



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño del almacén central de una cadena de material
deportivo con 14.000 referencias

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

AUTOR/A: Trenor Navarro, Guillermo

Tutor/a: Cortés Pellicer, Pascual

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Máster describe el desarrollo del diseño de un centro de distribución para una empresa de material deportivo. Este tipo de almacén tendrá que dar servicio a una amplia red de tiendas que el cliente mantiene en propiedad.

El rendimiento logístico del objeto de este documento será fundamental para el funcionamiento de la empresa pero el coste debe ser razonable. Por ello, se han marcado unos objetivos basados en el plazo de servicio y los costes máximos definidos por el cliente. Se tiene en cuenta también la evolución del mercado del sector al que pertenece.

El proceso de diseño toma como base los datos históricos proporcionados por la empresa y utiliza una metodología iterativa para obtener diferentes alternativas. Estos datos permiten calcular los datos finales para poder dimensionar las diferentes partes del almacén.

La diferencia fundamental entre las diferentes configuraciones obtenidas se encuentra en la zona de picking del almacén utilizando tecnologías distintas en cada una de ellas. En cada una de estas alternativas se definen los medios de almacenamiento, los medios de manutención, el número de operarios y el layout de la solución para poder cumplir con el plazo de servicio establecido. Después, se estiman los costes de inversión inicial y anuales para poder seleccionar la mejor opción.

El resultado final obtenido es un centro de distribución donde la operativa del picking está basada en un picking realizado a mano de manera zonal y por pedido. Además, se proponen al final del documento nuevas líneas de trabajo relacionadas con el objeto del documento y la empresa para la que se trabaja.

Palabras clave: almacén; centro de distribución; material deportivo; picking

RESUM

El present Treball de Fi de Màster descriu el desenvolupament del disseny d'un centre de distribució per a una empresa de material esportiu. Aquest tipus de magatzem haurà de donar servei a una àmplia xarxa de botigues que el client manté en propietat.

El rendiment logístic de l'objecte d'aquest document serà fonamental per al funcionament de l'empresa, però el cost ha de ser raonable. Per això, s'han marcat uns objectius basats en el termini de servei i els costos màxims definits pel client. També es té en compte l'evolució del mercat del sector al qual pertany.

El procés de disseny pren com a base les dades històriques proporcionades per l'empresa i utilitza una metodologia iterativa per obtenir diferents alternatives. Aquestes dades permeten calcular les dades finals per poder dimensionar les diferents parts del magatzem.

La diferència fonamental entre les diferents configuracions obtingudes es troba en la zona de picking del magatzem, utilitzant tecnologies diferents en cadascuna d'elles. En cadascuna d'aquestes alternatives es defineixen els mitjans d'emmagatzematge, els mitjans de manutenció, el nombre d'operaris i el layout de la solució per poder complir amb el termini de servei establert. Després, s'estimen els costos d'inversió inicial i anuals per poder seleccionar la millor opció.

El resultat final obtingut és un centre de distribució on l'operativa del picking està basada en un picking realitzat a mà de manera zonal i per comanda. A més, es proposen al final del document noves línies de treball relacionades amb l'objecte del document i l'empresa per a la qual es treballa.

Paraules clau: magatzem; centre de distribució; material esportiu; picking

ABSTRACT

The present Master's Thesis describes the development of the design of a distribution center for a sporting goods company. This type of warehouse will need to service a wide network of stores owned by the client.

The logistical performance of the subject of this document will be crucial for the operation of the company, but the cost must be reasonable. Therefore, objectives have been set based on the service deadline and the maximum costs defined by the client. The evolution of the market in the sector to which it belongs is also taken into account.

The design process is based on historical data provided by the company and uses an iterative methodology to obtain different alternatives. This data allows for the calculation of final figures to properly size the different parts of the warehouse.

The fundamental difference between the various configurations obtained lies in the picking area of the warehouse, using different technologies in each case. In each of these alternatives, the storage methods, handling equipment, number of operators, and layout of the solution are defined to meet the established service deadline. Then, initial and annual investment costs are estimated to select the best option.

The final result is a distribution center where the picking operation is based on manual picking, carried out by zone and by order. Additionally, at the end of the document, new lines of work related to the subject of the document and the company for which the work is done are proposed.

Keywords: warehouse; distribution center; sporting goods; picking



ÍNDICE

I. MEMORIA.....	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Objeto del documento y objetivos asociados.....	8
2. LA EMPRESA Y SU ENTORNO	9
2.1. Presentación de la empresa.....	9
2.2. Tipología de almacén	9
2.3. Análisis del mercado	11
3. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	13
3.1. Metodología utilizada y estructura del documento	13
3.2. Separación Reserva-Picking	14
3.3. Análisis ABC en los sistemas de almacén.....	16
3.4. Plazos de reposición.....	16
3.5. Cálculo de niveles de stock	17
3.6. Regla del 85%.....	17
3.7. Ubicaciones necesarias por medio de almacenamiento	18
3.8. Medios de almacenamiento	19
3.9. Medios de manutención	25
3.10. Picking.....	30
3.10.1. Organización del picking	30
3.10.2. Comunicación al operario	31
4. ANÁLISIS DE DATOS.....	33
4.1. Hoja de cálculo.....	33
4.2. Perfil de inventario.....	35
4.3. Perfil de preparación de pedidos.....	37
4.3.1. Estacionalidad	37
4.3.2. Preparación de pedidos	39
5. OBTENCIÓN DE DATOS FINALES	40
5.1. Clasificación ABC.....	40
5.2. Clasificación por familia de producto y categoría ABC	42
5.3. Formato logístico del proveedor.....	43
5.3.1. Palets estándar.....	43
5.3.2. Formato logístico.....	44



5.4.	Perfil de stock: Datos finales	45
5.5.	Perfil de preparación de pedidos: Datos finales	47
6.	CONFIGURACIONES PROPUESTAS	49
6.1.	Primera configuración.....	49
6.1.1.	Medios de almacenamiento.....	49
6.1.1.1.	Selección y dimensionamiento de la zona de reserva	49
6.1.1.2.	Selección y dimensionamiento de la zona de picking.....	51
6.1.2.	Funcionamiento del almacén	53
6.1.2.1.	Primer turno: Preparación de pedidos	53
6.1.2.2.	Segundo turno: Recepción y Reposición de los productos	54
6.1.3.	Medios de manutención	55
6.1.3.1.	Primer turno: Preparación de pedidos	55
6.1.3.2.	Segundo turno: Recepción y Reposición de productos	57
6.1.3.3.	Conjunto de medios de manutención y operarios.....	58
6.1.4.	Distribución en planta	60
6.1.4.2.	Operaciones auxiliares	60
6.1.4.3.	Layout.....	61
6.1.5.	Estimación de coste e inversión	62
6.2.	Segunda configuración.....	65
6.2.1.	Medios de almacenamiento.....	65
6.2.2.	Medios de manutención	65
6.2.3.	Operarios por turno	68
6.2.4.	Distribución en planta	69
6.2.5.	Estimación de coste e inversión	70
6.3.	Tercera configuración	73
6.3.1.	Medios de almacenamiento.....	73
6.3.2.	Medios de manutención	73
6.3.3.	Operarios por turno	76
6.3.4.	Distribución en planta	77
6.3.5.	Estimación de coste e inversión	78
7.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	81
7.1.	Valoración económica.....	81
7.2.	Selección mediante la metodología AHP	82
7.2.1.	Jerarquización del problema	82



7.2.2.	Establecimiento de prioridades	83
7.2.2.1.	Ponderación de criterios	83
7.2.2.2.	Valoración de las alternativas	86
7.2.3.	Matriz de selección y solución final	89
8.	CONCLUSIONES.....	90
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	92
II.	ANEXOS: PLANOS.....	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Árbol de objetivos (Fuente: Elaboración propia).....	8
Ilustración 2: Centro de distribución teórico (Fuente: Elaboración propia a partir de (García Sabater, 2020))	10
Ilustración 3: Tamaño del mercado global de ropa deportiva (Fuente: WFSIG y McKinsey & Company)	11
Ilustración 4: Evolución de la cifra de negocio del CNAE 4764 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística)	12
Ilustración 5: Metodología usada en el trabajo (Fuente: Elaboración propia adaptada de Manuel Cardós)	13
Ilustración 6: Estructura del documento basada en la metodología usada (Fuente: Elaboración propia)	14
Ilustración 7: Descomposición de Unidad de Carga (Fuente: García Sabater, 2020)	15
Ilustración 8: Separación Reserva Picking Vertical u Horizontal (Fuente: García Sabater, 2020)	15
Ilustración 9: Distribución típica teórica del análisis ABC (Fuente: Elaboración propia).....	16
Ilustración 10: Almacenaje en bloques (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	19
Ilustración 11: Estanterías convencionales para paletización (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	20
Ilustración 12: Distribución habitual de estanterías convencionales (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	20
Ilustración 13: Estanterías convencionales para picking (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	21
Ilustración 14: Estanterías compactas (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	21
Ilustración 15: Estanterías dinámicas (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	22
Ilustración 16: Estanterías móviles (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	22
Ilustración 17: Estructuras "Miniload" (Fuente: Jungheinrich, 2024)	23
Ilustración 18: Almacenes rotativos: vertical y horizontal (Fuente: Cardós Carboneras, 2020).....	23
Ilustración 19: Dispensadores A-Frame (Fuente: Mindugar, 2024)	24
Ilustración 20: AGV (Fuente: Boreal 4.0, 2024)	24
Ilustración 21: Cintas transportadoras (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	25
Ilustración 22: Electroviás (Fuente: Mecalux, 2024)	26
Ilustración 23: Transpaletas: manual y eléctrica (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	26
Ilustración 24: Apilador (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	27
Ilustración 25: Carretilla contrapesada (Fuente: Cardós Carboneras, 2020).....	27



Ilustración 26: Carretilla retráctil (Fuente: Cardós Carboneras, 2020).....	28
Ilustración 27: Carretilla trilateral de pasillo estrecho (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	28
Ilustración 28: Carretillas recogepedidos (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	29
Ilustración 29: Carros recogepedidos (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	29
Ilustración 30: Índice de familias de producto (Fuente: Elaboración propia)	33
Ilustración 31: Datos de stock (Fuente: Elaboración propia).....	34
Ilustración 32: Datos sobre pedidos (Fuente: Elaboración propia)	34
Ilustración 33: Líneas de pedido de unidades a lo largo del año (Fuente: Elaboración propia).....	37
Ilustración 34: Líneas de pedido de cajas a lo largo del año (Fuente: Elaboración propia)	38
Ilustración 35: Palets pedidos a lo largo del año (Fuente: Elaboración propia)	38
Ilustración 36: Diagrama de Pareto de la clasificación ABC (Fuente: Elaboración propia).....	41
Ilustración 37: Palet completo estándar (Fuente: Elaboración propia).....	43
Ilustración 38: Medio palet estándar (Fuente: Elaboración propia).....	43
Ilustración 39: Número de referencias según formato logístico del proveedor (Fuente: Elaboración propia)	44
Ilustración 40: Volumen caja estándar (Fuente: Elaboración propia)	47
Ilustración 41: Distribución de cajas en palet estándar (Fuente: Elaboración Propia).....	47
Ilustración 42: Configuración del módulo de estanterías convencionales para palets (Fuente: Elaboración propia)	50
Ilustración 43: Configuración del módulo de estanterías convencionales para picking (Fuente: Elaboración propia)	52
Ilustración 44: Flujo de productos en el primer turno: Preparación de pedidos (Fuente: Elaboración propia)	53
Ilustración 45: Flujo de productos en el segundo turno: Recepción y Reposición de productos (Fuente: Elaboración propia)	54
Ilustración 46: Organización del picking zonal (Fuente: Elaboración propia).....	56
Ilustración 47: Layout de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	61
Ilustración 48: Disposición de transelevadores según tamaño de los artículos (Fuente: Elaboración propia)	66
Ilustración 49: Layout de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	69
Ilustración 50: Layout de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	77
Ilustración 51: Comparación de las alternativas por criterios económicos (Fuente: Elaboración propia)	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medios de manutención y sus características (Fuente: Elaboración propia a partir de (García Sabater, 2020))	30
Tabla 2: Referencias y ventas por tipo de familia (Fuente: Elaboración propia)	35
Tabla 3: Referencias y volúmenes de venta por tipo de familia (Fuente: Elaboración propia)	36
Tabla 4: Niveles de stock por tipo de familia (Fuente: Elaboración propia)	36
Tabla 5: Valores máximos, mínimos y promedios según SKU (Fuente: Elaboración propia).....	39
Tabla 6: Producción diaria máxima por SKU (Fuente: Elaboración propia)	39
Tabla 7: Referencias y volúmenes de venta de la clasificación ABC (Fuente: Elaboración propia)	40



Tabla 8: Referencias y volúmenes de venta por tipo de familia y clasificación ABC (Fuente: Elaboración propia)	42
Tabla 9: Niveles de stock por zona (Fuente: Elaboración propia).....	46
Tabla 10: Producción diaria máxima por SKU (Fuente: Elaboración propia)	47
Tabla 11: Producción máxima de unidades y palets por tipo de SKU (Fuente: Elaboración propia).....	48
Tabla 12: Módulos en zona de reserva (Fuente: Elaboración propia)	51
Tabla 13: Módulos en zona de picking (Fuente: Elaboración propia).....	52
Tabla 14: Resumen de los medios de manutención de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	59
Tabla 15: Resumen del número de operarios necesarios en la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	60
Tabla 16: Superficie de las diferentes zonas de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	62
Tabla 17: Costes de las instalaciones de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia).....	63
Tabla 18: Costes de los medios de manutención de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	63
Tabla 19: Costes de los medios de almacenamiento de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	64
Tabla 20: Costes de mano de obra de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	64
Tabla 21: Resumen de los costes de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)	64
Tabla 22: Resumen de los medios de manutención de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	67
Tabla 23: Resumen del número de operarios necesarios en la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	68
Tabla 24: Superficie de las diferentes zonas de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	70
Tabla 25: Costes de las instalaciones de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	70
Tabla 26: Costes de los medios de manutención de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	71
Tabla 27: Costes de los medios de almacenamiento de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	71
Tabla 28: Costes de mano de obra de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia).....	71
Tabla 29: Resumen de los costes de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)	72
Tabla 30: Resumen de los medios de manutención de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	75
Tabla 31: Resumen del número de operarios necesarios en la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	76
Tabla 32: Superficie de las diferentes zonas de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia).....	78
Tabla 33: Costes de las instalaciones de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	78
Tabla 34: Cálculo del coste del carrusel horizontal tipo utilizado (Fuente: Elaboración propia).....	79
Tabla 35: Cálculo del coste del carrusel vertical tipo utilizado (Fuente: Elaboración propia)	79
Tabla 36: Costes de los medios de manutención de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	79
Tabla 37: Costes de los medios de almacenamiento de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	79
Tabla 38: Costes de mano de obra de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia).....	80



Tabla 39: Resumen de los costes de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)	80
Tabla 40: Comparación de las alternativas por criterios económicos (Fuente: Elaboración propia)	82
Tabla 41: Valores según importancia entre criterios (Fuente: Elaboración propia)	84
Tabla 42: Matriz ponderada de criterios (Fuente: Elaboración propia).....	85
Tabla 43: Índices de consistencia random según número de componentes (Fuente: Elaboración propia)	85
Tabla 44: Matriz ponderada de alternativas según inversión inicial (Fuente: Elaboración propia).....	86
Tabla 45: Matriz ponderada de alternativas según coste anual (Fuente: Elaboración propia)	86
Tabla 46: Matriz ponderada de alternativas según flexibilidad (Fuente: Elaboración propia)	87
Tabla 47: Matriz ponderada de alternativas según adaptabilidad (Fuente: Elaboración propia)	87
Tabla 48: Matriz ponderada de alternativas según imagen (Fuente: Elaboración propia).....	88
Tabla 49: Matriz ponderada de alternativas según respuesta ante averías (Fuente: Elaboración propia)	88
Tabla 50: Matriz de decisión (Fuente: Elaboración propia).....	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de niveles de stock (Fuente: Elaboración propia).....	17
Ecuación 2: Número de huecos según ubicación fija (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	18
Ecuación 3: Número de huecos según ubicación aleatoria (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)	18
Ecuación 4: Número de módulos de estanterías convencionales de palets según ubicación fija (Fuente: Elaboración propia)	51



I. MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del documento y objetivos asociados

El objeto de este proyecto es el diseño de un almacén central para una cadena de venta de material deportivo que sirve a una red de tiendas propia. La cadena en cuestión ha decidido externalizar el proceso de diseño del almacén proporcionando una hoja de cálculo para poder dimensionar el futuro centro logístico en función de los datos históricos de pedidos realizados. Así, esta base de datos procesada en información será la referencia, junto a los conocimientos adquiridos a lo largo del máster por el diseñador, para realizar el trabajo de una manera iterativa hasta llegar a un resultado adecuado para las necesidades del cliente.

