zona de picking

Para el dimensionado de la zona de picking, se va a enfocar el diseño de una manera distinta a la seguida hasta ahora, ya que en la presente iteración se va a usar medios de almacenamiento distintos, lo que implica una organización y ubicación de las referencias algo diferentes.

Para el caso de los palets, se ha pensado en cambiar la gestión de ubicación fija a aleatoria, ya que hay relativamente pocas referencias y poco volumen que almacenar en la zona de picking, lo que hace que sea más fácil la identificación de los productos.

En el caso del carrusel horizontal, se conoce que cada uno tiene una capacidad de 7 metros cúbicos, con 672 ubicaciones, por lo que la capacidad media de cada ubicación es de 10,4 litros, suficiente para todos los productos que se pretenden depositar en el carrusel. En este medio, se ha establecido una gestión de ubicación aleatoria, ya que no es estrictamente necesario que cada ubicación sea fija para una misma referencia y así se requiere de menos capacidad.

Para las estanterías dinámicas, se propone la gestión de ubicación fija, ya que conviene que cada referencia sea fácilmente accesible para el operario. Por otra parte, se reduce la dimensión del alto entre las baldas de las estanterías, lo cual facilita el picking y permite poner un mayor número de alturas de estanterías. Para ello, se ha cambiado las dimensiones de los huecos, siendo estos de 0,6 x 0,82 x 0,27 m., con una capacidad de 0,6 x 0,8 x 0,25 m., la cual se puede modificar y adaptar al tamaño de cada referencia. Si se disponen 7 alturas de baldas, resulta una altura máxima a acceder de 1,62 metros, una elevación fácilmente alcanzable para el operario.

A continuación, se muestran las tablas con las que se obtiene el dimensionado de la zona de picking. Siguiendo la misma metodología, pero aplicando los cambios correspondientes en función del tipo de medio de almacenamiento utilizado, resultan los siguientes resultados:

Tabla 64. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (3ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	1	Largo de la zona (m)	3
Nº filas	1	Ancho de la zona (m)	1,3
Nº columnas	3	Alto de la zona (m)	1,8
Nº huecos	3	Superficie (m ²)	3,90

Tabla 65. Dimensionado para estantería dinámica de cajas/unidades en la zona de picking (3ª configuración).

Estanterías dinámicas de cajas/unidades			
Nº alturas	7	Largo de la zona (m)	4,92
Nº filas	104	Ancho de la zona (m)	61,8
Nº columnas	6	Alto de la zona (m)	1,89
Nº huecos	4368	Superficie (m ²)	304,06

Tabla 66. Dimensionado para carrusel horizontal en la zona de picking (3ª configuración).

Carrusel horizontal			
Unidades	3	Largo de la zona (m)	14
Vol.máx. unit. (m ³)	7	Ancho de la zona (m)	2,5
Nº ubicaciones	672	Alto de la zona (m)	2
Nº huecos	-	Superficie (m ²)	105,00

Por tanto, hay tres tipos de medios: el convencional para los palets mono-referencia, las estanterías dinámicas para las cajas o unidades de los productos de tipo A y los de gran volumen



de tipo B y C, y el carrusel horizontal para los productos de pequeño volumen de las referencias tipo B y C.

De las estanterías convencionales para palets, al cambiar la gestión de ubicación, ha resultado que se necesita 1 fila de 3 columnas y a 1 altura, haciendo posible el acceso a ella con una transpaleta, aunque, por supuesto, también puede usarse la carretilla recogepedidos.

En el caso de las estanterías dinámicas, cuya ubicación es fija, se ha obtenido que se requieren un gran número de huecos, exactamente 4352. Como ya se ha comentado, se ponen a 7 alturas, y si se colocan a 6 columnas, se requieren de 104 filas de estanterías, obteniendo así 4368 huecos, lo cual es más que suficiente. No obstante, las estanterías dinámicas tienen la ventaja de poner en profundidad la mercancía, y en este caso, se disponen de dos profundidades, precisando entonces de 52 filas de 1,2 metros de profundidad. Además, también se ha comentado que se dividen en 4 hileras de estanterías, es decir, que cada hilera debe tener 13 filas de 6 columnas cada una, aportando así una longitud total de cada hilera de 63,96 metros.

Para el carrusel, se puede ver en la Tabla 56, que el volumen medio de stock a almacenar en el carrusel es de 19,327 metros cúbicos. Por tanto, se requieren de 3 unidades del carrusel horizontal. De esta forma, como cada unidad ocupa una superficie de 35 m², con dimensiones de 14 x 2,5 m., las tres resultan un área total de 105 m², conteniendo 2016 ubicaciones de aproximadamente 10 litros de volumen cada una.

6.5.3.3. Dimensionado de la zona de recepción y expedición

De nuevo, queda dimensionar la zona de recepción y expedición de la mercancía. Debido a que no se ha realizado ningún cambio en las tareas a realizar, ni en los horarios, ni en la cantidad recibida o expedida, el dimensionado de esta zona se calcula de la misma manera (más explicado en el apartado 6.4.3.3), por lo que se mantiene el mismo área requerido, de 53,28 m².

6.5.4. Diseño en planta del almacén

Tras los dimensionamientos de la zona de reserva, de picking y de recepción y expedición, se hace el diseño de la distribución en planta del almacén. A continuación, se resume los valores de todas las áreas necesarias que incluir:

Tabla 67. Dimensiones de las áreas del almacén (3ª configuración).

Área de la zona de reserva (m ²)	245,70
Área de la zona de picking (m ²)	310,91
Área de la zona de recepción y expedición (m ²)	53,28
Área total de las zonas (m ²)	609,89

En este caso, el área total del almacén es bastante mayor a las dos anteriores iteraciones, debido a la superficie de la zona de picking, que es considerablemente grande. Además, cabe destacar que falta incluir los pasillos y así realizar la completa distribución en planta. Las anchuras de dichos pasillos, que también son menores que en la anterior iteración debido al cambio de los equipos de manutención utilizados, se muestran en la

Tabla 68.

Tabla 68. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (3ª configuración).

Medio de manutención	Ancho de pasillo (m)
Carretilla recogepedidos	1,8
Carretilla retráctil	2,7
Transpaleta manual	1,5
Carro recogepedidos	1,5
Cinta transportadora	0,6 + 0,6 + 0,6 = 1,8

Cabe destacar que la anchura del pasillo que debe tener donde se ubique la cinta transportadora se estima como 0,6 metros a cada lado de la cinta para el movimiento del operario más 0,6 metros de lo que ocupa la propia cinta transportadora, resultando un total de 1,8 metros de ancho entre unas estanterías dinámicas de picking y aquellas que se encuentren enfrente de las primeras.

Tras obtener los recursos necesarios y sus dimensiones, se realiza la distribución en planta situando todos los medios y las anchuras de los pasillos correspondientes según el medio de manutención que se va a utilizar en cada operación. De nuevo, se representa cada tipo de medio de almacenamiento o zona con colores distintos para diferenciar. Para esta tercera configuración, se tiene lo siguiente:

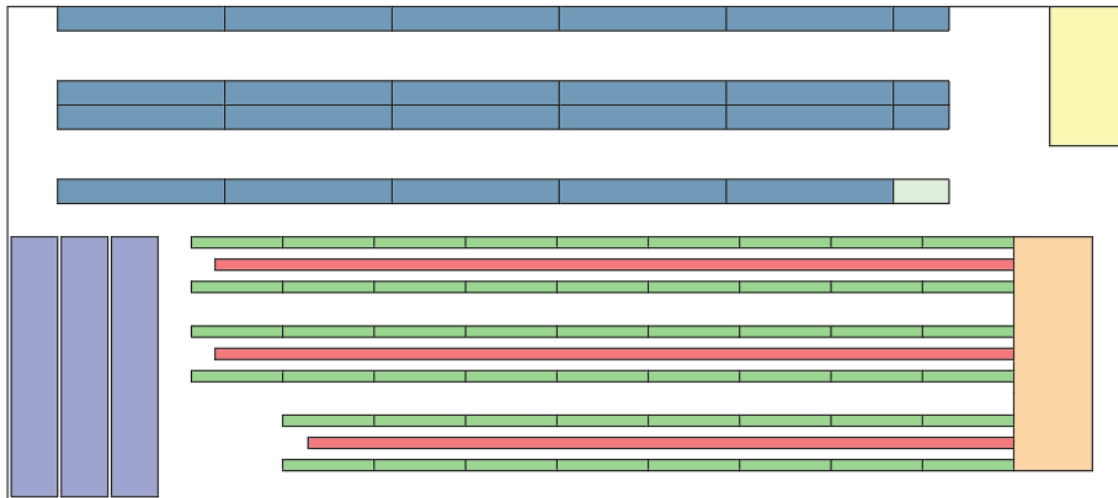


Ilustración 6. Distribución en planta del almacén (3ª configuración).

De nuevo, cabe destacar que la distribución en planta se puede ver en mayor tamaño y con cotas de las dimensiones en los planos anexados al final del presente documento. También, como se puede ver, existen diferentes colores que pertenecen a áreas distintas. La leyenda de cada color se describe a continuación:

Tabla 69. Leyenda de colores para la distribución en planta (3ª configuración).

Zona	Color	Descripción
Reserva	Blue	Estanterías convencionales de palets
Picking	Light Green	Estanterías convencionales de palets
	Green	Estanterías dinámicas de cajas/ unidades
	Red	Cintas transportadoras
	Purple	Carrusel horizontal
Recepción y expedición	Orange	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Yellow	Oficinas, aseos, comedor, etc.
Muelles	Grey	Muelles para carga y descarga de camiones

Se ha obtenido que, con el diseño completo de esta tercera configuración, hace falta una nave con una superficie de 1.599,19 metros cuadrados.

6.5.5. Estimación de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen el actual diseño. Como ya se ha dicho, es una manera cuantitativa de comparar entre los diferentes diseños que se va a realizar en las sucesivas iteraciones.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio y cuyos valores se muestran en la Tabla 1. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación:

Tabla 70. Costes de las instalaciones (3ª configuración).

Concepto	m ²	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Nave del almacén	1.599,19	370,00	591.701,04	20	5,101	115.997,07
Servicios generales del edificio	1.599,19	30,00	47.975,76	20	5,101	9.405,17

Tabla 71. Costes de los medios de almacenamiento (3ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de palets	986,70	20,00	19.734,00	10	4,339	4.548,05
Estanterías dinámicas de cajas/unidades	2.149,06	30,00	64.471,68	10	4,339	14.858,65
Carrusel horizontal	3	40.000,00	120.000,00	10	4,339	27.656,14



Tabla 72. Costes de los medios de mantenimiento (3ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carro recogepedidos de mano	8	120,00	960,00	5	3,058	313,93
Carretilla retráctil (6m.)	1	21.000,00	21.000,00	10	4,339	4.839,82
Carretilla recogepedidos (6m.)	2	40.000,00	80.000,00	10	4,339	18.437,43
Transpaleta manual	2	300,00	600,00	10	4,339	138,28
Cinta transportadora	124	1.500,00	186.000,00	10	4,339	42.867,02

Tabla 73. Costes del personal (3ª configuración).