El objetivo para este tipo de instalaciones, fundamentales para el funcionamiento de la empresa pero en las que se añade poco valor al producto, es **minimizar los costes cumpliendo un plazo de servicio de 5 días**. Además, se deberá tener en cuenta la evolución del sector para poder absorber variaciones en las necesidades a futuro.

Para ello, se deben contemplar todos los factores que afectan al coste de estas instalaciones y cumplir con los requerimientos de almacenamiento y de servicio diario de producto. Entre estos factores se encuentran, por un lado, los costes totales del almacén y, por otro lado, el plazo marcado por la empresa para cumplir con el nivel de servicio deseado (5 días). En cuanto a los costes totales, estos se diferencian en dos: de inversión inicial y de operación anuales. Así, se ha realizado un árbol de objetivos con los indicadores necesarios para cada subobjetivo que se muestra a continuación.

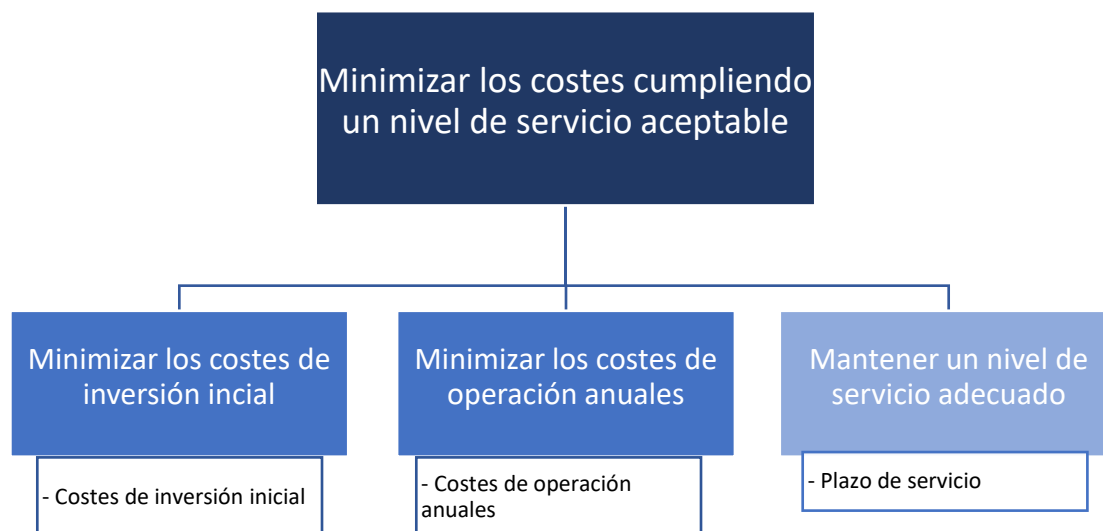


Ilustración 1: Árbol de objetivos (Fuente: Elaboración propia)

La empresa ha marcado que la **inversión inicial no puede superar 3 millones de euros y los costes anuales deben ser inferiores al millón de euros**. En cuanto al nivel de servicio adecuado se debe cumplir con un **plazo de servicio de 5 días**. El diseño de las diferentes configuraciones presentadas se basa en cumplir el plazo de reposición y luego se valorarán y compararán sus costes.



2. LA EMPRESA Y SU ENTORNO

En este apartado se presenta a la empresa. Para ello, no solo se resume la estrategia de la empresa, si no que se acota su problema definiendo el tipo de almacén necesario. Además, se tiene en cuenta también el efecto que pueda tener la evolución futura del mercado encuadrado en su sector.

2.1. Presentación de la empresa

Como ya se ha comentado anteriormente esta empresa se dedica a la venta de material deportivo a través de una red de tiendas que mantienen en propiedad. Su producto no está enfocado a una actividad específica si no que su modelo ataca a una amplia gama de productos que va desde la natación a la caza pasando por el tenis, la escalada y otros. Por ello, la variedad de producto que maneja es enorme.

Para poder abastecer los stocks de cada tienda, la dirección ha decidido montar un nuevo almacén central. Este centro de distribución estará ubicado a una distancia lo más equidistante posible de sus tiendas con el fin de dar servicio a toda la red. Por ello, el rendimiento de este será vital ya que todo el producto final que llegará a las manos de los clientes pasará sí o sí por estas instalaciones.

2.2. Tipología de almacén

Para empezar a acotar el problema planteado es necesario definir el tipo de almacén que la empresa necesita. Los almacenes se pueden clasificar de numerosas maneras, incluso se puede afirmar que cada almacén que existe en el mundo es diferente a cualquier otro ya que cada uno responde a unas necesidades únicas. Este apartado se centra fundamentalmente en la función logística que debe cumplir el objeto de este informe. Una clasificación suficientemente precisa es la presentada en “Los almacenes como nodos de la red logística Nota Técnica” (García Sabater, 2020), en la cual se definen siete tipos de almacenes posibles:

- **Almacén de Custodia a Largo Plazo:** su objetivo fundamental es estar lleno, ya que sus productos se aprecian con el tiempo y ahí es donde reside el beneficio.
- **Almacenes Cíclicos o Estacionales:** sirven para responder a una demanda constante de una producción, o de manera inversa, para responder a una demanda puntual que requiere de un espacio de tiempo largo para poder ser generada.
- **Centros de Consolidación:** interfaz entre muchos proveedores y un único cliente.
- **Centros de Ruptura:** recoge el producto generado por un único proveedor y lo reparte entre un gran número de clientes con necesidades diferentes.
- **Centros de Distribución:** es una combinación de los dos anteriores, donde existen varios proveedores y diferentes clientes.
- **Centros de Tránsito (Cross dock):** el objetivo de estos no es almacenar como tal si no que el producto esté en este el menor tiempo posible, repartiendo el transporte de la carga entre camiones con diferentes rutas.
- **Online-Retailers:** dan respuesta al crecimiento de la venta online, están muy especializados en pedidos de pocas líneas de pedido de pocas unidades con un catálogo enorme. El tiempo de respuesta al cliente es muy ajustado.

Después de haber hecho un breve resumen de todas las opciones, se va a entrar en mayor profundidad en el tipo que corresponde a este estudio: Centros de Distribución. En este caso el almacén recibe producto de muchos proveedores de material deportivo y su función es almacenar estos para después preparar pedidos para los diferentes clientes (tiendas en este caso). Estos pedidos son una combinación de toda la tipología de producto que hay en las instalaciones.

Para ello, la manera más adecuada de trabajar es tener dos zonas de almacenamiento diferentes según su función. Por una parte, se tiene la zona de reserva dónde se guardan los productos recibidos en palets. Por otra parte, la zona de picking dónde se fraccionarán los palets en diferentes “Stock Keeping Units” (SKU) para poder dar respuesta a los pedidos de los clientes. Estas SKU son de tres tipos: palets, cajas y unidades sueltas. En este caso, se puede observar que en los datos proporcionados por la cadena (Ilustración 32) sus líneas de pedido se dividen en tres SKU diferentes: palets, cajas y unidades. Operativamente, una parte clave es la reposición entre estas dos zonas. Adicionalmente a estas dos zonas de almacenamiento diferentes, se encontrará una zona de preparación de pedidos para poder dar forma a los pedidos de los clientes. Así, los pedidos de palets completos irán directamente hasta la zona de preparación desde la zona de reserva, en cambio, los pedidos de cajas y unidades irán desde la zona de picking dónde se habrán fraccionado los palets repuestos desde la zona de reserva para poder atender a las necesidades de los clientes. Se ha realizado un esquema básico (Ilustración 2) con el fin de facilitar la comprensión de esta operativa. Todo esto es una aproximación general que puede ser revisada a lo largo del trabajo.

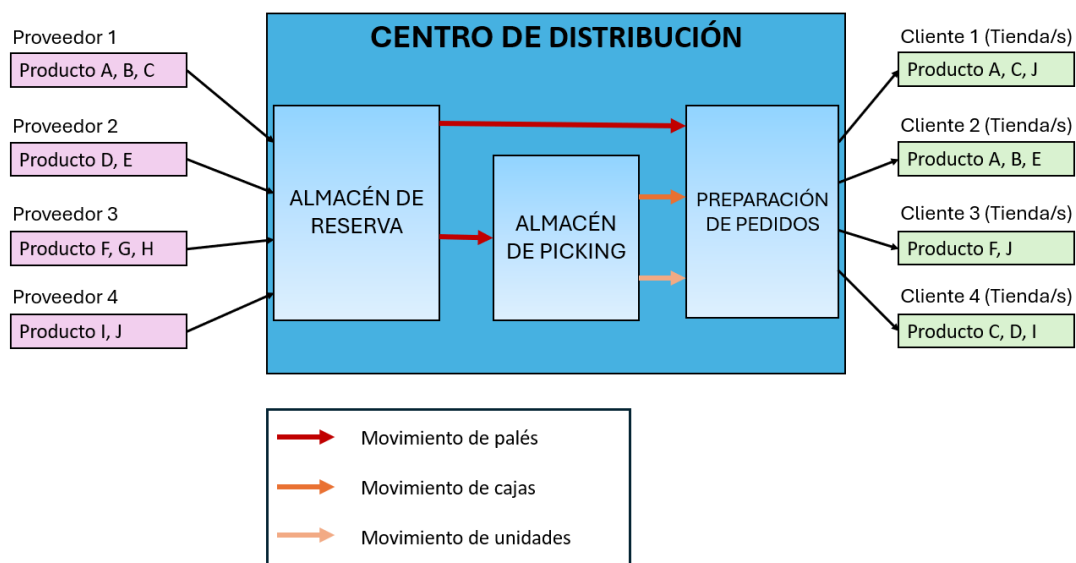


Ilustración 2: Centro de distribución teórico (Fuente: Elaboración propia a partir de (García Sabater, 2020))

2.3. Análisis del mercado

A la hora de diseñar un almacén es importante tener en cuenta que las necesidades con las que hay que cumplir pueden variar a futuro, por tanto, siempre será necesario valorar la predicción sobre la evolución del mercado del sector para el que se trabaja. El volumen de ventas de una empresa depende de la evolución en ventas del mercado en el que se ve enmarcado. Si este volumen de ventas aumenta y la empresa es capaz de absorberla, las necesidades del centro logístico también lo harán. De la misma manera, si el volumen disminuye las necesidades también lo harán pudiendo llevar a casos de sobredimensionamiento del almacén. Así, diseñar el almacén únicamente para el punto de partida con datos históricos puede ser un error grave.

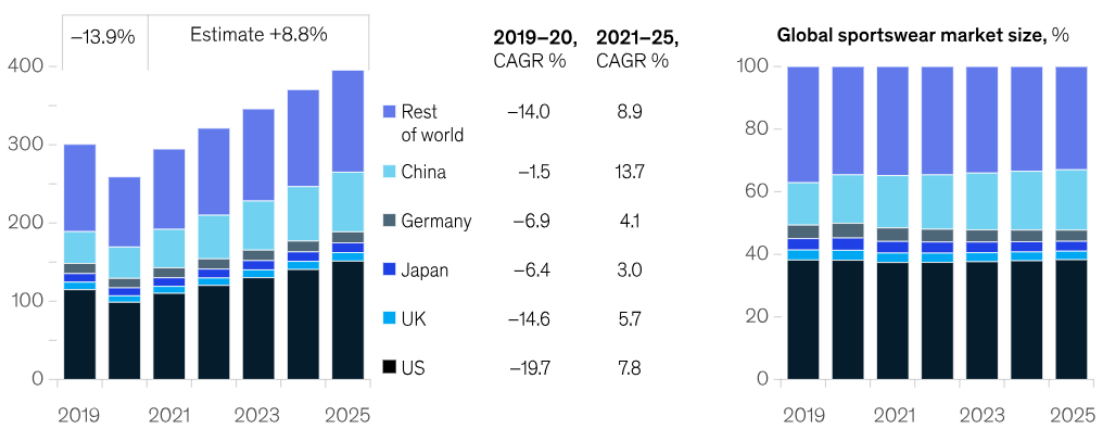
Por ello, se ha decidido hacer un análisis de la previsión de las ventas de material deportivo durante los próximos años. Aunque estas predicciones tienen un margen de error probable y habrá que tener en cuenta la capacidad de absorber y retener cuota de mercado por parte de la cadena, este análisis es una buena base para poder dimensionar de manera adecuada el almacén.

Para esta parte se han consultado dos artículos de prensa, uno de un diario de ámbito nacional y otro de una revista especializada en el sector en sí. El primero se fundamenta en predicciones macroeconómicas a nivel mundial, el segundo basado en las futuras ventas en la península ibérica: España y Portugal.

El primero, artículo de Europa Press (2022), hace referencia a las conclusiones del informe “Sporting Goods 2022 – The New Normal is here”, realizado por McKinsey & Company (2022). En este estudio se predice que a nivel mundial desde 2022 a 2025 crecería la facturación del mercado de artículos y equipamiento deportivo un 34% pasando de facturar 295.000 millones de euros a 395.000 millones de euros. Aun así, hay que tener en cuenta que gran parte de este crecimiento será absorbido por las potencias mundiales China y Estados Unidos. Se muestra a continuación un gráfico (Ilustración 3) del informe comentado con anterioridad.

The global sporting-goods market is expected to grow to €395 billion by 2025.

Global sportswear market size, € billion



Source: Euromonitor

McKinsey
& Company

Ilustración 3: Tamaño del mercado global de ropa deportiva (Fuente: WFSIG y McKinsey & Company)

El segundo, artículo de CMD Sport (2022) (revista especializada en deporte), hace hincapié en el estudio Sectores “Distribución de material deportivo” publicado por el Observatorio Sectorial DBK de Informa. Según lo presentado, tras una recuperación del 13,6% en el crecimiento en 2021 después de la caída del 10,6% en 2020 debido a la pandemia, el sector volvería a crecer en 2022 en torno a un 5% hasta alcanzar los 7.000 millones de euros de facturación en la zona peninsular.

Para confirmar estas tendencias, se ha buscado información en el instituto nacional de estadística de la evolución de la actividad correspondiente al CNAE 4764 “Comercio al por menor de artículos deportivos en establecimientos especializados”. Pese a no haber encontrado datos de facturación de la actividad en cuestión, sí que se han podido localizar datos de la cifra de negocios que confirman esta tendencia, al menos desde el año 2018 al 2022. Así, pese a la bajada en la cifra de negocio del año 2020 debida a la pandemia, el crecimiento durante este periodo se sitúa en torno al 15,45 % confirmando una tendencia que según expertos se anticipa más acusada a futuro. Además, el artículo comentado anteriormente predecía un aumento de un 5 % en la facturación del sector en el año 2022 lo que se confirma con un aumento del 10% en cifra de negocio. Se pueden observar los datos en la Ilustración 4.

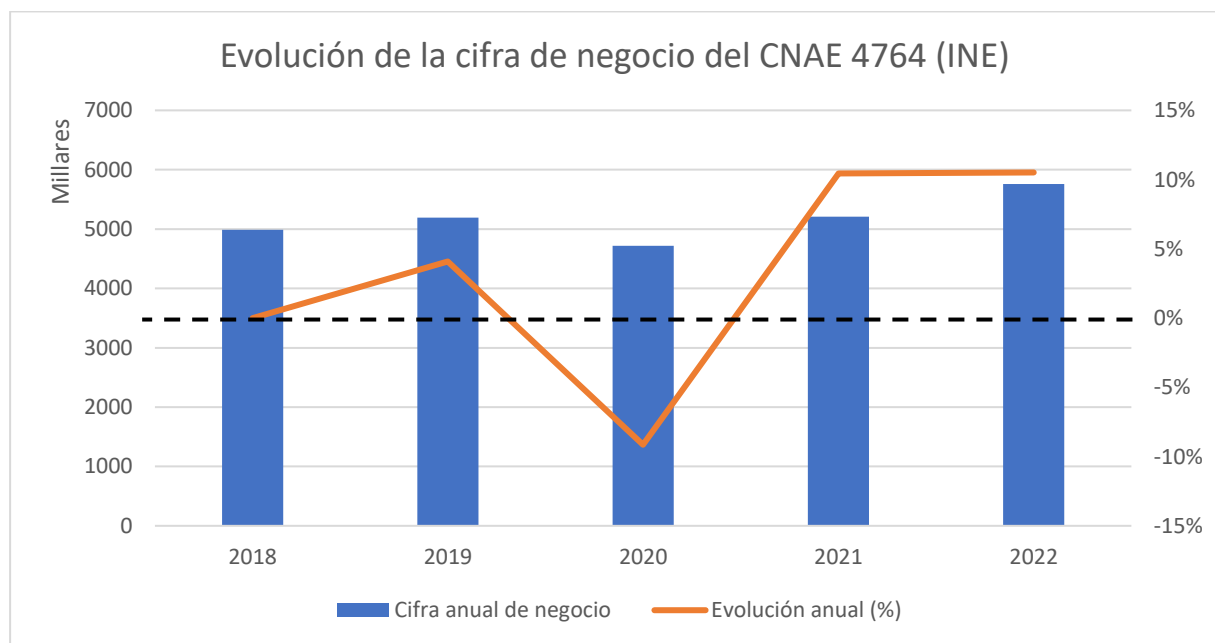


Ilustración 4: Evolución de la cifra de negocio del CNAE 4764 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística)

Habrà que tener en cuenta esta tendencia al alza del sector para poder dimensionar de manera precisa el almacén de la cadena. Así, a lo largo de este informe se tendrá en mente esta idea, aplicando cuando sea necesario factores correctores o similares cuando se cuantifiquen ciertos parámetros.

3. ANTECEDENTES TEÓRICOS

En este apartado se presentan diferentes conceptos y metodologías que aplican al diseño de almacenes y que han sido utilizados a lo largo del trabajo.

3.1. Metodología utilizada y estructura del documento

Existen múltiples metodologías aplicadas para el diseño de almacenes. En este caso, se ha decidido optar por una metodología que, tras obtener los requerimientos del cliente, trabaja de manera iterativa obteniendo diferentes alternativas con el fin de valorarlas al final para poder escoger la mejor opción. Se describen a continuación los puntos clave de esta metodología y se muestra un esquema representativo.

- **1. Requisitos:** Presentación de los requisitos por parte del cliente en los que se tienen en cuenta sobre todo los costes anuales y la inversión inicial aceptables.
- **2. Datos:** Obtención de datos históricos del perfil de stock y de pedidos, así como de su procesamiento con el fin de obtener las necesidades logísticas del sistema.
- **3. Definición del sistema:** Selección de los procedimientos, las tecnologías utilizadas (tanto de almacenamiento como de manutención), necesidades de mano de obra y distribución en planta.
- **4. Evaluación económica:** Obtención de estimaciones de costes anuales e inversión inicial de la alternativa realizada.
- **5. Iteraciones:** Definición de iteraciones realizando de nuevo los puntos 3 y 4 partiendo como base de las alternativas ya realizadas hasta alcanzar un número aceptable.
- **6. Selección final.** Comparación de las alternativas según los objetivos marcados y selección final.

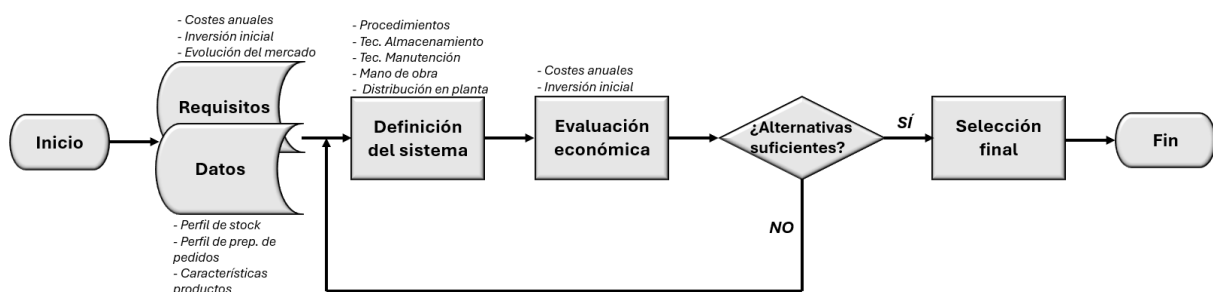


Ilustración 5: Metodología usada en el trabajo (Fuente: Elaboración propia adaptada de Manuel Cardós)

Como se puede observar en el esquema (Ilustración 6) que aparece a continuación, el documento se ha estructurado siguiendo esta metodología. Este grafismo se compone del esquema de la metodología de trabajo y del índice de los apartados principales. Se han redondeado por colores las diferentes partes de cada uno, interrelacionándolos entre ellos.

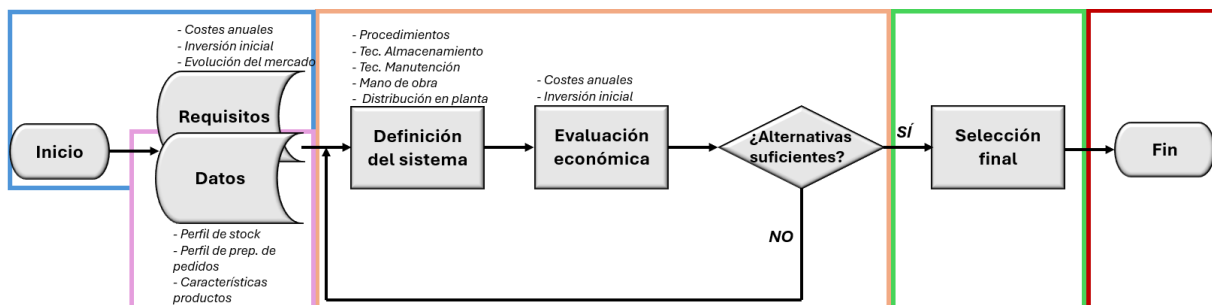
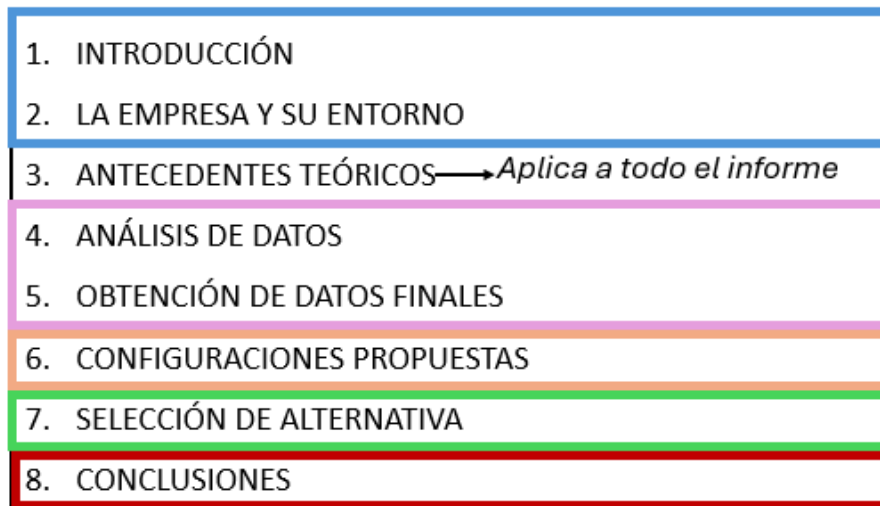


Ilustración 6: Estructura del documento basada en la metodología usada (Fuente: Elaboración propia)

3.2. Separación Reserva-Picking

Basándose en lo definido en “Diseñando Sistemas de Almacén Nota Técnica” (García Sabater, 2020), la separación entre el almacén de reserva y el de picking es uno de los conceptos básicos de gestión de almacenes más efectivos. Esto es debido a que tienen funciones distintas: el almacenamiento de reserva se basa en mantener existencias suficientes para responder a la demanda, en cambio, el picking se utiliza para preparar las líneas de pedido de una manera más ágil. Por ello, se utilizan diferentes equipos y distintas funciones del personal para cada caso.

Así, el producto se fracciona entre las dos zonas creando unidades de carga de distinto tamaño para facilitar la preparación de pedidos. Es verdad que existe entonces una “doble manipulación” del producto que podría significar una gestión menos efectiva, pero la mejora reside en la reducción del

recorrido y de la manipulación del producto a la hora de preparar los pedidos. A continuación, se muestra una figura que resume la descomposición descrita.

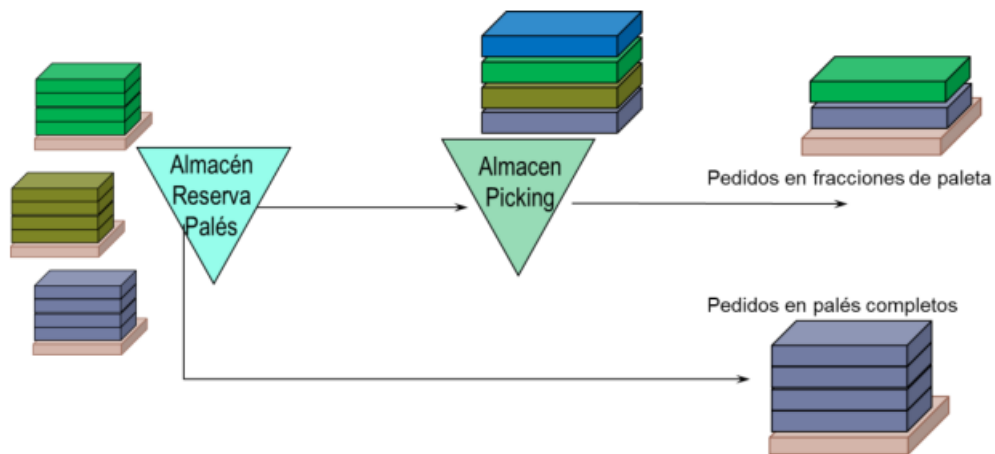


Ilustración 7: Descomposición de Unidad de Carga (Fuente: García Sabater, 2020)

Esta descomposición de unidades de carga puede tener dos configuraciones distintas: separación vertical y separación horizontal.

La separación vertical se basa en tener ambos tipos de almacenamiento en la misma estantería. En los estantes superiores se encuentra el producto de reserva almacenado en palets y en el suelo, a una altura razonable para la manipulación por parte del operario, el producto orientado al picking. En este caso el producto será repuesto utilizando una carretilla que permita bajar un palet nuevo cuando el stock de picking se haya terminado. Este tipo de separación es más conveniente si el número de referencias es relativamente bajo ya que una única referencia ocupará suficiente espacio.

La separación horizontal implica tener ambos tipos de almacenamiento en zonas distintas con medios de almacenamiento aplicados a su función si fuese posible. El punto más crítico de esta configuración es plantear un sistema adecuado de reposición entre zonas, evitando cruces de flujos de movimiento. Existen diferentes formas de atacar este problema, o bien diferenciando los pasillos de reposición de los de picking (por ejemplo, reponiendo por una parte de la estantería y realizando el picking por la otra) o bien separando temporalmente las actividades realizándolas en turnos distintos.



Ilustración 8: Separación Reserva Picking Vertical u Horizontal (Fuente: García Sabater, 2020)

3.3. Análisis ABC en los sistemas de almacén

El análisis y posterior clasificación ABC de los productos es una herramienta transversal para la mayoría de los sistemas de operaciones. En el caso de los almacenes su importancia crece debido a la cantidad de referencias que se manejan en estos. Por ello, es relevante clasificar los productos para poder dedicar la atención a estos que se merecen.

El análisis ABC se fundamenta en la regla de Pareto según la cual en un sistema complejo el estado es determinado por un número reducido de causas. En cuanto a los almacenes esto aplica a que un número reducido de referencias representa la mayoría de las existencias. Se la conoce también como la regla 80-20 donde el 80% de las existencias están generadas por el 20% de las referencias, aunque esta relación puede ser más acentuada llegando a niveles de 95-5. Queda decir que si no existe manera de homogeneizar los productos por las características físicas se suele recurrir a su valor económico en vez de a las existencias o similares.

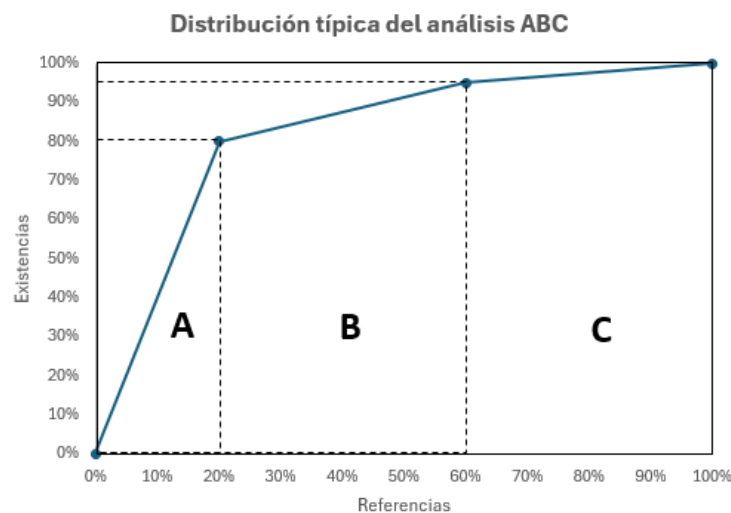


Ilustración 9: Distribución típica teórica del análisis ABC (Fuente: Elaboración propia)

Para los productos de la clase A se hará un seguimiento exhaustivo con recuentos cíclicos y evaluaciones frecuentes para reducir los plazos de servicio y mejorar el método de gestión utilizado. Con los productos tipo B se actuará parecido con respecto a los productos A, pero con frecuencias menores. En cambio, la regla básica para los productos de la clase C es que estén siempre disponibles, haciendo normalmente pedidos con cantidades relativamente elevadas en comparación con su utilización con recuentos poco frecuentes (anual) para no tener que consumir muchos recursos en su seguimiento.

3.4. Plazos de reposición

En el apartado anterior se explica una metodología para clasificar los productos según su volumen de venta para poder gestionar el stock con diferentes estrategias que permitan optimizar el funcionamiento del almacén siendo lo más común trabajar con tres tipos de grupos diferentes (A, B y C).



Un factor importante en las estrategias llevadas a cabo para cada familia es el plazo de reposición. Según el volumen de venta de cada familia por referencia se marcan plazos de reposición distintos. Por ejemplo, para volúmenes de venta relativamente bajos se pueden aplicar plazos de reposición más altos ya que estos productos no ocuparán demasiado espacio en el almacén y no hará falta tampoco realizar un control exhaustivo de estos. En cambio, para volúmenes de venta altos es necesario aplicar plazos de reposición más cortos que permitan tener un stock reducido para reducir el espacio necesario y poder llevar un control más preciso de las existencias. A nivel teórico, los rangos de plazos de reposición según las familias descritas en el apartado anterior son los siguientes:

- Tipo A: [2;5] días
- Tipo B: [1;4] semanas
- Tipo C: [5;10] semanas

3.5. Cálculo de niveles de stock

Unos valores esenciales a la hora de realizar un diseño de almacén son los diferentes niveles de stock. Son base fundamental para trabajar con el nivel de existencias adecuado para poder dar servicio a los clientes sin que se sobrepasen los valores aceptables de stock. En este caso concreto se tiene información sobre los niveles históricos de stock lo que permite utilizar la metodología descrita en este apartado.

Teniendo en cuenta las unidades de los datos aportados por la empresa se define la Ecuación 1 que permite obtener los niveles de stock. En ella, se multiplica la cantidad de productos vendidos al año por su volumen unitario por el stock en semanas y se divide por las semanas al año. Así, se obtiene un stock representativo en metros cúbicos.