Concepto	Nº personas	Precio (€/año/persona)	Coste anual (€)
Jefe de almacén	1	30.000	30.000,00
Administrativo	1	20.000	20.000,00
Almacenero	13	18.000	234.000,00

Tabla 74. Costes de mantenimiento y energía (3ª configuración).

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% de inversión	10.160,00
Edificios e instalaciones	1% de inversión	6.396,77
Gasto energético	45€/m ² de almacén	71.963,64

Tabla 75. Costes de otros equipamientos (3ª configuración).

Concepto	ud	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1	350.000	350.000	5	3,058	114.453,89

De manera resumida, han resultado los siguientes costes e inversión:

Tabla 76. Resumen de coste e inversión (3ª configuración).

	Importe (€)
Coste	726.035,86 €
Inversión	1.482.442,48 €

Como se puede ver en la Tabla 76, tanto el coste como la inversión son mayores que en la anterior configuración, por lo que esta opción no parece la más adecuada, por el momento, de manera económica para la empresa. Con esto, se puede suponer que no será la alternativa escogida. El coste anual es de 726.035,86 € y la inversión de 1.482.442,48 €, suponiendo un aumento frente a la anterior configuración de 14,84% y 17,23%, respectivamente, y 12,92% y 11,42%, frente a la primera iteración, es decir, que las opciones convencionales parecen más rentables en el caso de esta empresa.

6.5.6. Análisis y propuestas de mejora

Como se acaba de comentar, esta tercera configuración ha resultado más cara que la anterior, tanto en costes anuales como en la inversión que supone adquirir todos los recursos escogidos en el diseño. Por ello, hay que observar en qué partes se ha incrementado el costes y en qué partes se ha mantenido o disminuido para poder ver qué se debería modificar y qué conservar.

En cuanto a los gastos de las instalaciones en el almacén, se han disparado a un 43,15% de la inversión, lo que disminuye el porcentaje del resto de costes, como los de los medios de mantenimiento, que son de un 13,77% de la inversión. Por otra parte, los costes del personal se mantienen altos, siendo estos de un 39,12% del coste anual.

Por tanto, parece que ninguna de las iteraciones ha conseguido todavía reducir los costes de mano de obra, ya que, hasta ahora, cualquier elección de los medios de mantenimiento ha implicado un gran número de operarios, y en especial, en esta última, donde se ha incrementado bastante el número de trabajadores a pesar de haber tratado de “automatizar” en cierto grado las tareas de picking.



Los medios que añaden cierta automatización a las tareas, como son el carrusel horizontal y las cintas transportadoras, son bastante más costosas económicamente y además se requiere de más personal, por lo que no resulta nada rentable dadas las características de la actividad de la empresa.

Cabe destacar que, con ello, no se quiere decir que la automatización no pueda ser viable, sino que la utilización de esos medios y el cambio a picking manual han implicado reducir el número de alturas de las estanterías que, como consecuencia, ha obligado a aumentar la superficie de las instalaciones, incrementando así los costes de ello.

Además, aunque se hayan escogido equipos mucho más baratos como son los carros recogepedidos y la diferenciación de categorías para utilizar medios distintos y más adaptados a sus necesidades, en este caso, ha provocado un aumento del personal necesario para poder manejar todas las máquinas que, a su vez, acrecenta los costes anuales.

En cuanto a los medios de almacenamiento, se ha querido utilizar otros tipos diferentes para tratar de ver si tenía una influencia significativa en los costes anuales y/o la inversión total y como conclusión, se puede ver que ha influido negativamente, ya que se han estimado unos costes y una inversión mayores para estos medios, aunque se hayan reducido los gastos de los medios de mantenimiento. Esto indica que el volumen de stock por referencia no es suficientemente grande como para que rente usar las estanterías dinámicas, las cuales resultarían beneficiosas si se ponen a mayor dimensión de profundidad.

Por tanto, se concluye que la preparación de pedidos a nivel del suelo no parece rentable tal y como se ha diseñado en esta tercera iteración, ya que se requiere mucha más área de almacén, mayor mano de obra y algunos medios más caros, lo que provoca al final más gastos, tanto al invertir como lo que cuesta anualmente mantener y amortizar todos los medios a adquirir, por lo que para la siguiente iteración se va a tener eso en cuenta: no reducir alturas y tratar de requerir menos mano de obra para transportar mercancía, es decir, menos almaceneros.



6.6. Configuración 4

Se ha podido observar en la anterior configuración que cierta automatización no parece resultar rentable. No obstante, ha habido otros factores que han intervenido también, como es el cambio a picking manual, por lo que se ha reducido las alturas y aumentado la superficie del almacén, además de implicar a mayor personal para la realización de las tareas.

Por ello, para esta cuarta iteración, se va a probar a automatizar completamente las tareas de reposición y de preparación de pedidos, para poder confirmar y ver si realmente la automatización sale rentable para la empresa o no, dado que ello debería suponer menos operarios trabajando y un menor área de las instalaciones del almacén.

Por tanto, se vuelve a introducir estanterías convencionales para los productos e incluir un sistema de manutención automatizado como es el miniload, que permite una mayor productividad, más seguridad para los operarios, un considerable ahorro del espacio y, a su vez, ahorrar costes. No obstante, habrá que ver si consigue ajustarse a los requerimientos del almacén y así resultar económicamente viable y mejor que todas las anteriores configuraciones.

A continuación, se van a modificar aquellos apartados donde la introducción del miniload suponga una novedad y cambios en ellos, que son, especialmente, aquellos relacionados con los medios de almacenamiento y las tareas de reposición y picking.

6.6.1. Definición de los medios de almacenamiento

Como ya se ha comentado, se va a implementar otra vez las estanterías convencionales para las cajas y/o unidades, ya que la idea es incluir un miniload como medio de transporte para todas las referencias en ese formato, sin diferenciar entre las distintas categorías, para así imponer los mismos medios para todos los productos, sin tener que adquirir un equipo específico para cada tipo, lo que incrementa los costes. Por ello, se ha pensado que se va a rescatar el diseño de los medios de almacenamiento de la segunda configuración.

Por tanto, en este apartado, se vuelve a implantar las estanterías convencionales de cajas/unidades hasta una altura de aproximadamente 10 metros, alcanzable con el miniload. Gracias a ello, se podrá volver a reducir el área de la nave hasta incluso un valor menor que el que se obtuvo en la segunda iteración, en la que, hasta ahora, ha resultado la menor superficie de todas, por lo que los costes relacionados con ello también disminuirán, uno de los objetivos para la actual iteración.

Por otra parte, se va a seguir diferenciando las zonas de reserva y picking, ya que existe alta probabilidad de que se usen medios de manutención distintos. No obstante, como, por una parte, en la zona de reserva no existe la necesidad de mucha producción, se va a mantener con las estanterías convencionales para palets. Lo mismo ocurre con la zona de picking, donde los palets también se van a depositar en el mismo medio de almacenamiento.

En cambio, en la zona de picking, donde también existe una alta actividad durante la preparación de pedidos de cajas y unidades, se van a poner las estanterías convencionales para ese tipo de formato con el objetivo de poder introducir el miniload.



Al igual que en la configuración 2, en el área de reserva se van a poner estanterías convencionales para palets para todas las referencias que se ubiquen en esta zona, que son 609 referencias, como ya se ha calculado previamente. Además, para la zona de picking también se van a disponer de estanterías convencionales, tanto para los palets si su volumen a almacenar es mayor que 0,72 m³ como para las cajas o unidades, cuyo volumen será menor que 0,72 m³.

A continuación, se muestran los medios a utilizar para esta cuarta configuración:

Tabla 77. Medios de almacenamiento (4ª configuración).

Zona	Medio de almacenamiento	Nº referencias	Volumen máximo almacenaje (m ³)	Volumen medio almacenaje (m ³)
Reserva	Esteras convencionales para palets	609	1.352,519	904,325
Picking	Esteras convencionales para palets	61	53,098	3,442
	Esteras convencionales de cajas/unidades	12.835	560,888	303,551

6.6.2. Definición de los medios de manutención

Como también se ha comentado anteriormente, los medios de manutención se van a modificar en las operaciones de reposición de los productos y de preparación de los pedidos en formato de cajas y/o unidades. Por tanto, para este apartado, se cambiarán los puntos de ubicación de referencias a las estanterías y de preparación de líneas de pedido.

De nuevo, para conocer el volumen de ventas diario que se transporta internamente, se mantiene también lo obtenido en la segunda configuración. A continuación, se muestra la tabla con los volúmenes de ventas en m³/día para cada tipo de formato logístico y la zona donde se depositan, sabiendo así, el volumen que moverán los medios de manutención.



Tabla 78. Volumen de ventas diario según su formato logístico y zona (4ª configuración).

Zona	Formato logístico	Nº referencias	Ventas (m ³ /día)
Reserva	Palets en reserva	609	57,289
Picking	Palets desde reserva	12	4,661
	Palets directos a picking	49	1,323
	Total de palets en picking	61	5,984
	Cajas/unidades desde reserva	597	52,628
	Cajas/unidades directo a picking	12238	21,220
	Total de cajas/unidades en picking	12.835	73,849

En las iteraciones previas se ha mantenido el horario fijado a 4 horas para las dos partes de la jornada laboral que ya se han descrito. No obstante, para esta configuración, dados los medios a utilizar, se ha pensado en cambiar el horario, tratando de equilibrar mejor los recursos. Se ha demostrado a partir de unos cálculos rápidos que el mejor horario, en este caso, es que, en la primera parte, se emplee las primeras 5 horas del día, y en la segunda parte, se emplee las restantes 3 horas.

- Recepción y descarga de camiones:

Esta primera actividad no va a cambiar sus medios de manutención, ya que las transpaletas han supuesto unos equipos rentables para la carga y descarga de mercancía de los camiones. Por tanto, para la cantidad de 111 palets que se reciben como máximo, lo que requiere cubrir una producción de 22,2 palets/hora, es suficiente con **1 transpaleta eléctrica**, que tiene una productividad de 25 palets/hora.

- Ubicación de referencias a las estanterías y abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva:

De nuevo, se estudia de forma conjunta la ubicación de referencias a las estanterías y el abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva.