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

Ecuación 1: Cálculo de niveles de stock (Fuente: Elaboración propia)

Siendo:

- i: productos de la familia j
- j: familia de producto (según actividad deportiva)
- k: mínimo o máximo, según el stock que se desea calcular

3.6. Regla del 85%

Una de las pocas reglas aplicables a la hora de dimensionar un almacén y quizás la más importante es la regla de 85%. En “Diseñando Sistemas de Almacén Nota Técnica” (García Sabater, 2020) se define esta regla como: “La utilización máxima del almacén debe de estar en el orden del 85% tanto en la ocupación de las ubicaciones como en la utilización de los medios de manutención”. Este límite es escogido de manera arbitraria para ambos casos.

En cuanto a los equipos de manutención, se utiliza para absorber el comportamiento poco predecible de las colas a partir de esos niveles de saturación. De todas formas, este límite se puede definir por debajo (por ejemplo el 50%) en el caso de que esta etapa afecte fuertemente al cuello de botella



creando un colchón de seguridad para las operaciones más críticas. También se puede definir por encima (incluso llegando al 95%) en procesos donde la variabilidad está controlada, la etapa está alejada del cliente y el proceso está fuertemente informatizado lo que permite un mayor control.

En cuanto a la ocupación de las ubicaciones este límite se escoge para poder ubicar los productos de manera lógica. Si se utilizase un valor próximo al 100% no existirían suficientes huecos libres para poder hacer esta colocación de material de manera ágil y ordenada lo que incrementaría indirectamente el nivel de saturación de los equipos de manutención aumentando el tiempo de operación lo que reduciría el nivel de servicio.

3.7. Ubicaciones necesarias por medio de almacenamiento

Para el dimensionamiento de los medios de almacenamiento es necesario definir que estrategia se lleva a cabo para definir su tipo de ubicación para poder maximizar la eficiencia del sistema de almacén. Existen tres tipos de estrategias de ubicación de los productos:

- Ubicación específica o fija: las referencias tienen un hueco propio asignado desde el punto de partida. Así, los productos estarán ubicados siempre en el mismo sitio facilitando la búsqueda de estos sin necesidad de tener un sistema informático que registre dónde se ubican. La principal desventaja es que se utiliza un volumen mayor de medios de almacenamiento ya que cada hueco de referencia tendrá que estar diseñada para el stock máximo de esta. Esto se puede observar en la Ecuación 2 que permite calcular el número de huecos.

$$N^{\circ} \text{ de huecos} = \sum_{\text{Referencias}} \left[\frac{\text{Stock máximo}}{\text{Capacidad del hueco}} \right]$$

Ecuación 2: Número de huecos según ubicación fija (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- Ubicación caótica o aleatoria: los productos se almacenan de una manera desordenada pero controlada en los huecos disponibles a la llegada del producto siguiendo un método predefinido. Esto aumenta la complejidad del sistema a cambio de reducir el volumen necesario para el almacenaje ya que los huecos necesarios se estiman utilizando el stock medio. Esta complejidad se puede absorber teniendo un sistema de gestión de almacenes adaptado que permita tener una localización y disposición de los productos precisa. La Ecuación 3 muestra la reducción de los huecos necesarios usando el stock medio siendo k un coeficiente de seguridad que varía entre el 10 y el 30%.

$$N^{\circ} \text{ de huecos} = (1 + k) * \sum_{\text{Referencias}} \left[\frac{\text{Stock medio}}{\text{Capacidad del hueco}} \right]$$

Ecuación 3: Número de huecos según ubicación aleatoria (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- Ubicación mixta: esta es una combinación de las anteriores. Así, según el tipo de producto y sus necesidades de almacenaje se escoge una u otra creando un sistema que será combinación de un conjunto de referencias con ubicación fija y otro conjunto con ubicación aleatoria.

3.8. Medios de almacenamiento

Existen muchos medios de almacenamiento en el entorno de los almacenes. Algunos de estos se describen en “Cap 4. Medios de almacenamiento” (Cardós Carboneras, 2020) y serán la base para la selección de lo que se implantará en el sistema diseñado:

- **Bloques apilados o almacenaje en bloques.** En esta configuración no hacen falta instalaciones como tal ya que se trata de apilar palets unos encima de otros en un espacio exterior dejando pasillos para poder tener acceso a los productos. Es el medio que requiere una menor inversión, pero solo se puede usar para determinados sistemas y productos: pocas referencias para no mezclarlas y productos apilables resistentes al aplastamiento y al ambiente exterior. Además, es muy complicado fraccionar la carga paletizada ya que se necesitan palets llenos para poder formar esta estructura.



Ilustración 10: Almacenaje en bloques (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Estanterías convencionales para paletización.** Esta es la configuración más habitual en almacenes donde el volumen de producto no es excesivamente alto. Son estanterías normales preparadas para contener palets de dimensiones estándar con solo un palet de profundidad permitiendo el acceso directo a la carga sin tener que mover ningún otro producto. Esto facilita la localización y el control de inventario de las referencias.



Ilustración 11: Estanterías convencionales para paletización (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

La distribución habitual de estas estanterías es de un acceso para las laterales y de doble acceso para las centrales, quedando por definir la anchura de los pasillos según el medio de manutención utilizado.

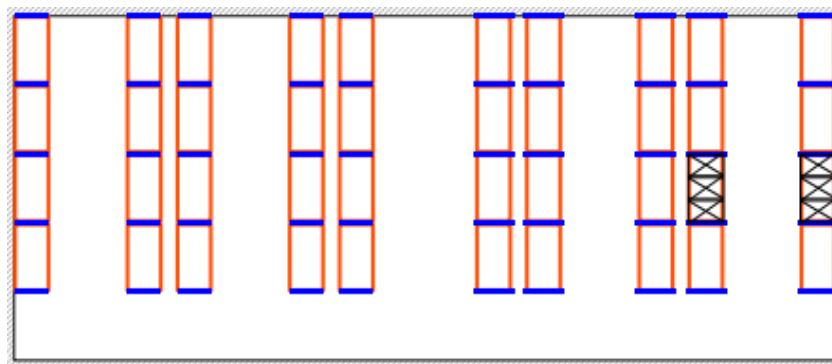


Ilustración 12: Distribución habitual de estanterías convencionales (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Estanterías convencionales para picking.** Actúan de manera muy similar a las estanterías para paletización siendo la diferencia más notable que las dimensiones de los huecos están adaptadas para los SKU de los productos de picking con una altura razonable para el alcance de los operarios según el equipo de manutención.



Ilustración 13: Estanterías convencionales para picking (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Estanterías compactas.** Son parecidas a las estanterías convencionales, pero en este caso en vez de estantes se tienen vigas colocadas de manera longitudinal permitiendo que las carretillas entren o pasen por dentro de la fila de estanterías. Se consigue así un aumento de la capacidad gracias a un aprovechamiento mayor de la superficie y del volumen. Pero existen inconvenientes: no adecuado para cargas pesadas por estar únicamente apoyados en los laterales, baja flexibilidad ya que se necesita una unidad estándar de palet y su accesibilidad se ve reducida y suelen permitir solo el LIFO (“Last In First Out”) lo que puede afectar a las caducidades y las garantías. También necesitan un número elevado de palets por referencia.



Ilustración 14: Estanterías compactas (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Estanterías dinámicas.** A diferencia de los comentados anteriormente, este es un sistema de producto a operador donde existen dos pasillos en las dos partes accesibles de la estantería. Por una se depositan los productos y por la otra se recogen gracias a una ligera inclinación del “estante”, que es más bien una estructura metálica con rodillos o roldanas, que permite el movimiento de la carga gracias a la gravedad. Esta misma rampa no sirve solo para facilitar el movimiento del producto si no que gracias a su longitud permite el almacenamiento de la carga. Además, este sistema permite una rotación adecuada ya que es un sistema FIFO (“First In First Out”).



Ilustración 15: Estanterías dinámicas (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Estanterías móviles.** Esta configuración intenta aprovechar lo mejor de las estanterías convencionales y las compactas a la vez. Para ello, las estanterías se colocan sobre carriles para poder desplazarlas. Al desplazarlas se pueden abrir pasillos entre ellas para poder coger la carga necesaria y a la vez juntar las estanterías que no se van a usar en ese momento. Se tiene entonces una alta accesibilidad como en los sistemas convencionales y un alto aprovechamiento del espacio como en los sistemas compactos. El mayor inconveniente son las altas inversiones necesarias, pero también hay que tener en cuenta que el control de existencias se complica debido a la escasa visibilidad y que solo se puede acceder a un pasillo cada vez por bloque lo que ralentiza la manutención.



Ilustración 16: Estanterías móviles (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Estructuras “miniload”.** Es un tipo de sistema de almacenamiento y recuperación automatizado donde el producto se mueve hacia el operador. Se compone de un sistema acoplado a las estanterías donde un transelevador se desplaza de manera horizontal y vertical ofreciendo al final el producto al operador después de realizar los movimientos necesarios. Es un sistema que agiliza la manutención pero que necesita un gran volumen de venta para ser rentable.

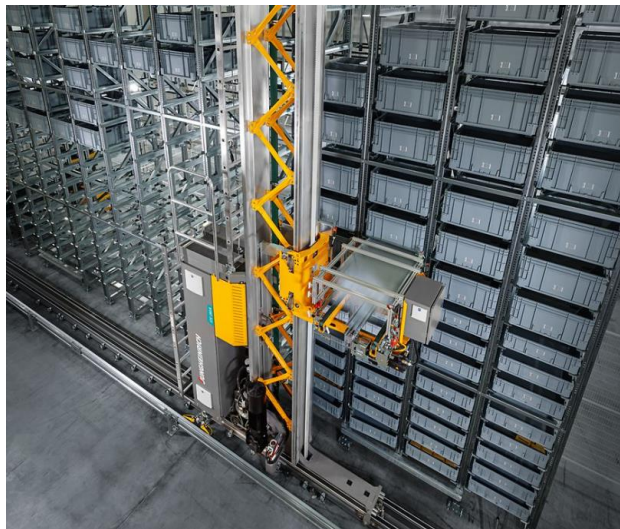


Ilustración 17: Estructuras "Miniload" (Fuente: Jungheinrich, 2024)

- **Almacenes rotativos.** Están enfocados en el método de producto a operador. Diseñados para productos de volumen pequeño con rotación media-alta (no útiles para rotaciones muy altas), estos almacenes se componen de sistemas rotativos de estantes donde se encuentran los productos y permiten el acceso del operador a uno de ellos accediendo al producto que se requiere. Existen dos tipos según su movimiento: verticales y horizontales. Permiten un fácil control de las existencias y, si se controlan bien las ubicaciones, un ritmo de manutención alto. Conllevan también una inversión alta y un mantenimiento costoso.



Ilustración 18: Almacenes rotativos: vertical y horizontal (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Dispensadores (A-frame).** De nuevo son sistemas de producto a operador. Son dispensadores que depositan los productos sobre cintas transportadoras que acercan el producto al operador. Se denominan “A-frame” ya que se disponen enfrentados sobre la misma cinta dejando una forma de “A” en la vista de perfil. Son útiles para productos de tamaño reducido.



Ilustración 19: Dispensadores A-Frame (Fuente: Mindugar, 2024)

- **“Automated Guided Vehicles” (AGV).** Otro sistema de producto a operador donde lo que se mueve en este caso son vehículos en sí gracias a sistemas de guiado automático pudiendo acercar, por ejemplo, la estantería donde se encuentra el producto deseado al operador. Son cada vez más comunes en grandes multinacionales que necesitan un ritmo de servicio muy alto con una variedad de producto muy alta también. Los grandes inconvenientes es que necesitan una inversión muy elevada debido al diseño y la tecnología necesarios, por ello, solo grandes empresas con un volumen de venta enorme pueden generar rentabilidad de estos sistemas.



Ilustración 20: AGV (Fuente: Boreal 4.0, 2024)

3.9. Medios de manutención

Lo primero a comentar en este apartado es que ciertos equipos definidos en el apartado anterior están a caballo entre este y ese y podrían haber acabado encuadrados en esta parte. Las estructuras miniload, los almacenes rotativos, dispensador A-frame y los AGV son equipos de almacenamiento que a la vez cumplen con la función de manutención ya que se centran en el método de producto a operador.

A continuación, se resumen los medios de manutención que más se adaptan al caso presentado descritos en “Cap 5. Medios de manutención” (Cardós Carboneras, 2020). Se va a encuadrar estos equipos en dos tipos: los que no se trasladan y los que sí. Se empieza definiendo los primeros:

- **Cintas transportadoras.** Estos equipos permiten el flujo continuo de productos en su seno. Los artículos viajan encima de una cinta que se mueve constantemente y a través de un circuito prefijado llegan al operario que tiene que recogerlos. Existen varias tecnologías para el movimiento de los materiales: rodillos, cinta, cadenas... El principal inconveniente es que crea una barrera física que impide a los demás medios móviles del almacén cruzarla. Además, se necesita un volumen de venta suficientemente alto para que el rendimiento del sistema permita incorporar esta tecnología.



Ilustración 21: Cintas transportadoras (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Electrovías.** Este sistema es un circuito acoplado al cerramiento superior por donde se desplazan los elementos de manera aérea por ello se necesitan techos lo suficientemente altos. Es una tecnología que, aunque en algún caso se ha utilizado para sistemas de almacén, se enfoca más en el circuito que recorre pasando por distintos puestos de trabajo y recorriendo una variedad de recorridos bastante escasa por eso se enfoca más a líneas de producción.



Ilustración 22: Electrovías (Fuente: Mecalux, 2024)

A continuación, se describen los medios que se desplazan:

- **Transpaletas manuales o eléctricas.** Son medios diseñados exclusivamente para el transporte de palets. Se utilizan en almacenes u operaciones de poca altura, por ejemplo en la carga y descarga de camiones. Para el caso de las manuales, el operario se traslada sobre el suelo, pero en el caso de las eléctricas existen algunos diseños que permiten al operario trasladarse montado en ella aumentando así la velocidad de desplazamiento. Además, sobre todo las manuales, se usan en desplazamientos relativamente cortos del orden de menos de 40 metros.



Ilustración 23: Transpaletas: manual y eléctrica (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Apiladores.** Similares a los anteriores solo que pueden elevar la carga a mayor altura lo que les permite trabajar con estanterías. Normalmente se utilizan en zonas periféricas a la carga y descarga de los medios de transporte.



Ilustración 24: Apilador (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Carretillas contrapesadas.** Las carretillas contrapesadas son vehículos en los que el operario suele ir sentado que tienen un contrapeso en la parte posterior para evitar el vuelco de estas durante la elevación de la carga. Pueden alcanzar alturas de hasta 7 metros equivalentes aproximadamente a la altura de su mástil.



Ilustración 25: Carretilla contrapesada (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Carretillas retráctiles.** Son carretillas contrapesadas cuyo mástil se puede recoger tanto en vertical como horizontal facilitando la maniobrabilidad de estas pudiendo pasar por zonas de menor altura o más estrechas. Existen configuraciones que permiten superar los 7 metros de altura límite para las carretillas contrapesadas. Así, otra ventaja es que la anchura de los pasillos puede ser inferior.



Ilustración 26: Carretilla retráctil (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Carretilla trilateral de pasillo estrecho.** Estas son capaces de tomar y depositar cargas en tres posiciones distintas: lateral izquierda, lateral derecha y frontal. Esto permite trabajar con anchos de pasillo muy estrechos (aproximadamente 1 metro menos que las retráctiles).

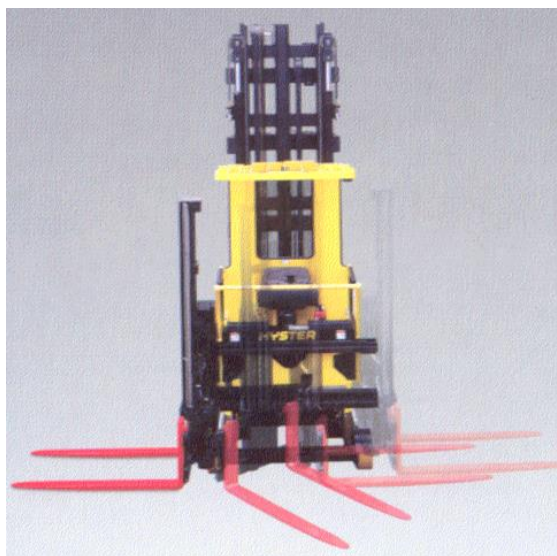


Ilustración 27: Carretilla trilateral de pasillo estrecho (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Carretillas recogepedidos.** Estas carretillas están diseñadas especialmente para la preparación de pedidos, es decir, el picking. Tienen una configuración parecida a la de las carretillas convencionales donde el operario va subido en la carretilla para poder desplazarse y recoger las líneas de pedido, incluso si están a una altura razonablemente alta.

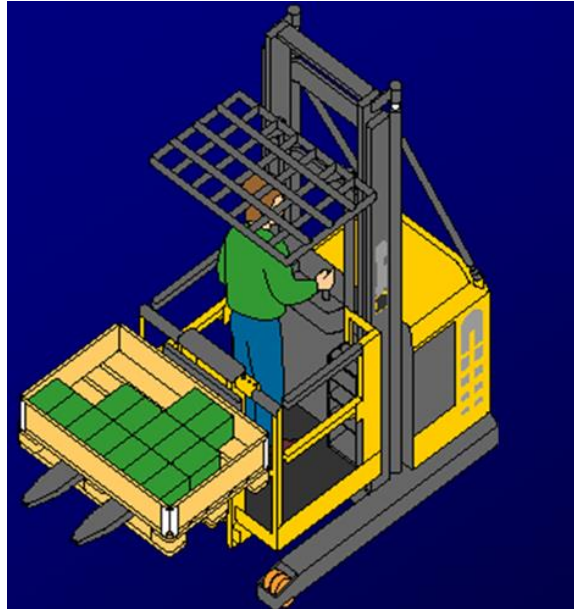


Ilustración 28: Carretillas recogepedidos (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

- **Carros recogepedidos.** Estos son carros sencillos con una estructura simple donde el operario va empujando la carga mientras se encarga de preparar el pedido recogiendo los artículos en la zona correspondiente.



Ilustración 29: Carros recogepedidos (Fuente: Cardós Carboneras, 2020)

Se presenta ahora la Tabla 1 con costes orientativos, anchos de pasillo y tasas de actividad para el conjunto de medios descritos que puede ser de utilidad durante el diseño del almacén.

Equipos	Coste	Ancho pasillo	Tasa de actividad
Transpaleta Manual	300 €	1,5 metros	15 palés/hora
Carretilla Contrapesada (5m)	15.000 €	3,5 metros	25 palés/hora
Carretilla Contrapesada (6m)	16.000 €	3,5 metros	25 palés/hora
Carretilla Contrapesada (7m)	17.000 €	3,5 metros	25 palés/hora
Carretilla Retractiva (5.3 m)	20.000 €	2,7 metros	20 palés/hora
Carretilla Retractiva (6 m)	21.000 €	2,7 metros	20 palés/hora
Carretilla Retractiva (7 m)	22.000 €	2,7 metros	20 palés/hora
Carretilla Retractiva (8 m)	23.000 €	2,7 metros	20 palés/hora
Carretilla Retractiva (10 m)	24.000 €	2,7 metros	20 palés/hora
Carretilla Trilateral de Pasillo Estrecho (14m)	100.000 €	1,8 metros	40 palés/hora
Transpaleta eléctrica	3.500 €	1,8 metros	50 líneas/hora
Carretilla RecogePedidos	25.000 €	1,8 metros	60 líneas/hora
Transpaleta Recogepedidos (2a altura)	11.000 €	2,5 metros	30 líneas/hora
Carro Recogepedidos	500 €	1,8 metros	40 líneas/hora
Mini Load (<10 m altura)	150000 € + 25 €/cell	0,8 metros	100 líneas/hora
Vehículo Guiado Automáticamente (AGV)	75.000 €	3,5 metros	20 palés/hora
Carrusel vertical (4mx2mx5m)	35.000 €	-	100 líneas/hora
Carrusel horizontal (14mx2,5mx2m)	45.000 €	-	100 líneas/hora

Tabla 1: Medios de manutención y sus características (Fuente: Elaboración propia a partir de (García Sabater, 2020))

3.10. Picking

El picking habitualmente maneja una operativa más compleja que el funcionamiento del almacén de reserva. Por ello, existen múltiples estrategias que son aplicables para dar forma a la metodología de trabajo. Se divide esta parte en dos. Primero, se da respuesta a la pregunta ¿cómo se organiza el modo de trabajo de los operarios en la preparación de pedidos? Después se contesta a ¿cuál será el tipo de comunicación entre operario y sistema para la recogida y seguimiento de los productos? Para resolver estas preguntas se hace uso de “Introducción al Picking Nota Técnica” (García Sabater J. , 2020).

3.10.1. Organización del picking

Existen 5 tipos fundamentales de sistemas de picking que a su vez pueden ser combinables entre ellos:

- **Picking individual.** En este caso el operario recoge los productos individualmente trasladándolos posteriormente a la zona donde se encuentra el resto del pedido. Así, existen tantos desplazamientos como líneas de pedido tiene la orden. Suele ser útil en los casos en los que los pedidos tienen pocas líneas, el almacén es grande y los productos son físicamente muy diferentes.
- **Picking por pedido.** El operario recoge todas las líneas de pedido de una misma orden y después la deposita en la zona de preparación de pedidos. Es importante que el recorrido que se va a realizar se optimice para reducir el desplazamiento. Además, se debe de garantizar que la secuencia de recogida de productos sea viable priorizando los productos más grandes y



pesados primero para que se coloquen abajo y luego recoger los productos más ligeros que se pondrán encima de los primeros.

- **Picking zonal.** El operario se especializa en una zona recogiendo todas las líneas de pedido que se ubican en esta. Más tarde se juntan todos los conjuntos preparados por los operarios de cada zona existiendo dos posibilidades para ello. La primera, denominada “Pick and Pass”, funciona de tal manera que el picker realiza la parte del pedido de su zona y pasa el carro al operario de la siguiente zona. Así, el pedido va pasando consecutivamente de zona hasta finalizar el pedido. La segunda, llamada “Pick and Merge”, los pickers de cada zona recogen las líneas de pedido y las llevan a la misma zona donde se junta todo el pedido.
- **Picking por lotes.** En este caso se recogen varios pedidos de tamaño pequeño a la vez para aprovechar el recorrido realizado por el operario. Se puede ir separando los pedidos durante el proceso de picking si se cuenta con equipamiento adaptado para esta tarea o si no habrá que tener una operación de sorting aguas abajo del proceso.
- **Picking por ola.** Es parecido al caso anterior pero ahora se recogen todos los pedidos de un determinado periodo. En este caso no se podrá realizar la separación por pedidos durante el picking y será obligatorio tener un sistema de sorting que reagrupará los productos según pedidos.

3.10.2. Comunicación al operario

La comunicación entre el operario y el sistema es fundamental para evitar errores a la hora de hacer los pedidos y para llevar un control adecuado del nivel de stock de cada referencia. Esta comunicación es de doble sentido, donde el sistema dice al operario cuánto y de dónde debe coger el producto y el operario responde cuánto ha cogido. Esta puede ser de varios tipos:

- **Picking con papel.** Se le facilita al operario una lista con las líneas de pedido que debe recoger y normalmente este va tachando las líneas que ya ha recogido. Gracias a su flexibilidad y, según el entorno, sigue siendo una estrategia comúnmente utilizada, sobre todo en PYMES.
- **Picking con pad.** Esta es una evolución del anterior donde se sustituye el papel por una pantalla. En este caso hay más opciones de trabajo por ejemplo mostrando al operador línea de pedido tras línea de pedido sin que pueda pasar a la siguiente si no ha recogido la anterior lo que reduce el número de fallos en el picking. Normalmente el picker confirma la recogida mediante la lectura del código de barras correspondiente.
- **Pick to light.** Este sistema necesita de una instalación lumínica bastante costosa donde para cada referencia habrá una luz que se ilumine para mostrar al operario que producto debe recoger en ese momento. El picker confirma la recogida apretando un botón.



- **Pick by voice.** El operario va equipado con unos auriculares que le permiten escuchar los productos que debe recoger confirmando posteriormente mediante un micrófono que el producto ha sido obtenido.
- **Pick by vision.** El picker lleva puestas unas gafas de realidad aumentada que indican que productos debe recoger y es el propio sistema el que reconoce que productos y en qué cantidad se han cogido.



4. ANÁLISIS DE DATOS

Una parte fundamental de este trabajo es la hoja de cálculo proporcionada por el cliente donde se encuentran datos históricos de los pedidos realizados al antiguo almacén en el periodo de un año. Estos datos procesados de la manera adecuada permitirán obtener la información necesaria para poder dimensionar el centro de distribución con suficiente precisión. En esta parte se presenta la estructura de la hoja facilitada con sus consiguientes partes. Más tarde, se obtienen datos base tanto para el perfil de inventario como para el perfil de preparación de pedidos.

4.1. Hoja de cálculo

Como ya se ha comentado, para poder dimensionar el almacén la empresa ha facilitado una hoja de cálculo con tres partes diferentes de datos históricos del último año: familias de producto, inventario y pedidos. Para entender el análisis y desarrollo del diseño es necesario entender de dónde procede la información trabajada. Se presenta a continuación, brevemente, las diferentes partes de esta hoja de cálculo.

Primero, se encuentra el índice de familias de producto que vende el cliente. Estas familias están categorizadas de la letra mayúscula A hasta la letra H, siendo el conjunto de familias el que se muestra en la Ilustración 30.

O	DESCRIPCION
A	gimnasio
B	escalada
C	ciclismo
D	natacion
E	tenis
F	caza
G	pesca
H	pelota

Ilustración 30: Índice de familias de producto (Fuente: Elaboración propia)



Después, se encuentra una tabla con datos sobre el stock del antiguo almacén durante el último año, incluyendo la venta según referencia de producto. El número de referencias que contiene es de 14.066. Se puede observar las diferentes columnas que aportan información extra para cada referencia en la Ilustración 31, se muestran únicamente las 7 primeras referencias a modo de ejemplo. Estas columnas corresponden al código de la referencia, la familia a la que pertenecen, el coste unitario, las ventas anuales en unidades, el volumen unitario en litros, el plazo de aprovisionamiento previo a este trabajo, el stock mínimo semanal y el stock máximo semanal.

familia	ref	coste (€/ud)	venta (uds/año)	volumen (l/ud)	plazo aprovi (días)	stock minimo (semanas)	stock maximo (semanas)
D	1	2,38	28	0,83	14	1	5
E	2	0,02	330	0,03	7	2	5
H	3	0,04	13	0,62	15	2	4
H	4	0,00	760	3,49	17	1	3
H	5	0,08	1	0,33	11	2	5
D	6	21,22	33	0,30	12	1	3
B	7	4,58	499	0,33	3	1	3

Ilustración 31: Datos de stock (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, en la última hoja tabla aparecen datos sobre los pedidos de los 248 días que estuvo el almacén en marcha durante el último año. Aquí se tienen las líneas de pedido y las cantidades pedidas, ambas divididas en tres diferentes “Stock Keeping Units” (SKU): palets, cajas y unidades. Se adjunta la Ilustración 32 en la que se muestran los siete primeros días a modo de ejemplo.

dia	lineas de pedido			Cantidades pedidas		
	Palets	Cajas	Unidades	Palets	Cajas	Unidades
1	2	206	881	12	618	4.405
2	24	373	1.091	96	746	3.273
3	63	465	974	126	465	1.948
4	0	174	1.189	0	696	8.323
5	5	421	1.448	15	1.263	10.136
6	6	163	1.135	12	978	4.540
7	23	159	1.463	138	1.272	2.926

Ilustración 32: Datos sobre pedidos (Fuente: Elaboración propia)



4.2. Perfil de inventario

Para obtener los valores de las tablas presentadas en este apartado se han utilizado los datos proporcionados en la hoja de cálculo proporcionada por la empresa (Apartado 4.1).

Como punto de partida para analizar el perfil de inventario se decide agregar los datos por familia para poder analizar el comportamiento del inventario según estas. Así, se puede observar el peso de cada familia de producto dentro de la distribución. Además, se detalla las características globales del inventario. En una primera tabla (Tabla 2), se presentan el número de referencias y las unidades vendidas por año y por año y referencia.

FAMILIA	DESCRIPCION	REFERENCIAS	VENTAS (uds/año)	VENTAS (uds/año/ref)
A	Gimnasio	1621	197378	121,76
B	Escalada	1078	305728	283,61
C	Ciclismo	1998	491905	246,2
D	Natación	1237	319250	258,08
E	Tenis	1660	662267	398,96
F	Caza	2640	145204	55
G	Pesca	1089	277877	255,17
H	Pelota	2743	1217001	443,68
TOTAL		14066	3616610	2062,46

Tabla 2: Referencias y ventas por tipo de familia (Fuente: Elaboración propia)

Por comparación entre familias lo que más destaca en esta tabla son las ventas de unidades por referencia y año de los productos de caza con solo 55 unidades que es aproximadamente un quinto de la media (257,8 uds/año/ref). Esto puede ser explicado por ser productos de mayor coste y vida útil. Además, esta familia representa el menor número de ventas (145.204 uds/año) lo que es causa de este valor tan bajo. Esto es debido a que esta actividad es un nicho de mercado dentro del mundo del deporte. En cuanto al resto de valores por variable, todas se mantienen más o menos en el mismo rango.



Ahora se pasa a analizar el volumen de ventas en metros cúbicos. Se presenta a continuación una tabla con los volúmenes de venta por año y por semana.

FAMILIA	DESCRIPCION	REFERENCIAS	VOLUMEN VENTAS (m ³ /año)	VOLUMEN VENTAS (m ³ /semana)
A	Gimnasio	1621	56,833	1,093
B	Escalada	1078	127,177	2,446
C	Ciclismo	1998	18463,418	355,066
D	Natación	1237	159,015	3,058
E	Tenis	1660	322,834	6,208
F	Caza	2640	1391,893	26,767
G	Pesca	1089	2226,377	42,815
H	Pelota	2743	1239,695	23,84
TOTAL		14066	23987,242	461,293

Tabla 3: Referencias y volúmenes de venta por tipo de familia (Fuente: Elaboración propia)

Lo más interesante de esta tabla es el volumen de venta de los productos de ciclismo representando más de un 75% del volumen de ventas total. Esto es debido a que estos artículos suelen ser de gran tamaño. No es comparable el volumen de un traje de natación al de una bicicleta.

Es importante obtener estos datos para la distribución de los productos dentro del almacén. Por una parte, según sus características estos deberán ser ordenados por su forma o volumen. Por otra parte, organizar los productos por familia en diferentes zonas facilitará su búsqueda, agilizando las tareas de reposición y preparación de pedidos. Además, los productos serán separados según las ventas lo que ayudará para diferenciarlos por rotación.

Por último, se ha decidido realizar una tabla con los stocks máximos, mínimos e intermedios según familia de producto. Esto permite obtener una primera imagen de la cantidad de espacio que será necesaria para el almacén. Obviamente, esto es únicamente una aproximación y estos stocks serán tratados con más detalle durante el dimensionamiento del almacén.

FAMILIA	DESCRIPCION	STOCK MÍNIMO (m ³)	STOCK MÁXIMO (m ³)	STOCK PROMEDIO (m ³)
A	Gimnasio	2,362	6,274	4,318
B	Escalada	5,305	15,855	10,58
C	Ciclismo	805,147	1627,914	1216,531
D	Natación	5,978	17,905	11,942
E	Tenis	13,377	30,516	21,947
F	Caza	58,847	155,139	106,993
G	Pesca	103,056	199,732	151,394
H	Pelota	47,827	121,717	84,772
TOTAL		1041,899	2175,052	1608,477

Tabla 4: Niveles de stock por tipo de familia (Fuente: Elaboración propia)

4.3. Perfil de preparación de pedidos

4.3.1. Estacionalidad

Es importante conocer la evolución de la demanda a lo largo del tiempo para poder responder a las necesidades del cliente. Si, por ejemplo, la estacionalidad fuese un factor de mucho peso se debería tener a mano tácticas que permitiesen trabajar de diferentes maneras según la época del año. Se podría absorber esta diferencia aumentando o disminuyendo la mano de obra si los procesos no tienen una componente fuertemente automatizada. Si no, no habría más remedio que dimensionar el almacén para la época donde la actividad fuese mayor.