Para la ubicación de referencias, se sigue manteniendo la adquisición de **1 carretilla retráctil** para depositar los palets mono-referencia de la zona de reserva, cuya productividad es de 20 palets/hora y cumple con la producción necesaria de 12 palets/hora.

En relación con los palets mono-referencia que se van a depositar directamente a la zona de picking, ya se ha obtenido que se necesita mover 0,37 palets/hora, por lo que exactamente haría falta 0,012 unidades de carretilla recogepedidos, cuya productividad se considera de 30 palets/hora o, como en este caso, sí que hay disponibilidad de la transpaleta eléctrica, haría falta **0,015 unidades de transpaleta eléctrica**.



En cuanto a las cajas/unidades, ya se ha visto que en las dos tareas de ubicar las referencias a las estanterías y abastecer la zona de picking desde la zona de reserva se puede realizar los cálculos conjuntamente en caso de que se utilice los mismos medios de manutención, tal y como ocurre en este subapartado, donde se van a utilizar transelevadores de cajas o miniload.

Al igual que en anteriores iteraciones, el 71,27% de 2112 líneas de pedido diarias se reponen desde la zona de reserva y el 28,73% va directamente a la zona de picking. No obstante, como en ambas actividades se va a utilizar el miniload, la productividad para depositar los artículos es la misma en las dos tareas, por lo que se puede realizar los cálculos de forma conjunta. Por tanto, se debe cumplir con una producción necesaria de 422,4 líneas de pedido por hora.

Se estima que la productividad del miniload es de 180 cajas/hora ya que, tal y como señala Mecalux: “Los diferentes modelos de transelevadores pueden manipular desde 120 cajas por hora hasta 600 cajas por hora en ciclos combinados” (Mecalux, 2021), y si se considera que los miniloads simples trabajan en un rango de 120 cajas/hora en el peor de los casos y 240 cajas/hora en el mejor de los casos, se tiene que, de media, un miniload común puede tener una productividad de 180 cajas/hora.

Con ello, se tiene que hacen falta **2,34 unidades de miniload** para la completa ubicación de todas las cajas/unidades a sus estanterías correspondientes de la zona de picking, tanto si van directamente a dicha zona como si vienen de reponerse desde la zona de reserva. Por tanto, haría falta, para estas dos tareas de la primera parte de la jornada, de 3 miniloads.

No obstante, cabe destacar que, aunque los miniloads sean utilizados indistintamente para aquellas cajas/unidades que van directamente a picking desde la recepción de mercancía o aquellas que vienen desde la zona de reserva cada cierto tiempo de reposición, hay que tener en cuenta que desde la zona de reserva hasta las cintas transportadoras que llevan la mercancía de forma auxiliar al miniload, se debe transportar la mercancía en algún medio de manutención extra. En este caso, se escoge la carretilla recogepedidos.

Por tanto, hace falta carretillas recogepedidos para el 71,27% de las 2112 líneas de pedido en formato de cajas/unidades que van desde la zona de reserva hasta picking. En este caso, se tiene que hace falta mover aproximadamente 300 líneas de pedido por hora. La productividad para la preparación de pedidos de estanterías a cinta transportador (conveyor) es de 150 ldp/h. De esta forma, se obtiene que se necesitan **2 unidades de carretilla recogepedidos** para realizar la tarea auxiliar de transportar las cajas/unidades desde la zona de reserva hasta los miniloads, donde se apoyan por cintas transportadoras.

Por último, para los palets mono-referencia que se reponen desde la zona de reserva hasta la zona de picking, al igual que las anteriores configuraciones, la cantidad a mover es de 4,661 m³/día, que son 6,47 palets/día, lo que equivale a 1,3 palets/hora. En este caso, como las carretillas recogepedidos no tienen disponibilidad, pero la transpaleta sí, estos palets se pretenden transportar con dicha transpaleta, cuya productividad es de 25 palets/hora, por lo que haría falta **0,052 unidades de transpaleta eléctrica**.

A continuación, nuevamente, se muestra en tabla todos los medios de manutención escogidos para la ubicación de los productos y el abastecimiento de la zona de picking a partir de la reserva.

Tabla 79. Medios de manutención para ubicación de referencias y abastecimiento de picking (4ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h·op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Carretilla retráctil	1	20	20	12
Miniload	2,34 (3)	180	540	422,4
Transpaleta eléctrica	0,015+0,052 (1)	25	25	1,67
Carretilla recoge pedidos	2	150	300	300

Por tanto, por ahora, para las tareas de ubicación de las referencias a sus estanterías y la reposición de la zona de picking a partir de la reserva, hacen falta **1 carretilla retráctil, 3 miniloads, 1 transpaleta eléctrica y 2 carretillas recoge pedidos.**

- Preparación de líneas de pedido:

En configuraciones anteriores se ha obtenido los cálculos de la producción necesaria en esta actividad para poder llevar a cabo de forma efectiva la preparación de los pedidos, cumpliendo con la política de servicio de la empresa de 5 días. Análogamente, se muestra directamente una tabla resumen con los resultados.

Tabla 80. Producción necesaria de preparación de pedidos (4ª configuración).

Formato logístico	Producción diaria	Producción por hora
Palets	9	3
Cajas/Unidades	2.112	704

Como ya se sabe, las cajas y las unidades se preparan indistintamente como si fueran un mismo formato, por ello se han calculado en conjunto.

Respecto a los medios de manutención que se utilizan para la actual tarea, ya se ha comentado en la introducción de la configuración que se va a implantar miniloads para la preparación de pedidos en formato de cajas o unidad. Además, como ya se ha comentado, se va a considerar que tienen una productividad de 180 líneas de pedido por hora para la tarea de preparación de pedidos, que es la que se está estudiando en el presente subapartado.

Para el caso de las líneas de pedido en formato de palets, se podría utilizar alguna transpaleta o incluso aprovechar la carretilla retráctil. Dado que la productividad no es alta en este caso, con cualquier medio que haya disponibilidad en un momento, se puede cubrir con la demanda exigida.

A continuación, se muestran los distintos medios que se pueden escoger para la realización de la tarea de picking y las unidades requeridas de estos para cumplir con la producción necesaria diariamente:

Tabla 81. Posibles medios de manutención para palets en la preparación de pedidos (4ª configuración).

Medio de manutención	Unidades necesarias	Productividad (ldp/(h-op))	Producción necesaria (ldp/h)
Transpaleta manual	0,2 (1)	15	3
Carretilla retráctil	0,15 (1)	20	3

Tabla 82. Medio de manutención para cajas/unidades en la preparación de pedidos (4ª configuración).

Medio de manutención	Unidades	Productividad (ldp/(h-op))	Productividad total (ldp/h)	Producción necesaria (ldp/h)
Miniload	3,91 (4)	180	720	704

Por tanto, para la preparación de pedidos de los palets, se podría usar indistintamente tanto la carretilla retráctil, ya que tiene un margen que puede cumplir perfectamente con la producción necesaria, como la transpaleta, que también será requerida en la expedición de pedidos y con la que también hay cierta disponibilidad para esta operación, es decir, que para la poca producción requerida que hay para las líneas de pedidos en formato de palet, se puede cubrir tanto con una carretilla retráctil como con la transpaleta. Otro factor a tener en cuenta es si la transpaleta puede acceder a los productos, es decir, si están dispuestos a más de dos alturas o no. Si está, debe cogerse con la carretilla y, si no, con cualquiera de las dos opciones.

Por otra parte, para llevar a cabo la preparación de las líneas de pedido de cajas y unidades durante 5 días consecutivos, haría falta 3,91 unidades de miniloards o transelevadores de cajas funcionando simultáneamente, es decir, que se requiere adquirir **4 miniloards** para ello. Además, cabe destacar que el transelevador de cajas funciona en conjunto con cintas transportadoras para poder depositar las cajas que recoge. En este caso, habrá que incluirlas en cada uno de los miniloards que hay y tratar que estos tengan un trayecto hasta la zona de expedición de pedidos, con la finalidad de no tener que incluir más medios de manutención que transporten los productos hasta dicha zona y así ahorrar lo máximo en costes.

- Expedición de pedidos:

Esta actividad se ve afectada por los cambios realizados, es decir, que cambia la producción necesaria. Como diariamente se envía una equivalencia a 111 palets, la producción requerida es entonces de 37 palets/hora, por lo que habría que añadir otro medio más a la transpaleta eléctrica que hay para la primera tarea.

En este caso, con añadir una transpaleta manual sería suficiente, por lo que los medios a utilizar son **1 transpaleta eléctrica + 1 transpaleta manual**, cuya productividad sumada es de 40 palets/hora, suficiente para poder cumplir con lo exigido.

No obstante, cabe destacar que ello equivale a utilizar dichos medios el 92,50%, cuyo restante no es suficiente para cubrir la preparación de pedidos de palets mono-referencia. Por tanto, esa actividad será cubierta por la otra alternativa, la carretilla retráctil.

De nuevo, a continuación, se muestra la tabla resumen con todos los medios de manutención necesarios para el total y correcto funcionamiento de la actividad del almacén:

Tabla 83. Equipos de manutención para el almacén (4ª configuración).

	Actividad	Equipos de manutención	Unidades
Primera parte de la jornada (5h)	Recepción y descarga de camiones	Transpaleta eléctrica	1
	Ubicación de referencias a las estanterías y abastecimiento de zona de picking desde zona de reserva	Transpaleta eléctrica	
		Carretilla retráctil	1
		Miniload	3
		Carretilla recogepedidos	2
Segunda parte de la jornada (3h)	Preparación de líneas de pedido	Carretilla retráctil	1
		Miniload	4
		Cinta transportadora	(4)
	Expedición de pedidos	Transpaleta eléctrica	1
		Transpaleta manual	1

Como los medios de manutención son utilizados en ambas partes de la jornada de forma asíncrona, pueden ser compartidos, y lo mismo ocurre con el número de operarios. Por tanto, estrictamente se requiere de **1 transpaleta manual, 1 transpaleta eléctrica, 1 carretilla retráctil, 2 carretillas recogepedidos, 4 miniloads y 4 cintas transportadoras**, siendo suficientes **7 operarios** para poder cubrir con el manejo y correcto funcionamiento de todos los equipos, lo cual confirma la correcta división de las horas para ambas partes de la jornada laboral.

6.6.3. Dimensionamiento del almacén

6.6.3.1. Dimensionado de la zona de reserva

Al igual que en las dos iteraciones anteriores, la política de gestión para la zona de reserva se mantiene de ubicación aleatoria. También, el coeficiente de seguridad para prevenir un aumento generalizado de stock es de alrededor del 20%. No obstante, se vuelve a cambiar el número de alturas para que esté en torno a 10 metros de alto, tal y como se hizo para la configuración 2. Por tanto, se ponen otra vez 6 alturas de palets en las estanterías, resultando la siguiente tabla (Tabla 84).

Tabla 84. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de reserva (4ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	6	Largo de la zona (m)	9
Nº filas	14	Ancho de la zona (m)	18,2
Nº columnas	9	Alto de la zona (m)	10,8
Nº huecos	756	Superficie (m ²)	163,8

Las 6 alturas de las estanterías convencionales de palets dan una altura máxima de 10,8 metros. Sin embargo, la parte baja del último hueco, que está a una altura de 9 metros, es alcanzable por una carretilla retráctil con una elevación de 10 metros.

También se ha calculado el número de filas y columnas de estanterías necesarias y sus dimensiones. El resultado de la zona de reserva es que hacen falta 14 filas de estanterías convencionales de palets de 9 columnas cada una y a 6 alturas, ocupando una superficie de 163,8 m², el mismo valor que en la 2ª configuración, ya que se trata del mismo diseño en esta zona, y cuyo valor es el menor hasta ahora.

6.6.3.2. Dimensionado de la zona de picking

En el dimensionado de la zona de picking, ahora también se va a modificar la política de gestión, ya que, en el caso de los palets, se ha podido ver en la configuración anterior que, con los pocos productos en este formato que se almacenan en esta zona, puede ser perfectamente viable implantar la ubicación aleatoria, ya que no requeriría de mucha organización para identificar fácilmente las referencias.

Por otra parte, para los productos en formato de cajas o unidades, también se podría imponer la gestión de ubicación aleatoria, dado que la automatización de los miniloads lo permite, por su rápida y automática identificación de las referencias, cuyas ubicaciones quedan archivadas en su base de datos cuando el propio transelevador ha almacenado el producto. De esta forma, no sería necesaria una gran cantidad de huecos, ya que la organización puede ser más adaptada a las exigencias del momento. Con ello, se obtiene lo siguiente:

Tabla 85. Dimensionado para estantería convencional de palets en la zona de picking (4ª configuración).

Estantería convencional de palets			
Nº alturas	1	Largo de la zona (m)	3
Nº filas	1	Ancho de la zona (m)	1,3
Nº columnas	3	Alto de la zona (m)	1,8
Nº huecos	3	Superficie (m ²)	3,90

Tabla 86. Dimensionado para estantería convencional de cajas/unidades en la zona de picking (4ª configuración).

Estantería convencional de cajas/unidades			
Nº alturas	17	Largo de la zona (m)	2,7
Nº filas	30	Ancho de la zona (m)	18
Nº columnas	6	Alto de la zona (m)	10,2
Nº huecos	3060	Superficie (m ²)	48,60

Para el caso de las estanterías de palets en esta zona, se necesita, por tanto, tan solo 1 fila de 3 columnas y a 1 altura, por lo que puede ser indistintamente accesible tanto con una transpaleta como una carretilla retráctil.

Por otra parte, para las estanterías de cajas y unidades, se ha establecido a 17 alturas proporcionando una altura máxima de 10,2 metros, alcanzable con el miniload, cuya capacidad de elevación es de 10 metros. En este caso, harían falta 30 filas de estanterías de 6 columnas. Con la nueva política de gestión de ubicación y esta distribución se ha reducido considerablemente el área que ocupan estas estanterías, que es de 48,60 m², resultando un total de la zona de picking de 52,5 m², el menor valor de todas las anteriores iteraciones.

Cabe destacar que, además, al tener que adquirir 4 miniloads, se deben formar 8 hileras de estanterías de cajas/unidades, una por cada lado del transelevador de cajas. Por tanto, como hacen falta 30 filas en total, cada hilera estará compuesta por 3,75 filas de estanterías de 6 columnas cada una, obteniendo unas dimensiones de cada hilera de 10,125 x 0,6 m.

6.6.3.3. Dimensionado de la zona de recepción y expedición

De nuevo, queda dimensionar la zona de recepción y expedición de la mercancía. Debido a que no se ha realizado ningún cambio en las tareas a realizar, ni en los horarios, ni en la cantidad recibida o expedida, el dimensionado de esta zona se calcula de la misma manera que en las anteriores configuraciones (más explicado en el apartado 6.4.3.3), por lo que se mantiene el mismo área requerido, de 53,28 m².

6.6.4. Diseño en planta del almacén

Tras dimensionar la zona de reserva, de picking y de recepción y expedición, se hace el diseño de la distribución en planta del almacén. A continuación, se resume los valores de todas las áreas necesarias que incluir:

Tabla 87. Dimensiones de las áreas del almacén (4ª configuración).

Área de la zona de reserva (m ²)	163,80
Área de la zona de picking (m ²)	52,50
Área de la zona de recepción y expedición (m ²)	53,28
Área total de las zonas (m ²)	269,58

En este caso, el área total del almacén es bastante menor a las anteriores iteraciones, ya que la superficie de la zona de picking. Además, cabe destacar que falta incluir los pasillos y así realizar la completa distribución en planta. Las anchuras de dichos pasillos se muestran en la

Tabla 68.

Tabla 88. Anchos de los pasillos según el medio de manutención utilizado (4ª configuración).

Medio de manutención	Ancho de pasillo (m)
Carretilla retráctil	2,7
Carretilla recogepedidos	1,8
Transpaleta manual	1,5
Transpaleta eléctrica	1,8
Miniload	0,8

Una vez se tienen los recursos necesarios y sus dimensiones, se hace la distribución en planta ubicando todos los medios de almacenamiento y las anchuras de los pasillos correspondientes según el medio de manutención que se va a utilizar en cada operación. Otra vez, se representa cada tipo de medio de almacenamiento o zona con colores distintos para diferenciar. Para esta cuarta configuración, se obtiene lo siguiente:

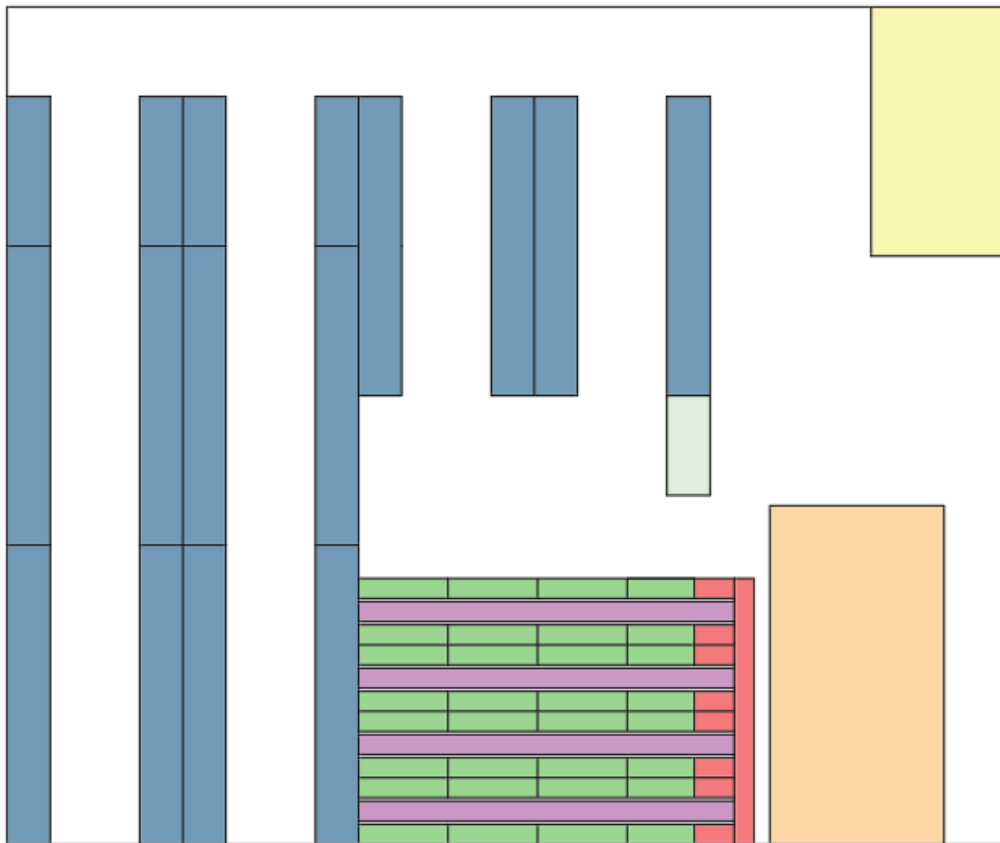


Ilustración 7. Distribución en planta del almacén (4ª configuración).

De nuevo, cabe destacar que la distribución en planta se puede ver en mayor tamaño y con cotas de las dimensiones en los planos anexados al final del presente documento. También, como se puede ver, existen diferentes colores que pertenecen a áreas distintas. La leyenda de cada color se describe a continuación:

Tabla 89. Leyenda de colores para la distribución en planta (4ª configuración).

Zona	Color	Descripción
Reserva	Blue	Estanterías convencionales de palets
Picking	Light Green	Estanterías convencionales de palets
	Green	Estanterías convencionales de cajas/unidades
	Red	Cintas transportadoras
	Purple	Transelevador de cajas o miniload
Recepción y expedición	Orange	Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar	Yellow	Oficinas, aseos, comedor, etc.
Muelles	Grey	Muelles para carga y descarga de camiones

Se ha obtenido que, con el diseño completo de esta cuarta configuración, hace falta una nave con una superficie de 757,51 metros cuadrados.

6.6.5. Estimación de coste e inversión

Una vez realizados todos los cálculos y la distribución en planta, se procede a calcular económicamente la inversión y los costes que suponen las instalaciones y los recursos que componen el actual diseño. Como ya se ha dicho, es una manera cuantitativa de comparar entre los diferentes diseños que se va a realizar en las sucesivas iteraciones.

Como ya se sabe, las inversiones son estimadas para cada tipo de recurso y los costes anuales que estos suponen se calculan usando el DFC, el cual depende de la vida útil de cada medio y cuyos valores se muestran en la Tabla 1. Con ello, resultan los costes que se muestran desglosados a continuación:

Tabla 90. Costes de las instalaciones (4ª configuración).

Concepto	m ²	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Nave del almacén	757,51	430,00	325.730,16	20	5,101	63.856,14
Servicios generales del edificio	757,51	30,00	22.725,36	20	5,101	4.455,08

Tabla 91. Costes de los medios de almacenamiento (4ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/m ²)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Estanterías convencionales de palets	986,70	20,00	19.734,00	10	4,339	4.548,05
Estanterías convencionales de cajas/unidades	826,20	30,00	24.786,00	10	4,339	5.712,38



Tabla 92. Costes de los medios de mantenimiento (4ª configuración).