Para entender si la demanda es estacional o no se han realizado tres gráficas (Ilustración 33, Ilustración 34 e Ilustración 35) según tipo de SKU pedido a lo largo del año. Para ello, se ha tenido en cuenta la tabla facilitada por la empresa en la que se tiene, por una parte, las líneas de pedido y, por otra, las cantidades totales pedidas. En este caso, se ha escogido trabajar con las líneas de pedido para las cajas y las unidades sueltas y con las cantidades totales para los palets. Esto es debido a que se tiene en cuenta que para servir las cajas y las unidades sueltas con un único viaje o desplazamiento de producto es suficiente para servir todas las cantidades de la línea de pedido. En cambio, el desplazamiento de palets solo se podrá realizar de uno en uno.

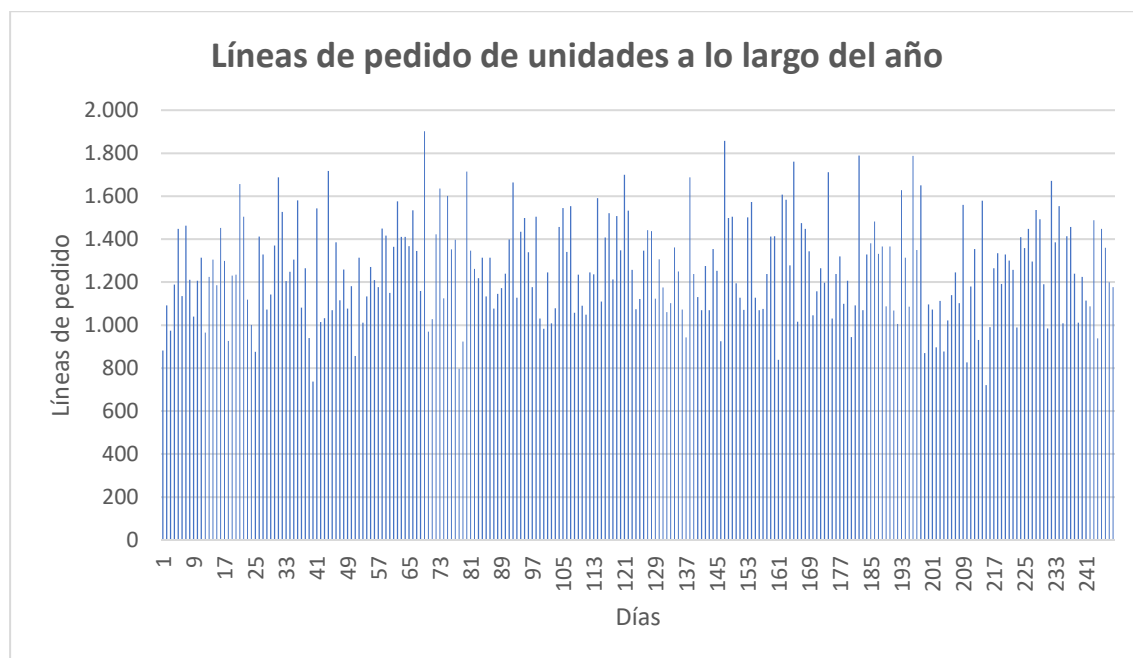


Ilustración 33: Líneas de pedido de unidades a lo largo del año (Fuente: Elaboración propia)

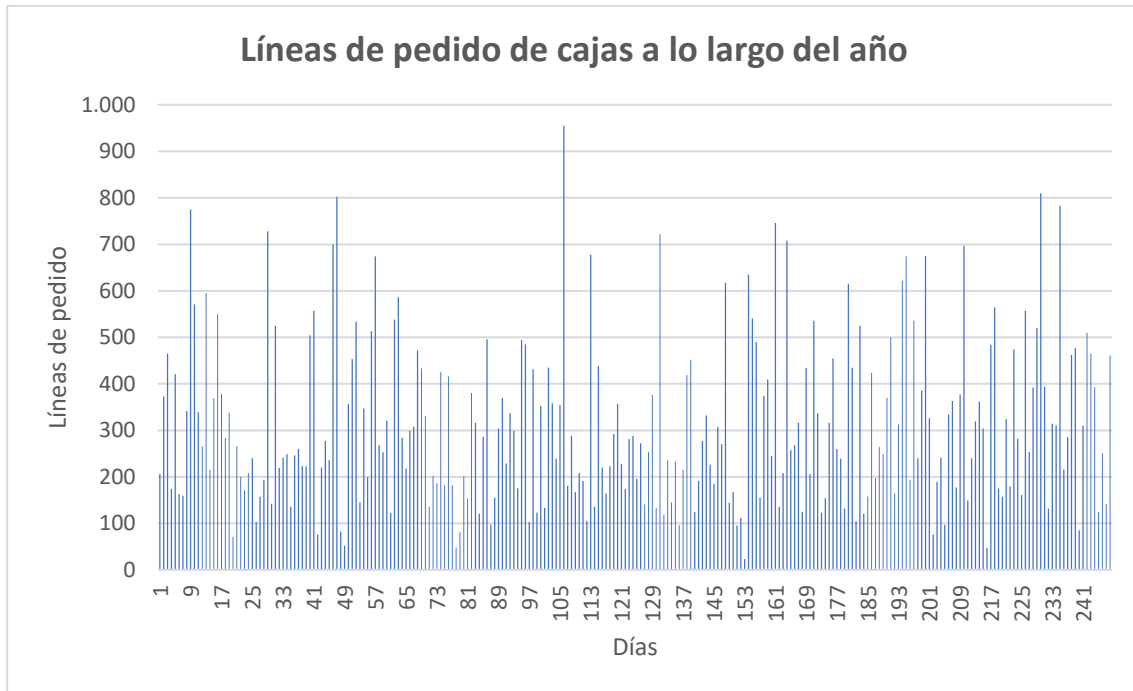


Ilustración 34: Líneas de pedido de cajas a lo largo del año (Fuente: Elaboración propia)

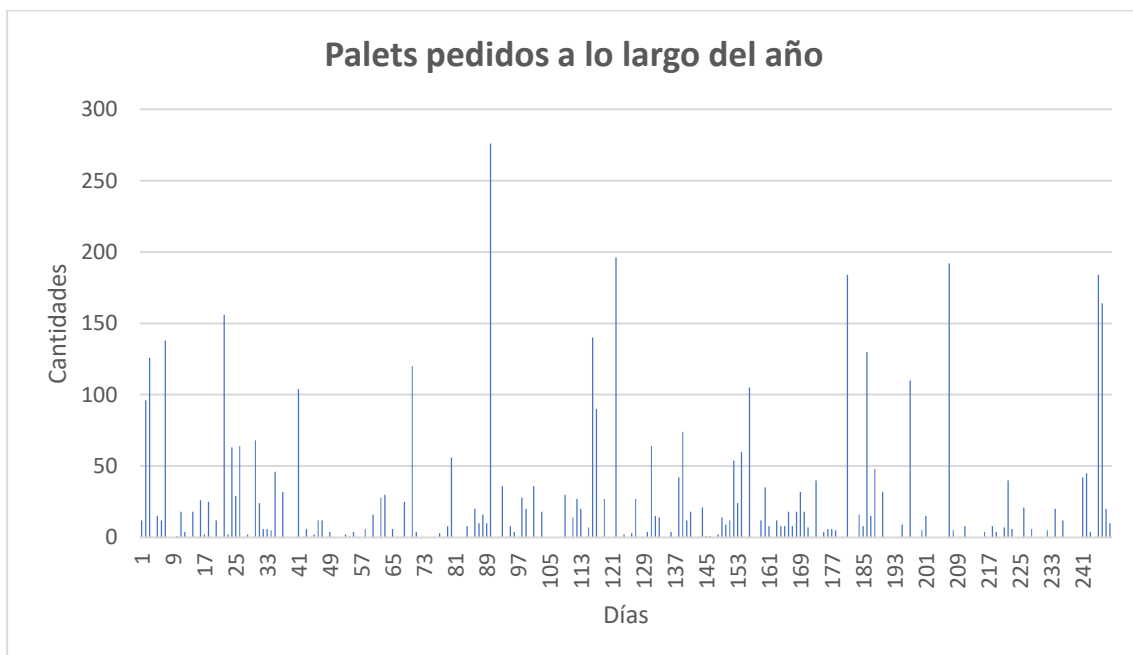


Ilustración 35: Palets pedidos a lo largo del año (Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar claramente que no existe ningún tipo de estacionalidad a la hora de realizar los pedidos por parte de las tiendas. Esto permite trabajar sin tener en cuenta este factor y las consecuencias logísticas que podría conllevar. Seguramente, si se hiciese este trabajo por familias de producto se podría encontrar este factor. Por ejemplo, no será equivalente la venta de material de natación durante invierno que durante verano. Aun así, no se dispone de esta información con lo cual no se puede contemplar en el diseño.



Lo que sí se puede ver es que conforme aumenta el tamaño del SKU la variabilidad es mayor, pasando de una tendencia relativamente estable para las líneas de pedido de las unidades sueltas a una gran diferencia diaria entre unidades de palets.

4.3.2. Preparación de pedidos

Para analizar la parte de preparación de pedidos se ha decidido continuar con la elección de analizar los datos según SKU, usando las líneas de pedido para las cajas y unidades sueltas y la cantidad para los palets. Se ha realizado una tabla con los valores mínimos, máximos y promedio.

	Máximo	Mínimo	Promedio
Palets (cantidad)	276	0	19
Cajas (líneas de pedido)	955	23	311
Unidades (líneas de pedido)	1.902	721	1.262

Tabla 5: Valores máximos, mínimos y promedios según SKU (Fuente: Elaboración propia)

Como es lógico, los valores aumentan según los SKUs se hacen más pequeños. Esta tabla, junto a los gráficos del apartado anterior, son una buena aproximación para tener una imagen general de la actividad del almacén, pero es insuficiente para poder dimensionar los medios de manutención necesarios.

Para poder calcular estos medios de manera adecuada hay que tener en cuenta la política de la empresa para cumplir con el nivel de servicio marcado. Concretamente, esta política es definida por el plazo de servicio establecido. En este caso, se tiene un plazo de servicio máximo de 5 días lo que significa que, desde que el almacén recibe el pedido por parte de la tienda, se debe enviar en un tiempo inferior a este plazo. Por ello, hay que calcular los valores correctos para poder obtener las cantidades necesarias de los medios de manutención escogidos en cada configuración. Estos valores son las producciones máximas durante 5 días consecutivos promediadas por día. Se escogen los valores máximos porque los medios de manutención deben calcularse en los picos de actividad para poder cumplir con el plazo incluso en la situación más desfavorable. Se muestra a continuación la tabla con estos valores según tipo de SKU.

	Producción máxima (5 días)	Producción diaria máxima
Palets (cantidad)	397	80
Cajas (líneas de pedido)	2545	509
Unidades (líneas de pedido)	7343	1469

Tabla 6: Producción diaria máxima por SKU (Fuente: Elaboración propia)

5. OBTENCIÓN DE DATOS FINALES

Tras haber analizado la hoja de cálculo proporcionada por la empresa y haber obtenido unos datos base para el perfil de stock y el perfil de preparación de pedidos se deben transformar para poder dimensionar los diferentes elementos del almacén. En este apartado, se clasifican las referencias utilizando la metodología ABC, se definen los formatos logísticos de estas y se obtienen los valores finales del perfil de stock y del perfil de preparación de pedidos.

5.1. Clasificación ABC

Como se ha comentado en el Apartado 3.3, es fundamental realizar una clasificación ABC de los productos con los que se trabaja. Esto permitirá utilizar diferentes estrategias de control y plazos de reposición de las referencias. Por ejemplo, los productos tipo A que representan un mayor volumen de rotación tendrán recuentos más frecuentes y plazos de reposición inferiores. En cambio, los productos tipo C al representar un volumen de venta pequeño tendrán plazos de reposición altos ya que el volumen de almacenamiento necesario no será significativo.

Al realizar esta clasificación se han llevado a cabo diferentes pasos para adaptar la teoría a este caso práctico:

- Primero, se han obtenido los valores de volumen de venta para los siguientes porcentajes que corresponden con las tres clases de producto (A, B y C): 80%, 15% y 5%.
- Después, se han buscado valores “redondos” que permitiesen marcar los límites para identificar las diferentes categorías. En esta etapa se han ordenado las referencias de mayor a menor según su volumen de venta agrupando más tarde estos para que la suma de su volumen corresponda a los valores obtenidos en el primer paso. Finalmente, se escogen valores arbitrarios cercanos a los límites de los grupos para marcar los límites “redondos”. Esto permite tener una clasificación más clara que permitirá, por ejemplo, clasificar nuevos productos que se añadan según su estimación de volumen de venta anual.
- Finalmente, se han obtenido los porcentajes prácticos de cada grupo, tanto en porcentaje de referencias como de volumen de venta.

Se muestra a continuación una tabla con los diferentes datos obtenido paso a paso y, además, un diagrama de Pareto de la clasificación ABC.

CATEGORÍA ABC	PORCENTAJE TEÓRICO	VOLUMEN DE VENTA TEÓRICO (m ³ /año)	LÍMITE DE VOLUMEN DE VENTA (m ³ /año)	VOLUMEN DE VENTA APLICADO (m ³ /año)	VOLUMEN DE VENTA APLICADO (%)	REFERENCIAS (Cantidad)	REFERENCIAS (%)
A	80%	19189,794	-	17872,789	75%	734	5%
B	15%	3598,086	10	4350,413	18%	895	7%
C	5%	1199,362	2	1764,042	7%	12437	88%

Tabla 7: Referencias y volúmenes de venta de la clasificación ABC (Fuente: Elaboración propia)

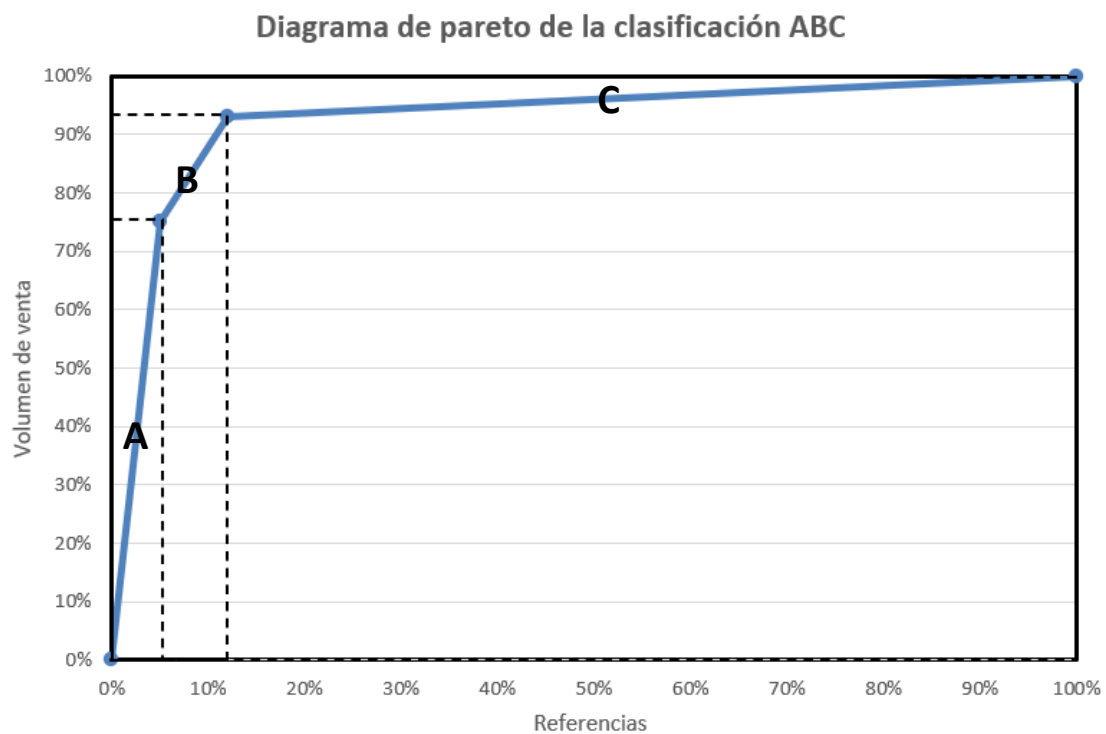


Ilustración 36: Diagrama de Pareto de la clasificación ABC (Fuente: Elaboración propia)

La relación más común al realizar este tipo de clasificaciones suele ser de 80-20, donde el 20 por ciento de las referencias generan el 80 por ciento de las existencias. En cambio, como se puede observar, en este caso se tiene una relación más acentuada. Los resultados de este análisis son los siguientes:

- Los productos de clase A, artículos con un volumen de venta superior a 10 metros cúbicos anuales, corresponden únicamente a un 5% de las referencias representando un 75% del volumen de venta.
- Los productos de clase B, entre 2 y 10 metros cúbicos de volumen de venta anual, corresponden a un 7% de las referencias representando 18% del volumen de venta.
- Los productos de clase C, artículos con un volumen de venta anual inferior a 2 metros cúbicos, corresponden a un 88% de las referencias representando únicamente un 7% del volumen de venta.