Concepto	ud	Precio (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Carretilla retráctil (10m.)	1	30.000,00	30.000,00	10	4,339	6.914,04
Transpaleta manual	1	300,00	300,00	10	4,339	69,14
Transpaleta eléctrica	1	3.500,00	3.500,00	10	4,339	806,64
Carretilla recogepedidos (10m.)	2	58.000,00	116.000,00	10	4,339	26.734,27
Miniload	4	150.000,00	600.000,00	10	4,339	138.280,71
Miniload (ubicación)	3060	15,00	45.900,00	10	4,339	10.578,47
Miniload (contenedor)	3060	10,00	30.600,00	10	4,339	7.052,32
Cinta transportadora	17,6	1.500,00	26.400,00	10	4,339	6.084,35

Tabla 93. Costes del personal (4ª configuración).

Concepto	Nº personas	Precio (€/año/persona)	Coste anual (€)
Jefe de almacén	1	30.000	30.000,00
Administrativo	1	20.000	20.000,00
Almacenero	7	18.000	126.000,00

Tabla 94. Costes de mantenimiento y energía (4ª configuración).

Concepto	Precio (€)	Coste anual (€)
Equipamiento móvil	10% de inversión	85.270,00
Edificios e instalaciones	1% de inversión	3.484,56
Gasto energético	45€/m ² de almacén	34.088,04

Tabla 95. Costes de otros equipamientos (4ª configuración).

Concepto	ud	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años de vida útil	DFC	Coste anual (€)
Hardware y equipamiento básico para la gestión del almacén	1	350.000	350.000	5	3,058	114.453,89

De manera resumida, han resultado los siguientes costes e inversión:

Tabla 96. Resumen de coste e inversión (4ª configuración).

	Importe (€)
Coste	688.388,07 €
Inversión	1.595.675,52 €

Como se puede ver en la Tabla 96, tanto el coste como la inversión son mayores todavía que en la anterior configuración. De modo que ahora esta es la iteración que tanto mayores costes anuales e inversión supone, por lo que esta opción no es la más adecuada de manera económica para la empresa, es decir, parece que la automatización no es lo que necesita ni se adapta a la actividad actual de la empresa.

El coste anual es de 688.388,07 € y la inversión de 1.595.675,52 €, suponiendo un ahorro de costes frente a la anterior configuración de 6,2% pero un aumento de la inversión de 6,1%. En este caso, la mayor parte de la inversión es por los medios de manutención, implicando un 53,44% del total, suponiendo además un 28,55% de los costes anuales. Por ello, parece que las instalaciones (21,84% de la inversión) y el personal (25,57% de los costes anuales) supongan un porcentaje más bajo.

Además, cabe destacar que esta configuración supone una inversión mayor que la exigida por la Dirección de la empresa, por lo que es una alternativa de diseño que ya se descarta.

6.6.6. Análisis y propuestas de mejora

Como se ha podido observar en los resultados financieros, no compensa la automatización de los medios de manutención dadas las condiciones actuales en la actividad de la empresa, ya que tampoco ha conseguido que disminuyese suficientemente el personal necesario y la superficie de las instalaciones, provocando que tanto la inversión como los costes anuales tengan unos valores bastante mayores a la mejor opción que, hasta ahora, es la segunda configuración.

Por tanto, esto indica que, con la demanda que hay y el número de referencias y volumen de stock de cada una de ellas con el que se maneja la empresa, salen más rentables las opciones convencionales distribuidas de modo que traten de optimizar el espacio disponible.

7. Análisis económico-financiero

Tras la realización de las distintas configuraciones de diseño del almacén, en las que se ha hecho una selección de los medios de almacenamiento y de mantenimiento, englobando en cada una de ellas su modelo de funcionamiento correspondiente del almacén, en el que, a su vez, se incluye también las políticas de gestión y la distribución en planta, se procede al análisis económico-financiero de todas ellas para escoger la que más convenga, optando por la que mayores beneficios de forma económica aporte a la empresa.

Para ello, a continuación, se muestran los resultados obtenidos anteriormente en relación con los gastos que puede suponer cada una de las 4 configuraciones, estos son los costes a desembolsar cada año y la inversión inicial que supondría:

Tabla 97. Costes anuales e inversión de las 4 configuraciones.

	Configuración 1	Configuración 2	Configuración 3	Configuración 4
Costes anuales (€)	632.230,81 €	618.286,97 €	726.035,86 €	688.388,07 €
Inversión (€)	1.313.154,40 €	1.227.087,70 €	1.482.442,48 €	1.595.675,52 €

También, con los mismos datos, se ha creado un gráfico en el que se puede interpretar visualmente y realizar una comparativa mejor entre las 4 distintas opciones (Ilustración 8).

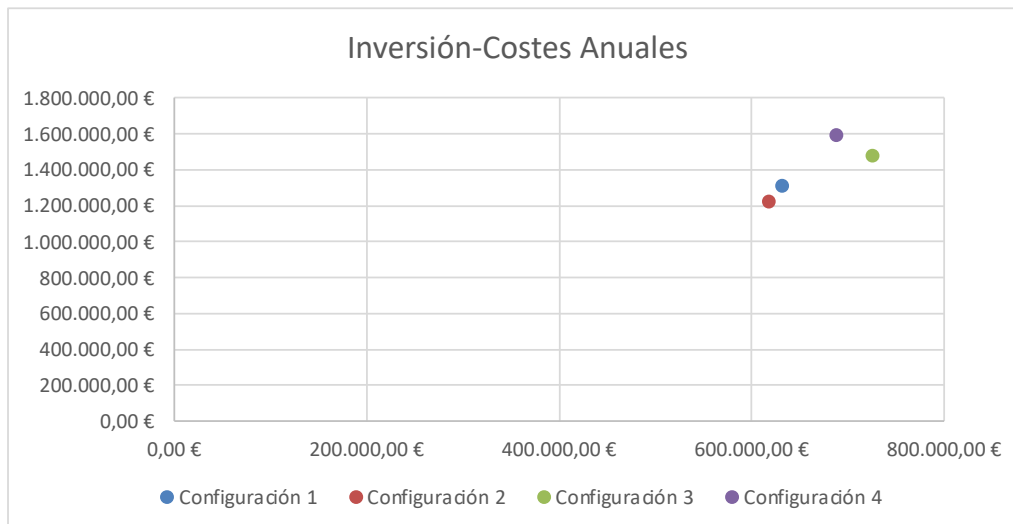


Ilustración 8. Comparativa visual entre las 4 configuraciones.

Como se puede observar en la Tabla 97 y en la Ilustración 8, la cuarta configuración exige una inversión a realizar de más de 1.500.000 €, por lo que se descarta esta opción, ya que sería más de lo que la Dirección de la empresa ha impuesto como restricción. Esto indica además que la automatización completa de toda la zona de picking no es conveniente para la actividad de esta



empresa, dado que la inversión de los medios de mantenimiento automáticos es muy alta y no compensa.

Después, la tercera configuración tampoco proporciona buenos resultados, ya que muestra unos costes e inversiones bastante altas. Luego, en el caso de la primera, posee de una inversión y costes anuales bastantes menores que la tercera, pero ninguna de estas dos opciones es la mejor de entre las posibles, indicando que ni la primera iteración, en la que se usan opciones completamente convencionales, ni la tercera, en la que se usan ciertos equipos más peculiares, son las indicadas.

En este trabajo, para las condiciones dadas en la empresa, se recomienda que se aplique la segunda configuración, ya que es indudable que es la alternativa con menores costes anuales e inversión, tal y como se puede ver en la tabla y en el gráfico de la ilustración, sin necesidad de realizar ninguna comprobación más, ya que claramente proporcionará un retorno de inversión mucho más rentable que las demás opciones.

De esta forma, se propone el segundo diseño, que utiliza medios de almacenamiento convencionales, pero con medios de mantenimiento que requieren anchuras de pasillos no tan grandes como en la primera configuración y que tienen una mayor capacidad de elevación, con la finalidad de poner a más altura la mercancía y resulte menores costes de instalaciones y su mantenimiento.



8. Procedimientos principales de la solución propuesta

Una vez se ha escogido el diseño definitivo, se procede a describir el procedimiento de forma ordenada que sigue la empresa de principio a fin durante su actividad. La jornada laboral se divide en dos partes diferenciadas, por lo que se va a realizar la descripción de cada una de ellas de forma independiente.

Además, se muestra, posteriormente, un diagrama para cada parte, que representa de forma visual todos los pasos que se comentan a continuación, los cuales están estrechamente relacionados con el apartado de Transporte de inventario en cada operación.

Para la primera parte de la jornada, que dura 4-5 horas, se ejecutan los siguientes pasos:

1. Cuando los camiones llegan a los muelles de descarga, los operarios van con las transpaletas a realizar la descarga de la mercancía que vienen en el formato logístico de palets.
2. Se dejan los palets en la zona de recepción/expedición. Se comprueba que los productos que han llegado concuerdan con lo pedido y que está todo en perfecto estado. Si no, se contacta con el proveedor para solucionar la incidencia.
3. Si está todo correcto, se diferencia entre palets mono-referencia y multi-referencia. En el primer caso, con una carretilla retráctil se procede a la ubicación de los palets en la zona de reserva. En el segundo caso, se desembalan los palets multi-referencia para depositar las cajas/unidades en la zona de picking.
4. Se comprueba si es necesario reponer los palets en la zona de picking. En caso afirmativo, con ayuda de una carretilla retráctil se baja el palet y con una transpaleta se puede colocar en las estanterías de picking.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo, representando todos los procesos mencionados (Ilustración 9).

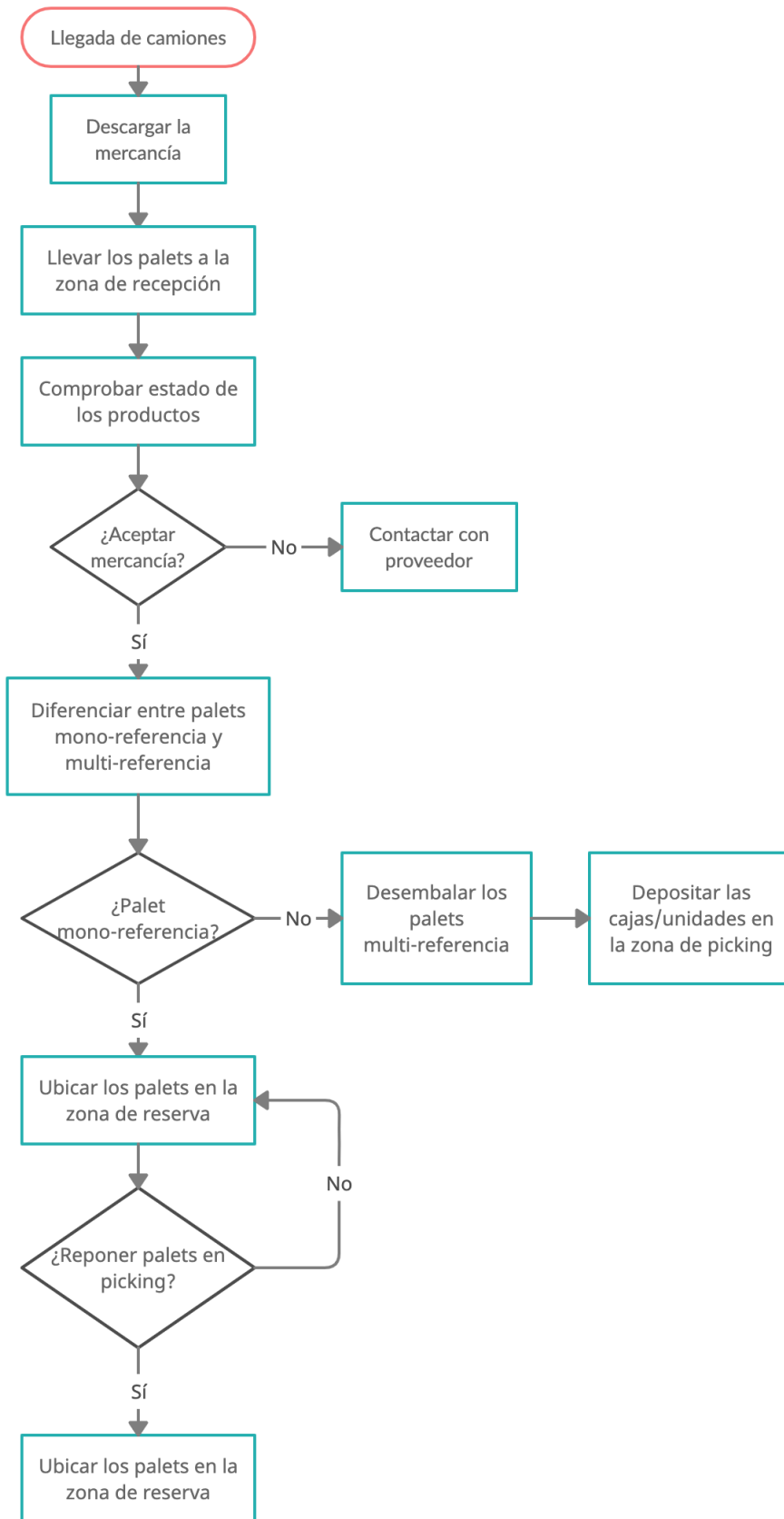


Ilustración 9. Diagrama de flujo para los procesos de la primera parte de la jornada.



Una vez completada la primera parte de la jornada con las tareas anteriores, se tiene que todo el stock está preparado y depositado en las estanterías correspondientes de cada referencia. Con ello hecho, se continúa con la segunda parte de la jornada, que consta de lo siguiente:

1. Se procede a la preparación de pedidos con ayuda de las carretillas recogepedidos. Esta actividad consiste en la documentación de los pedidos, la localización, identificación, recogida y conteo de los productos, además de los desplazamientos hacia las estanterías y hasta la zona de expedición.
2. Cada uno de los artículos recogidos se deposita en la zona de recepción/expedición. Se agrupan todas las líneas de pedido en una misma zona y, una vez se ha completado todo un pedido, se embalan los pedidos y se forman los palets que van a ser enviados a las tiendas correspondientes.
3. Tras los palets formados y si existen huecos disponibles en los camiones, se procede, mediante transpaletas, a la carga de los camiones con todos los pedidos recibidos. Mientras no se realice la carga de camiones, se puede ir realizando cualquiera de las anteriores tareas.
4. Finalmente, cuando se llenan los camiones con los pedidos demandados, se envía la mercancía y los camiones la transportan a las correspondientes tiendas físicas para la venta de los productos.

Análogamente, se muestra a continuación el diagrama de flujo correspondiente a la segunda parte de la jornada (Ilustración 10).

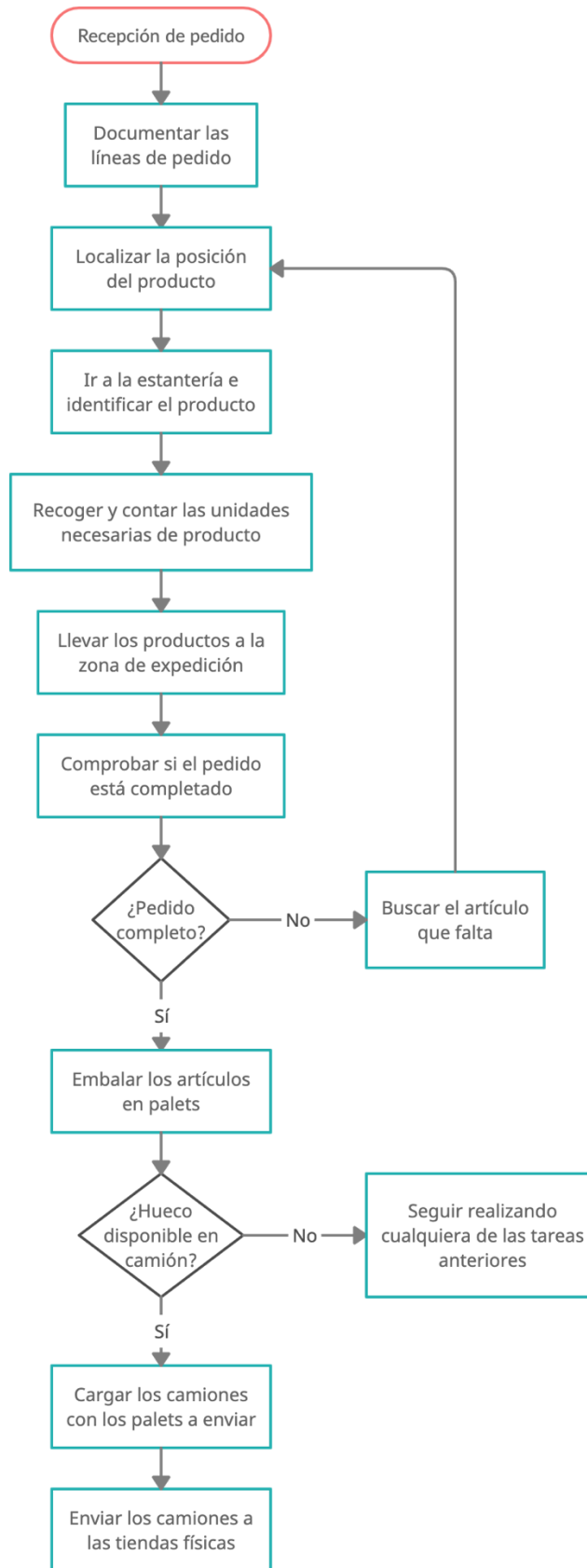


Ilustración 10. Diagrama de flujo para los procesos de la segunda parte de la jornada.



9. Conclusiones

Para finalizar, se procede a comentar las conclusiones deducidas a partir de la realización del presente trabajo, incluyendo primero un breve resumen recopilando las partes más importantes del diseño realizado del centro de distribución.

Primero, se ha hecho un análisis y la preparación de los datos requeridos para poder diseñar un almacén que consiguiese cumplir con las restricciones. Tras ello, se ha empezado a hacer el diseño del centro de distribución, definiendo todo lo que conlleva al modelo de funcionamiento, realizando además los cálculos pertinentes en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Finalmente, se ha hecho la distribución en planta y se ha realizado una estimación de costes e inversión que supone la ejecución del diseño.

Como se ha seguido una metodología iterativa, se ha determinado una serie de configuraciones distintas, siguiendo el mismo procedimiento, pero cambiando ciertos parámetros y criterios, con la finalidad de obtener varias alternativas para posteriormente elegir aquel diseño que resultase más rentable para la empresa. En total, se ha realizado 4 configuraciones.

En la primera, se ha creado un diseño partiendo con los medios más convencionales que hay, obteniendo unos resultados aceptables en comparación al resto. En la segunda, se ha utilizado también estanterías convencionales y medios de manutención bastante comunes, pero con una mejor organización que ha resultado ofrecer un ahorro considerable en la superficie de la nave sin optar por equipos caros.

Por otra parte, para la tercera configuración, se ha decidido probar alternativas no tan simples, las cuales agilizan la tarea de preparar los pedidos, pero el modelo ha resultado necesitar una superficie bastante más grande y más equipos, lo que no compensaba lo exigido. Y, finalmente, en la cuarta configuración, se ha diseñado de forma completamente automatizada para las cajas/unidades, pero no ha resultado favorable, con costes estimados bastante altos.

Se puede ver en el apartado 7, que la alternativa escogida es la segunda, ya que tiene una inversión y unos costes anuales bastante menores que las otras 3 alternativas. Como ya se ha dicho, esta opción se compone de opciones convencionales, pero con una organización de los medios más minuciosa a la vez que medios más económicos que las alternativas con medios más especiales, lo cual se adapta bien a la demanda de la empresa.

Por otra parte, cabe destacar que, se ha podido observar que los resultados obtenidos han sido algo dispares según el modelo de funcionamiento escogido. Por ello, es importante una correcta y adaptada solución en el diseño del centro de distribución, ya que de ello dependen los beneficios de la empresa y la distinción entre si una actividad resulta factible y rentable o no.

Al transcurso de los años, cada vez son más relevantes los valores de una empresa y la calidad con la que ofrecen sus servicios, ya que la competencia es cada vez más rigurosa. Por ello, es destacable una buena organización en la logística de la empresa, en la que se incluye un apropiado abastecimiento de los productos para mantener el stock requerido en las tiendas y la rapidez en el servicio, lo que conlleva a precisar de más agilidad y correcta ejecución en las tareas del centro de distribución.

Mi valoración personal sobre la realización del presente Trabajo Fin de Máster ha resultado positiva por todos los conocimientos adquiridos, ya que se trata de un proyecto cuyos conceptos y metodología conocía de forma limitada, pero que poco a poco he interiorizado hasta conseguir realizar varias alternativas de diseño de un centro de distribución partiendo de un caso real, lo cual añade cierto grado de dificultad al problema.