Esta clasificación y análisis posterior permiten **escoger los plazos de reposición** más adecuados según los rangos definidos en el apartado 3.4. Para las dos primeras clases (A y B), se tiene un número de referencias bastante bajo comparado con el volumen de venta. Lo que significa que son productos con una rotación muy alta y/o de volumen elevado y, por tanto, escoger plazos de reposición cortos permitirá reducir el volumen almacenado. Así, dentro de los rangos establecidos, se escogen los límites inferiores para los plazos de reposición, siendo de **2 días para los productos tipo A y 1 semana para los productos de tipo B**. De manera inversa, el número de referencias de tipo C (88%) es muy alto comparado con el volumen de venta representado (solo un 7%). Esto significa que son productos de baja rotación y/o volumen reducido lo que permite escoger un plazo de reposición alto ya que estos productos no ocuparán mucho espacio en el almacén. Se define entonces el límite máximo del rango habitual, es decir **10 semanas como plazo de reposición para los productos de tipo C**. Esta selección

de plazos de reposición permitirá más adelante definir los niveles de stock en las diferentes áreas del centro de distribución.

5.2. Clasificación por familia de producto y categoría ABC

En este apartado se combina la clasificación ABC de las referencias con la clasificación por familia de producto para obtener clases diferenciadas por ambas características. Como ambas comparten letras mayúsculas como código y para evitar confusiones se decide cambiar el código de la clasificación ABC a valores numéricos correspondiendo 1, 2 y 3 a A, B y C respectivamente. Se muestra a continuación una tabla con las categorías, sus cantidades de referencias y sus volúmenes de venta.

CATEGORÍA ABC	FAMILIA	REFERENCIAS	VOLUMEN DE VENTA (m ³ /sem)
1	A	0	0
	B	0	0
	C	642	15063,676
	D	0	0
	E	0	0
	F	14	259,974
	G	48	1926,637
	H	30	622,501
2	A	0	0
	B	0	0
	C	565	2958,021
	D	11	38,42
	E	31	105,204
	F	153	615,205
	G	50	234,806
	H	85	398,756
3	A	1621	56,833
	B	1078	127,177
	C	791	441,721
	D	1226	120,595
	E	1629	217,63
	F	2473	516,714
	G	991	64,934
	H	2628	218,438

Tabla 8: Referencias y volúmenes de venta por tipo de familia y clasificación ABC (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar, algunas familias de producto no tienen referencias que coincidan con la categoría 1 de la clasificación, e incluso para dos de ellas no existen referencias en la categoría 2. Esto podría parecer extraño a priori, pero indagando más profundamente sí que parecen valores lógicos. Observando la Tabla 3, los volúmenes de venta para estos productos (Gimnasio y Escalada) son muy

inferiores a los del resto. Se intuye que las referencias de estas familias no tienen un volumen de venta suficientemente alto para pertenecer a las categorías 1 y 2.

5.3. Formato logístico del proveedor

5.3.1. Palets estándar

Es importante obtener los valores de volumen útil para las diferentes configuraciones de palets. Con estos se podrá definir el formato logístico del proveedor que se detallará más adelante. Se van a calcular los valores para dos configuraciones distintas de palets: palet completo y medio palet. El valor más significativo que se muestra en las configuraciones (Ilustración Ilustración 37 y Ilustración 38) es el volumen útil que corresponde al volumen que se puede colocar por encima del palet dividido por un factor corrector de 1,2 con el que se tendrá en cuenta el embalaje y las holguras probables.

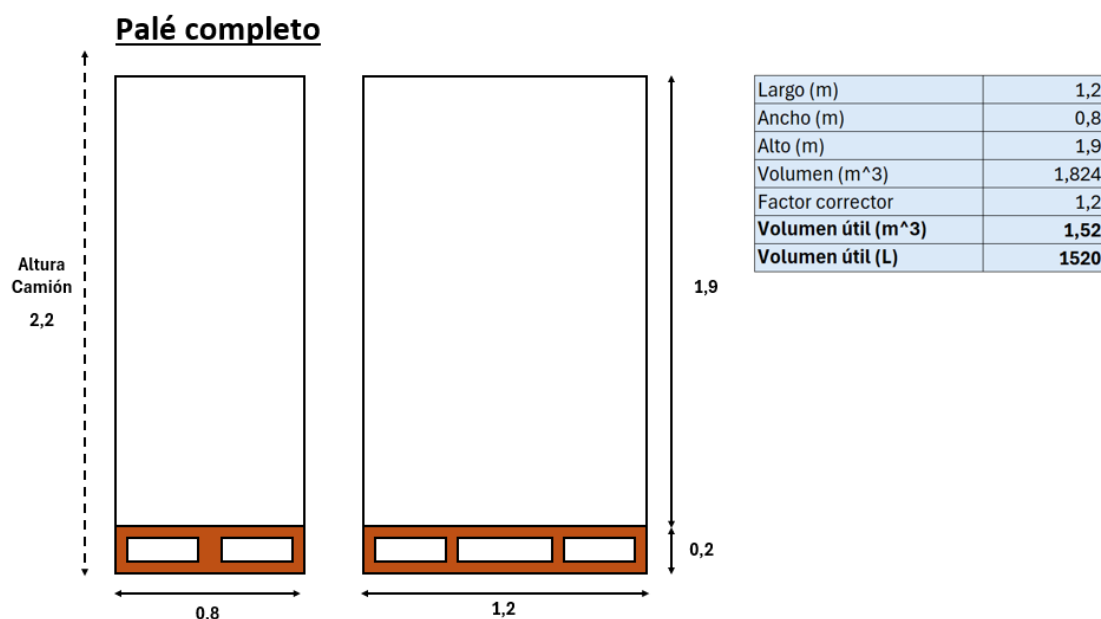


Ilustración 37: Palet completo estándar (Fuente: Elaboración propia)

Medio palé

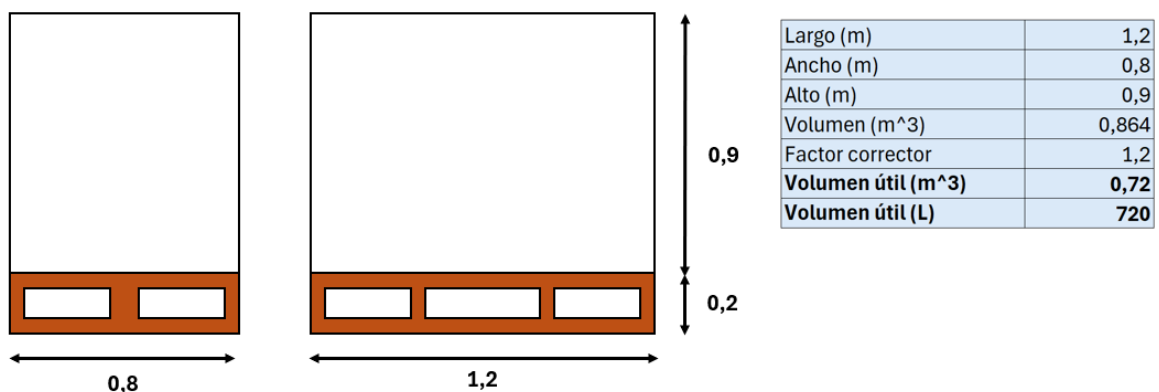


Ilustración 38: Medio palet estándar (Fuente: Elaboración propia)



Como se puede observar el volumen útil de un palet completo es de 1,52 metros cúbicos y el de medio palet es de 0,72.

5.3.2. Formato logístico

El formato con el que los productos entran en el almacén es un factor importante a tener en cuenta a la hora de dimensionar un almacén. Dependiendo del volumen de los productos que los proveedores entregan en el centro estos pueden estar organizados en dos configuraciones diferentes de palets: palets mono-referencia y palets multi-referencia. Los primeros corresponden a palets donde se encuentra únicamente un producto. Estos son más fáciles de almacenar ya que no requieren separación de los productos. En cambio, los segundos son palets en los que hay múltiples referencias de producto añadiendo una operación extra al almacén: la despaletización. Estos deben ser separados extrayendo las cajas y las unidades de los diferentes artículos para poder luego colocarlas en los huecos correspondientes.

Para obtener una aproximación del formato logístico del proveedor se calculan primero los volúmenes que se reciben de las diferentes referencias. Una vez obtenidos estos volúmenes se obtiene el tipo de unidad logística dividiendo estos por el volumen útil del palet de menor tamaño, es decir 0,72 metros cúbicos. Si el valor es superior a uno entonces el producto podrá ser organizado en palets mono-referencia. En cambio, si no alcanza la unidad los artículos deberán ser paletizados junto a otras referencias formando palets multi-referencia.

Para poder obtener los volúmenes entregados por parte del proveedor se hace uso de la ecuación definida a continuación. En esta se calcula la diferencia del stock máximo y del stock mínimo en semanas y luego se convierte a metros cúbicos multiplicando por el volumen de venta semanal.

$$Volumen_{ref}(m^3) = (Stock\ máximo_{ref} - Stock\ mínimo_{ref})(sem) * Volumen\ de\ venta_{ref} \left(\frac{m^3}{sem} \right)$$

Aplicando el procedimiento descrito anteriormente se obtienen los valores descritos en la siguiente tabla.

REFERENCIAS	UNIDAD LOGÍSTICA
474	Palet monoreferencia
13592	Palet multireferencia

Ilustración 39: Número de referencias según formato logístico del proveedor (Fuente: Elaboración propia)

Se obtiene que la mayoría de los productos se reciben en palets multi-referencia lo que implicará un mayor tiempo de operación en la recepción de productos debido a lo explicado anteriormente. Además, estos valores parecen lógicos después de haber realizado la clasificación ABC, ya que en esta se pudo apreciar que la relación entre el número de referencias y el volumen de venta era muy acentuada. Así, la mayoría de las referencias se caracterizan por volúmenes de venta semanales relativamente bajos y, por ello, deberán ser agrupados en palets multi-referencia.



5.4. Perfil de stock: Datos finales

En este apartado se obtienen los valores necesarios para el dimensionamiento de los medios de almacenamiento del centro de distribución. Para ello, se obtienen los rangos para las dos zonas principales del almacén: la zona de reserva y la zona de picking. Para ambas se obtendrán los stocks mínimos y máximos.

Para calcular estos stocks se siguen los siguientes pasos:

1. Definición del stock mínimo de picking. Se establece como valor 0 metros cúbicos para todas las referencias ya que no es necesario una precisión alta y es un buen punto de partida para la definición del resto variables.
2. Cálculo del stock máximo de picking. Para ello, se utilizan los plazos de reposición marcados anteriormente (Apartado 5.1). Estos se multiplican, según la categoría de cada referencia, por el volumen de ventas semanal correspondiente a la referencia.
3. Cálculo del stock mínimo de reserva. Para calcular esta variable se calcula la diferencia entre el stock mínimo proporcionado por la empresa y el stock máximo de picking obtenido en el paso anterior. Ocurre en ciertos casos que este valor es negativo. Esto es debido a que, para esas referencias y por su escaso volumen de venta semanal, estos productos son almacenados directamente en la zona de picking ya que su volumen es insuficiente para que sea rentable almacenarlos en la zona de reserva. Lógicamente, conviene transformar estos valores negativos en valores nulos más representativos de su naturaleza.
4. Cálculo del stock máximo de reserva. Para calcular esta variable se calcula la diferencia entre el stock máximo proporcionado por la empresa y el stock máximo de picking obtenido. Lógicamente, de nuevo aparecen valores negativos para los mismos casos que en el paso anterior. Estos también deben ser corregidos.

A continuación, se muestra la tabla con los correspondientes valores obtenidos.

ABC	FAMILIA	STOCK MIN PICKING (m ³)	STOCK MAX PICKING (m ³)	STOCK MIN RESERVA (m ³)	STOCK MIN RESERVA CORREGIDO (m ³)	STOCK MAX RESERVA (m ³)	STOCK MAX RESERVA CORREGIDO (m ³)
1	A	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0
	C	0	115,874	549,784	549,784	1219,009	1219,009
	D	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0
	F	0	2	9,24	9,24	23,856	23,856
	G	0	14,82	74,351	74,351	157,385	157,385
	H	0	4,788	17,346	17,346	57,384	57,384
2	A	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0
	C	0	56,885	64,161	64,161	197,824	197,824
	D	0	0,739	0,468	0,468	4,079	4,079
	E	0	2,023	2,439	2,439	7,871	7,871
	F	0	11,831	14,962	14,962	60,768	60,768
	G	0	4,516	6,761	6,761	17,359	17,359
	H	0	7,668	8,76	8,76	31,22	31,22
3	A	0	10,929	-8,567	0	-4,655	0
	B	0	24,457	-19,152	0	-8,602	0
	C	0	84,946	-66,503	0	-46,625	0
	D	0	23,191	-18,42	0	-10,104	0
	E	0	41,852	-32,937	0	-21,231	0
	F	0	99,368	-78,554	0	-42,684	0
	G	0	12,487	-9,878	0	-6,835	0
	H	0	42,007	-32,742	0	-21,351	0
TOTAL		0	560,381		748,272		1776,755

Tabla 9: Niveles de stock por zona (Fuente: Elaboración propia)

Para los casos en los que no existen referencias para ciertas categorías, ya se ha comentado la razón en el apartado 5.2. En cuanto a los otros valores nulos es interesante el resultado. Se puede observar que para los productos de la categoría 3 el stock de reserva es nulo, esto es debido a que deben almacenarse en la zona de picking directamente. Esto reafirma la clasificación ABC y los plazos de reposición escogidos ya que tiene sentido que los volúmenes de venta más bajos se almacenen en esta zona para facilitar la preparación de pedidos.

Finalmente, los datos que se utilizarán para el dimensionamiento de los medios de almacenamiento serán los de la última fila de la tabla que corresponden a los valores agregados.

5.5. Perfil de preparación de pedidos: Datos finales

Parte de los datos finales para el dimensionamiento de los medios de manutención son los que aparecen en la Tabla 6, recuperada más abajo. Como ya se comentó, es importante dimensionar estos medios para el pico de trabajo para poder así cumplir con el nivel de servicio marcado incluso en la situación más desfavorable. Estos datos permitirán dimensionar la reposición de productos y el picking.

	Producción máxima (5 días)	Producción diaria máxima
Palets (cantidad)	397	80
Cajas (líneas de pedido)	2545	509
Unidades (líneas de pedido)	7343	1469

Tabla 10: Producción diaria máxima por SKU (Fuente: Elaboración propia)

Obviamente, otras operaciones realizadas con estos medios de manutención deben ser tomadas en cuenta. Parte de estas operaciones son la descarga y carga de camiones. Como ya se ha comentado los proveedores envían las cargas en formato palet, ya sea mono-referencia o multi-referencia. De la misma manera se prepararán los pedidos para las tiendas. Para poder transformar los valores de producción diaria máxima de las cajas y las unidades sueltas a formato palet es necesario obtener el volumen que representan. El cliente solo tiene información del volumen unitario por referencia lo que permitirá aproximar el volumen promedio de una unidad. En cambio, no existe información del volumen medio de una caja. Por ello, se ha decidido definir un tipo de caja estándar según la configuración de un palet. Se muestran a continuación dos ilustraciones que definen la caja (y sus valores más significativos) y la disposición de esta en un palet.