Además, durante mis años de carrera, solo he tenido una asignatura algo relacionada con el diseño de centros de distribución: Ampliación de Dirección de Operaciones, del segundo año de máster en la especialidad de Organización y Gestión Industrial. Esta despertó mi interés respecto a este tema, razón por la que escogí este Trabajo Fin de Máster.

También es cierto que mis escasos estudios sobre esta materia han hecho que al principio me costase mucho realizar de forma correcta un diseño, en especial, la primera iteración. No obstante, poco a poco, asentando cada vez más los nuevos conceptos y conociendo más en profundidad la metodología a seguir, la realización de cada diseño ha ido fluyendo con menores errores hasta dar con la solución, por lo que personalmente, me he quedado satisfecha.

Por último, cabe mencionar que existen infinidad de alternativas más, e incluso con resultados más rentables que la opción escogida en el presente proyecto, por lo que, como posibles líneas de mejora, se puede proponer obtener nuevas configuraciones interesantes cambiando criterios de diseño o introduciendo nuevas variables a considerar.



10. Bibliografía

Cardós Carboneras, M., 2020. *Cap 4. Medios de almacenamiento*. [En línea]

Available at:

https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813965/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%204%20Medios%20de%20Almacenamiento.pdf

Cardós Carboneras, M., 2020. *Cap 5. Medios de manutención*. [En línea]

Available at:

https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813976/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%205%20Medios%20de%20Manutencion.pdf

Cardós Carboneras, M., 2020. *Cap 6. Modelo de funcionamiento*. [En línea]

Available at:

https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7813980/group/ESP_0_2874/Almacenes/Transparencias/Cap%206%20Modelo%20de%20Funcionamiento.pdf

Cardós Carboneras, M., 2020. *Parámetros de almacén*. [En línea]

Available at:

https://poliformat.upv.es/access/lessonbuilder/item/7814445/group/ESP_0_2874/Almacenes/Par%C3%A1metros%20de%20almac%C3%A9n.pdf

Mecalux, 2018. *Transportadores industriales: tipos y trucos para elegir bien*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/blog/transportadores-industriales-tipos>

Mecalux, 2019. *¿Cuáles son los criterios de ubicación de existencias más utilizados en el almacén?*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/blog/criterios-ubicacion-existencias-almacen>

Mecalux, 2021. *Almacenes verticales y carruseles verticales u horizontales*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/sistemas-de-almacenaje/almacen-vertical-carrusel-horizantal>

Mecalux, 2021. *Estanterías picking dinámico*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/estanterias-metalicas-industriales/estanterias-picking/estanterias-picking-dinamico#Live-storage-for-picking-pick-put-to-light-tab2>

Mecalux, 2021. *Pick-to-light: un picking más ágil y con menos errores*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/picking/pick-to-light>

Mecalux, 2021. *Transelevadores para cajas o miniload*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-cajas/transelevadores-cajas>



Mecalux, 2021. *Vehículos AGV filoguiados y láserguiados*. [En línea]

Available at: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/carretillas/agv-filoguiado>

NOEGA Systems, 2017. *Preparación de pedidos o picking en la operativa del almacén*. [En línea]

Available at: https://www.noegasystems.com/blog/logistica/preparacion-de-pedidos-o-picking#Preparacion_por_olas_de_pedido

Ractem, 2020. *Transelevadores: ¿Qué son y qué tipos existen?*. [En línea]

Available at: <https://www.ractem.es/blog/transelevadores-son-tipos-existen>

DOCUMENTO II: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS








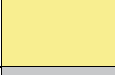
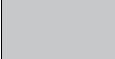
1.	Introducción	1
2.	Distribución en planta (Configuración 1).....	2
3.	Distribución en planta (Configuración 2).....	3
4.	Distribución en planta (Configuración 3).....	4
5.	Distribución en planta (Configuración 4).....	5

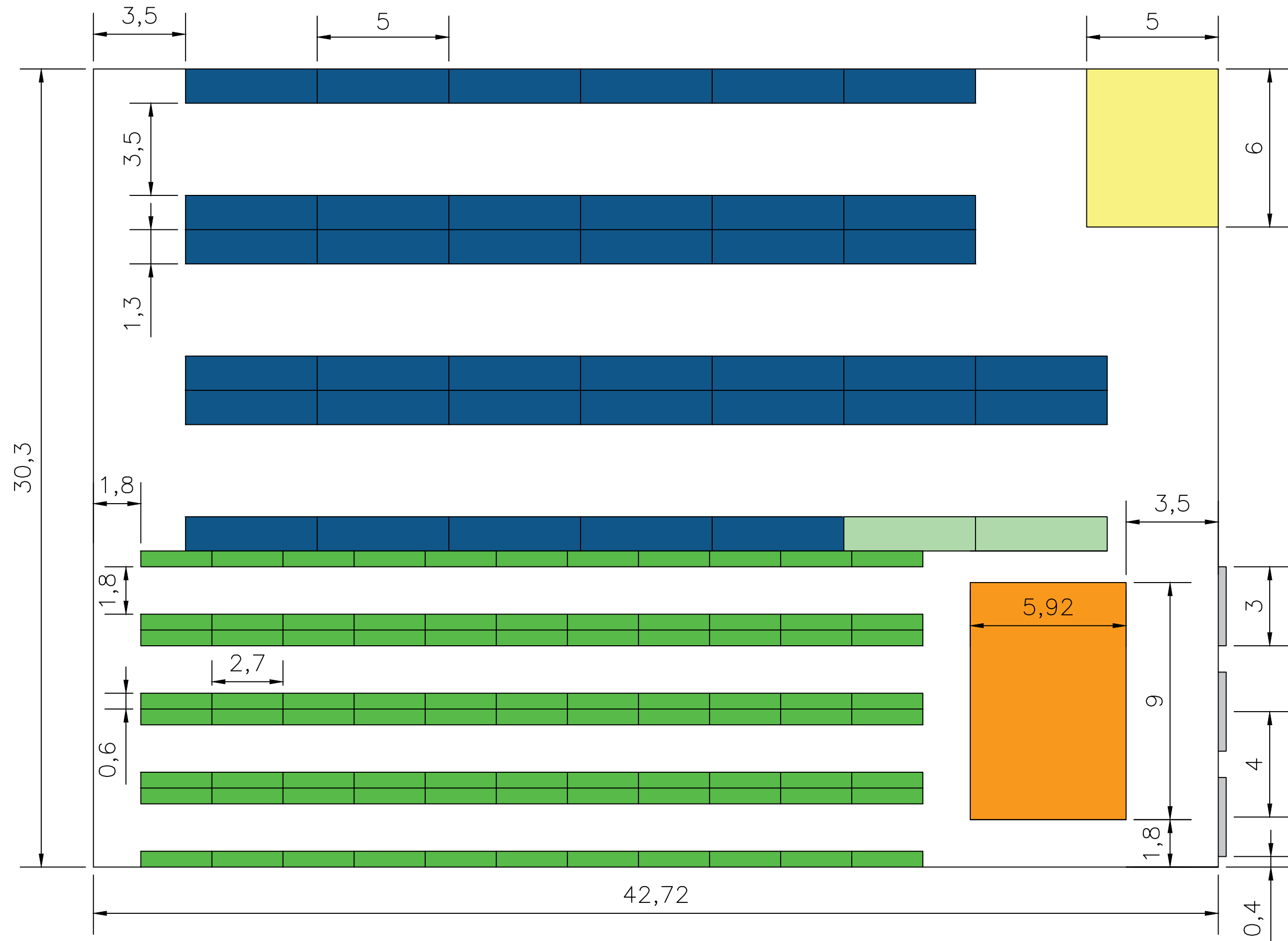
1. Introducción

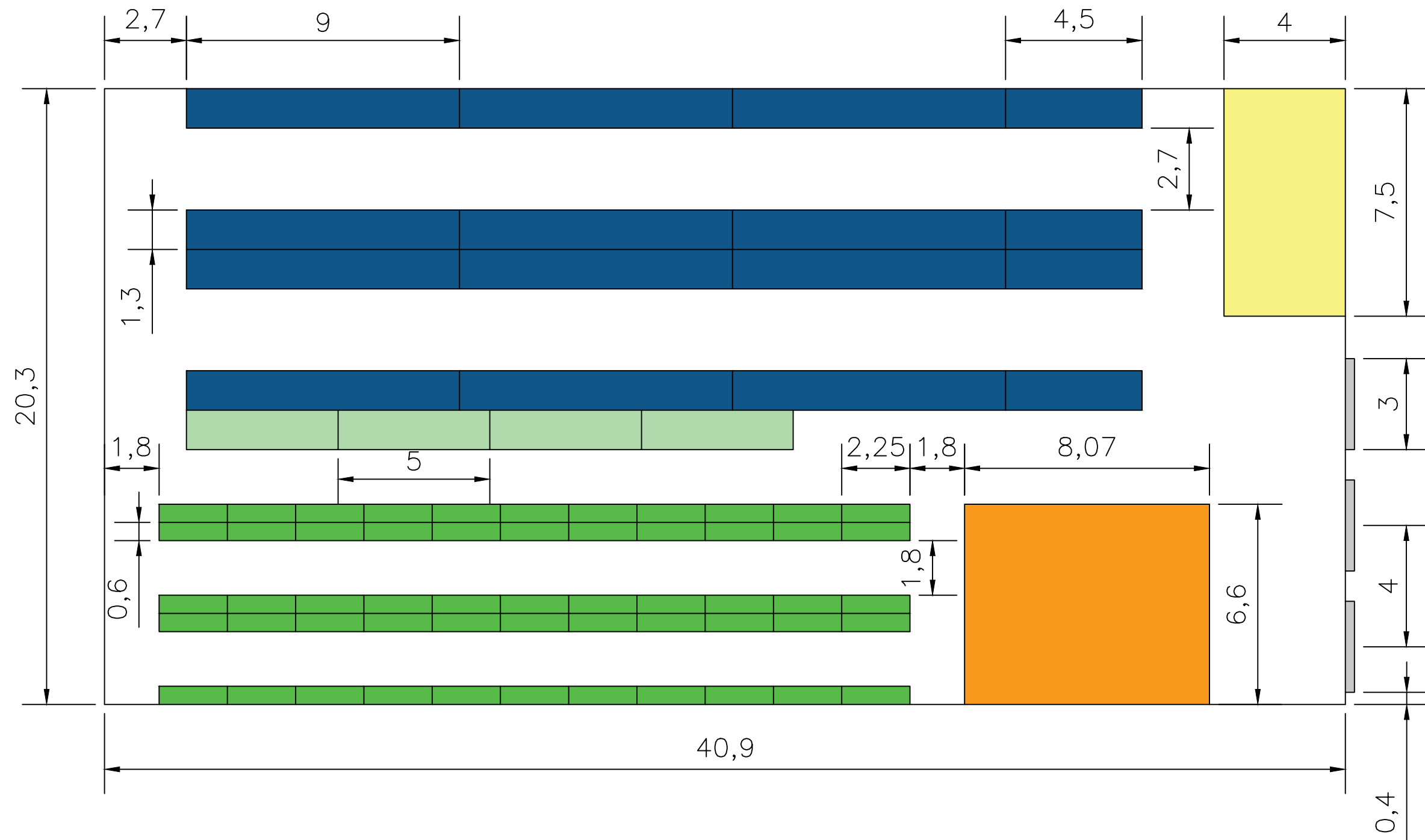
A continuación, se va a mostrar la serie de distribuciones en planta de cada configuración realizada y descrita en la memoria. Como ya se ha comentado, la finalidad de este documento es aportar una mejor visualización de dichas distribuciones, gracias a la representación de estas con un mayor tamaño y con cotas de las dimensiones.

Para recordar los colores y lo que representan, cabe añadir de nuevo una leyenda. En este caso, se incluye a continuación una tabla general donde se muestran todos los elementos de los siguientes planos y sus colores correspondientes.

Tabla 1. Leyenda de colores de los 4 planos.

Zona	Color	Descripción
Reserva		Estanterías de palets
Picking		Estanterías de palets
		Estanterías de cajas/unidades
		Cintas transportadoras
		Carrusel horizontal
		Miniload
Recepción y expedición		Zona para recibir mercancía y enviar pedidos
Auxiliar		Oficinas, aseos, comedor, etc.
Muelles		Muelles para carga y descarga de camiones





ALUMNA

SUN, WENYI

PROYECTO: **DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA UNA EMPRESA DE ROPA DEPORTIVA
CON 12.000 REFERENCIAS**

PLANO: **DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (CONFIGURACIÓN 2)**

ETSII-UPV

FECHA

CURSO
2020-21

ESCALA GRÁFICA

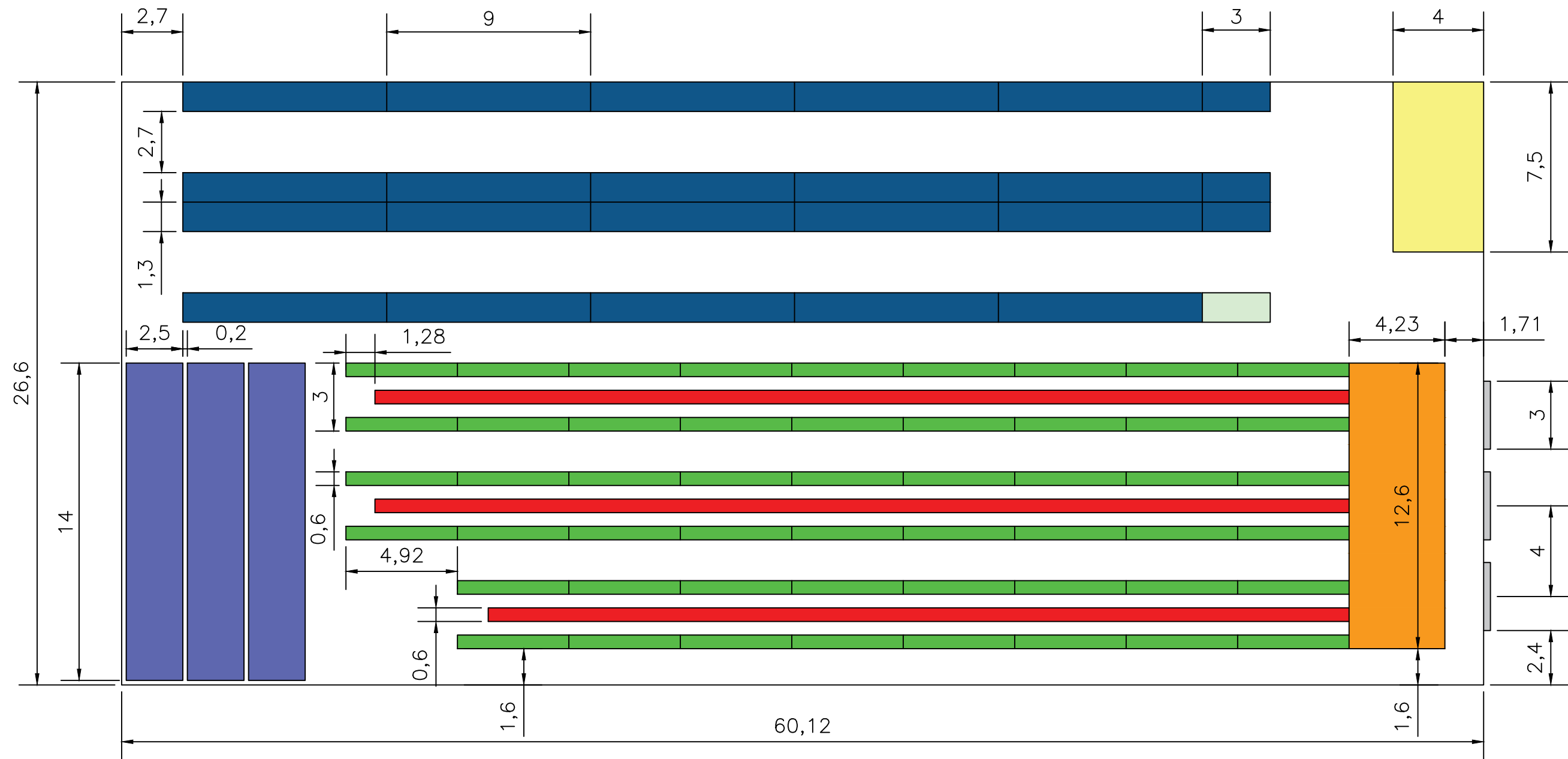
0 0,75 1,5 2,25 3 3,75

ESCALA

1:150

PLANO

P.2



ALUMNA

SUN, WENYI

PROYECTO: **DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA UNA EMPRESA DE ROPA DEPORTIVA
CON 12.000 REFERENCIAS**

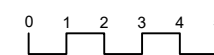
PLANO: **DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (CONFIGURACIÓN 3)**

ETSII-UPV

FECHA

CURSO
2020-21

ESCALA GRÁFICA

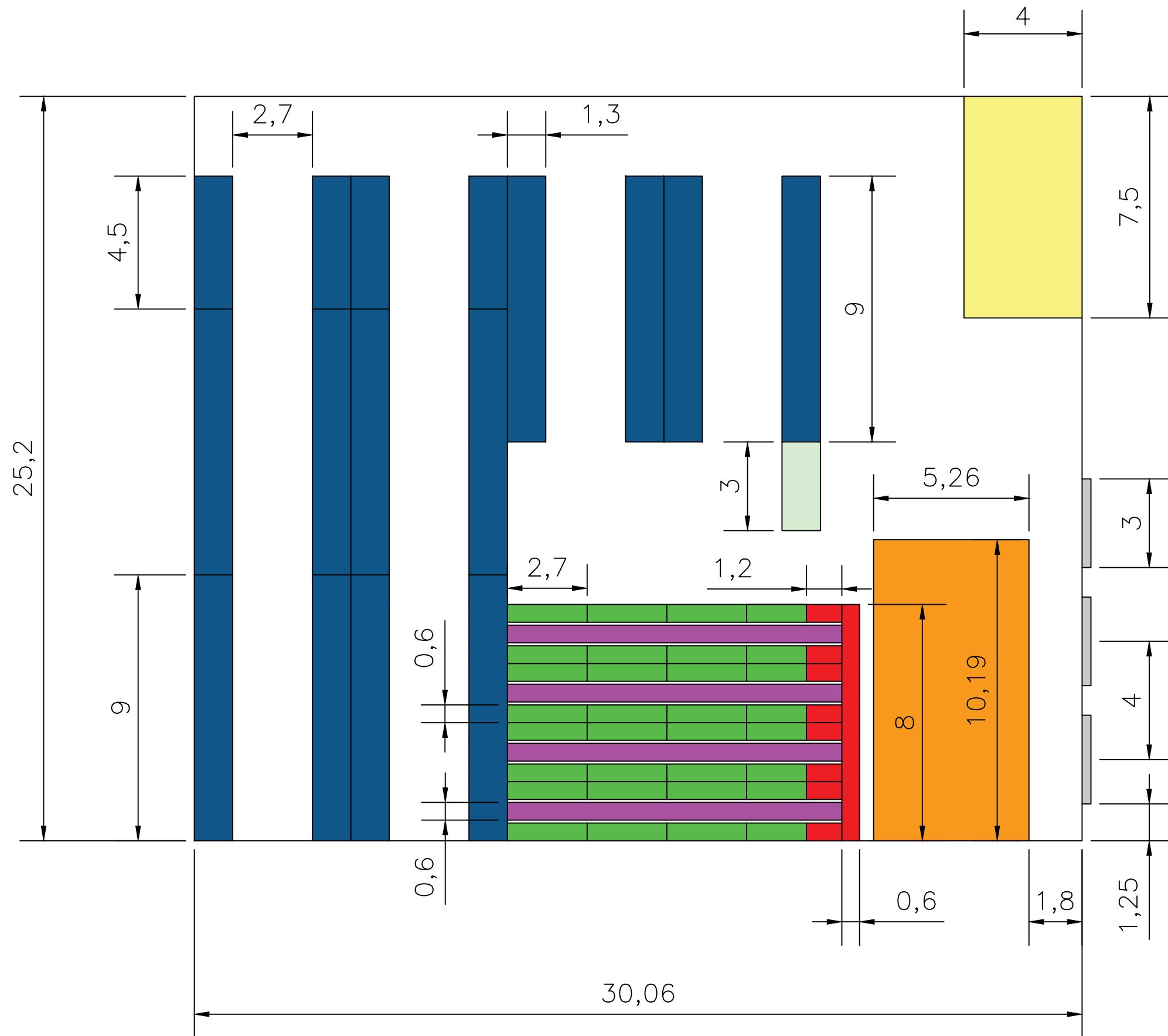


ESCALA

1:200

PLANO

P.3



ALUMNA

SUN, WENYI

PROYECTO: **DISEÑO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA UNA EMPRESA DE ROPA DEPORTIVA
CON 12.000 REFERENCIAS**

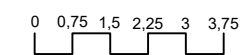
PLANO: **DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (CONFIGURACIÓN 4)**

ETSII-UPV

FECHA

CURSO
2020-21

ESCALA GRÁFICA



ESCALA

1:150

PLANO

P.4