Caja estándar

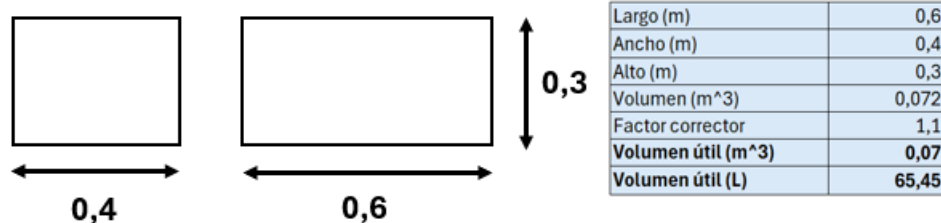


Ilustración 40: Volumen caja estándar (Fuente: Elaboración propia)

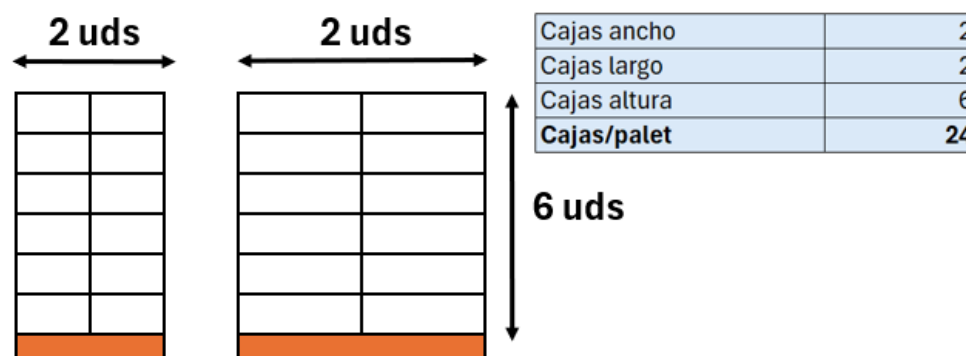


Ilustración 41: Distribución de cajas en palet estándar (Fuente: Elaboración Propia)



Como se puede observar cada caja representa un volumen útil de aproximadamente 0,07 metros cúbicos. Las dimensiones se han obtenido según la disposición de cajas en un palet. En esta se colocan filas de 4 cajas en 6 alturas, encontrando 24 cajas por palet. Este es un esquema referencia que se ha realizado para el formato de palet completo. Para definir el medio palet es tan simple como solo colocar la mitad de las alturas, encontrando 12 cajas por palet.

En cuanto al volumen promedio de las unidades sueltas, este se ha obtenido realizando la media aritmética del volumen por unidad y el número de unidades vendidas por referencia. Se ha obtenido un valor de 0,0066 metros cúbicos aproximadamente. Para trabajar con números “redondos” y por las unidades utilizadas se selecciona 0,007 como valor.

Queda definir el volumen de producción máxima diaria de cada tipo de SKU y obtener el número de palets total. Para realizar la estimación de manera correcta se tiene que trabajar ahora con las cantidades pedidas para todas las SKU en vez de utilizar las líneas de pedido para las cajas y las unidades. Como se puede observar en la Tabla 10 el número de palets es de 80, estos se considerarán palets completos (1,52 metros cúbicos). En cambio, como es lógico, para las cajas y las unidades sueltas se considerarán que están agrupadas en palets multi-referencia de formato medio palet (0,72 metros cúbicos). Los valores obtenidos se muestran en la tabla que se encuentra a continuación, con una producción máxima de **330 palets diarios**.

	Producción máxima (5 días)	Producción diaria máxima	Volumen (m ³)	Producción diaria máxima (palets)
Palets (cantidad)	397	80	121,6	80
Cajas (cantidad)	8289	1658	116,06	162
Unidades (cantidad)	44956	8992	62,944	88
TOTAL			300,604	330

Tabla 11: Producción máxima de unidades y palets por tipo de SKU (Fuente: Elaboración propia)



6. CONFIGURACIONES PROPUESTAS

En este apartado se presentan las diferentes configuraciones propuestas para el centro de distribución. En total se han desarrollado tres alternativas que difieren esencialmente en la configuración y el funcionamiento de la zona de picking. La primera de estas es la más desarrollada ya que también es la base para definir las otras dos de manera iterativa. Esta corresponde a un almacén donde el picking se realiza a mano por zona y por pedido. En la segunda se realiza un cambio radical automatizando el picking, usando como tecnología sistemas “miniload” que utilizan transelevadores para llevar a cabo la operación. La tercera y última es una iteración más liviana manteniendo el picking automatizado, pero utilizando carruseles rotativos en su diseño.

6.1. Primera configuración

Esta primera configuración es más extensa que las siguientes debido a que es la principal de la cual nacen las iteraciones. Por ello, no solo se definen los medios de almacenamiento, los medios de manutención, la mano de obra, la distribución en planta y los costes, si no que se definen ciertos procedimientos y zonas auxiliares claves que permanecen inalterables para todas las configuraciones.

6.1.1. Medios de almacenamiento

Para la definición de los medios de almacenamiento se van a tener en cuenta los datos obtenidos en el apartado anterior y, seleccionando los diferentes equipos teniendo en cuenta lo definido en la teoría (Medios de almacenamiento), se dimensionarán para las diferentes zonas del almacén.

6.1.1.1. Selección y dimensionamiento de la zona de reserva

En el apartado “Medios de almacenamiento” se han comentado todos los medios de almacenamiento posibles para el centro logístico. Entre ellos se encuentran los que servirían para la zona de reserva: almacenaje en bloques, estanterías convencionales para palets, estanterías compactas, estanterías dinámicas y estanterías móviles. Para escoger la solución que se implementará en esta configuración se ha decidido utilizar un método de descarte.

Entre todos estos medios de almacenamiento el que más claramente inviable es el almacenaje en bloques en una zona exterior. El alto número de referencias, las diferentes configuraciones de carga y las necesidades de fraccionamiento del producto hace que esta organización del producto esté totalmente alejada de las necesidades del centro de distribución. Además, almacenar este tipo de productos a la intemperie no solo puede dañar el producto si no que los hace susceptibles de ser robados.

Las estanterías compactas y dinámicas se descartan también debido a que para estos casos se necesita un gran número de palets y/o cajas por referencia lo cual no se cumple más que para un número demasiado escaso de referencias.

Quedando únicamente las estanterías móviles y estanterías convencionales por valorar se tiene en cuenta que, a pesar de tener un aprovechamiento mejor del espacio, la primera configuración implica

un coste mayor de inversión y puede ralentizar la manutención al añadir el movimiento de las propias estanterías para acceder a los productos.

Así, la solución escogida son las estanterías convencionales que permiten un acceso directo a la carga que además facilita la localización y el control de inventario de los productos a costa de mayor espacio para pasillos. Solo quedaría escoger que configuración de estantería se va a utilizar para esta zona. En este caso se ha escogido una configuración en la que caben 12 palets lo que equivale a un volumen total de 18,24 metros cúbicos (Ilustración 42). La anchura será de 2,7 metros, la profundidad de 1,2 metros y la altura de 2,2 metros por nivel habiendo en total 4 niveles por módulo, 1 a la altura del suelo y otros 3 extra por encima. Se muestra un esquema a continuación de la estantería.

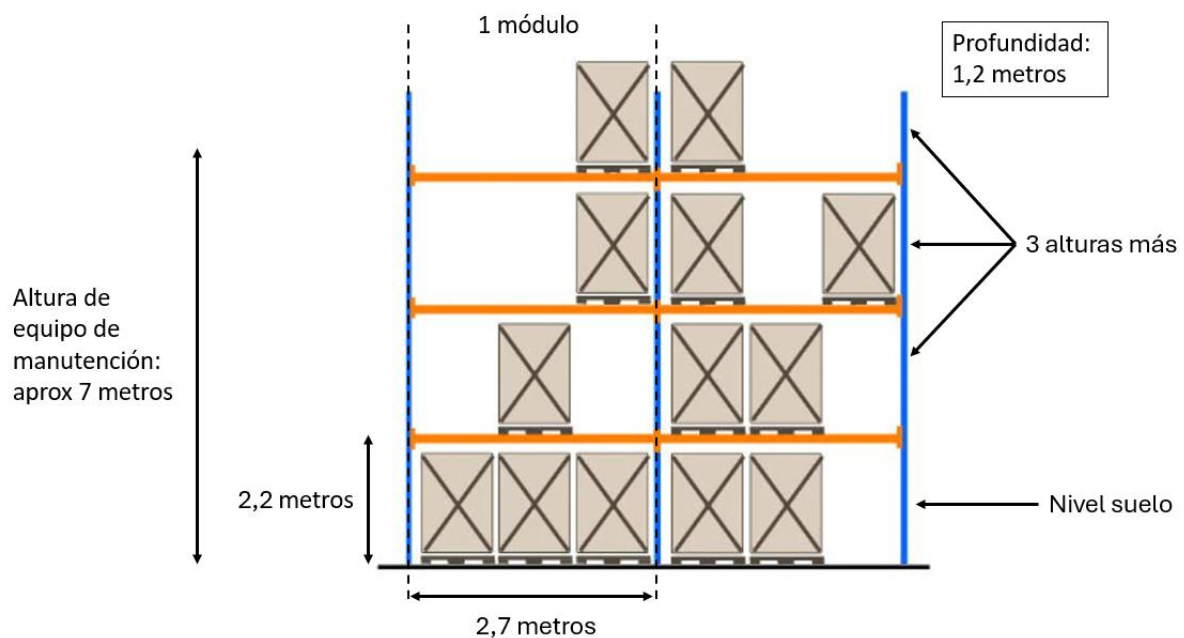


Ilustración 42: Configuración del módulo de estanterías convencionales para palets (Fuente: Elaboración propia)

Ahora queda por definir el número de módulos necesarios en la zona de reserva. Se decide utilizar la ubicación fija como estrategia asignando huecos específicos a cada referencia. Esto facilitará su búsqueda mejorando el tiempo de manutención de la operativa. Para realizar el cálculo se van a utilizar la Tabla 9 y la Ecuación 2. La primera contiene el stock máximo necesario para la zona de reserva: 1776,755 metros cúbicos. La segunda es la fórmula base a aplicar para obtener el número de huecos necesarios según el stock máximo y la capacidad de cada hueco. También cabe destacar que se va a modificar la Ecuación 2 para adaptarla al tipo de módulo definido anteriormente, llegando a la Ecuación 4 mostrada después de este párrafo. Finalmente, se hace uso de la regla del 85% (Regla del 85%) que en este caso se aplicará del 80% para anticiparse al probable aumento de las ventas en años venideros (Análisis del mercado) dividiendo el valor obtenido por este factor.



$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \sum_{\text{Referencias}} \left\lceil \frac{\text{Stock máximo}}{\text{Capacidad del módulo}} \right\rceil$$

Ecuación 4: Número de módulos de estanterías convencionales de palets según ubicación fija (Fuente: Elaboración propia)

Se presenta a continuación la Tabla 12 en la que se resumen los datos del proceso de cálculo del número de módulos en el que finalmente se ha obtenido que harán falta **123 módulos** para cumplir con un funcionamiento estable y fluido de la zona de reserva.

MÓDULOS DE ESTANTERÍA EN LA ZONA DE RESERVA	
Stock máximo de reserva (m ³)	1776,755
Capacidad por módulo (m ³ /módulo)	18,24
Número de módulos base	98
Número de módulos con regla del 85%	123

Tabla 12: Módulos en zona de reserva (Fuente: Elaboración propia)

6.1.1.2. Selección y dimensionamiento de la zona de picking

De la misma manera que para la zona de reserva se acude al apartado “Medios de almacenamiento” para trasladar los equipos usables para la zona de picking a esta parte. En este caso se pueden valorar los siguientes: estanterías convencionales para picking, estanterías dinámicas, estanterías móviles, estructuras “miniload”, almacenes rotativos, dispensadores A-frame y AGVs.

Las estanterías dinámicas y estanterías móviles se descartan por las mismas razones utilizadas para la zona de reserva. Las primeras requieren un número de cajas y/o unidades alto por referencia para cada referencia y ese no es este caso. Las segundas requieren un desembolso económico alto y además pueden ralentizar la manutención debido a que se añade la operación de mover las estanterías.

El resto de las opciones podrían llegar a ser viables. Pero en primer lugar se toma la decisión de optar por la única que no implica automatización del sistema: las estanterías convencionales para picking. Quedan por definir que dimensiones tendrán estas estanterías para poder calcular cuantos módulos harán falta. Se decide escoger una configuración de 2 metros de largo, 0,6 metros de profundo y 2,3 metros de altura aprovechable (último estante a 2 metros de altura). Lo que daría un volumen por módulo de 2,76 metros cúbicos. Se tiene en cuenta que según el tipo de producto y su SKU se utilizarán más o menos estantes. Además, se ha utilizado un factor corrector del 10 % para tener en cuenta el volumen ocupado por estantes y bastidores de la estantería obteniendo un volumen útil de 2,51 metros cúbicos por estantería. Se muestra un esquema a continuación de la estantería.

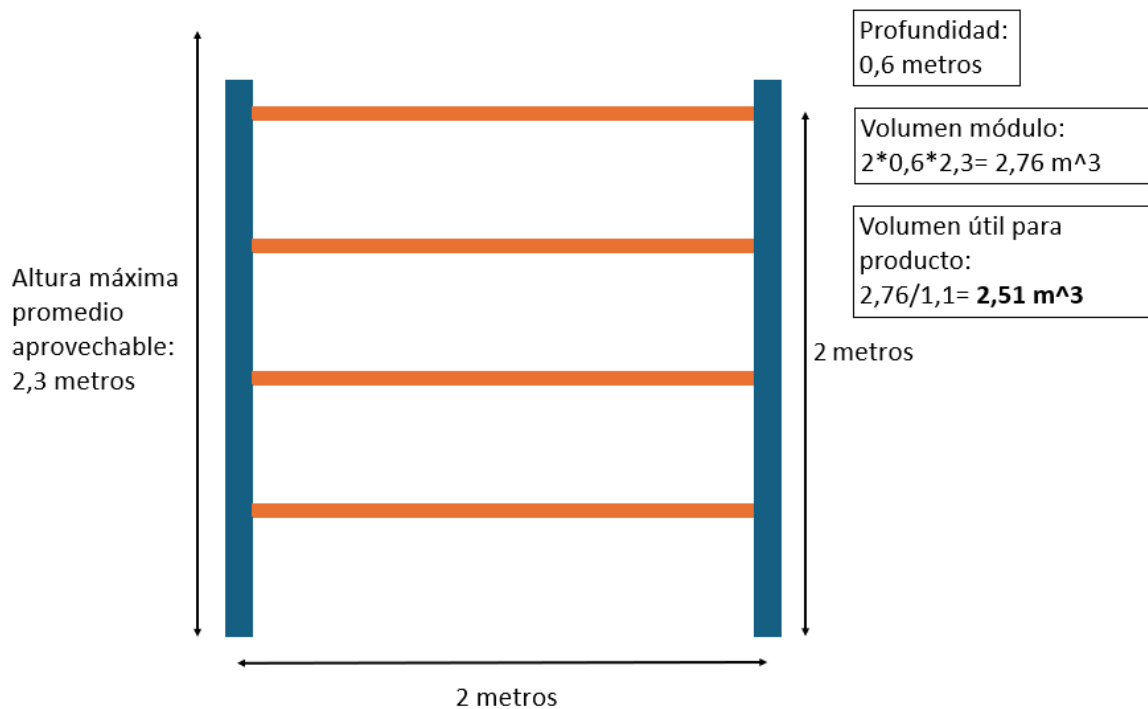


Ilustración 43: Configuración del módulo de estanterías convencionales para picking (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se va a obtener el número de módulos necesarios para la zona de picking de una manera análoga a la zona de reserva. Se van a utilizar datos de la Tabla 9 y la Ecuación 2. La primera contiene el stock máximo necesario para la zona de picking: 560,381 metros cúbicos. La segunda es la misma fórmula utilizada para el cálculo de los módulos de la zona de reserva ya que se decide volver a utilizar la estrategia de ubicación fija. Finalmente, se hace uso de la regla del 85% (Regla del 85%) que en este caso se aplicará un factor del 80% para anticiparse al probable aumento de las ventas en años venideros (Análisis del mercado) dividiendo el valor obtenido por este factor.

Se presenta a continuación la Tabla 13 en la que se resumen los datos del proceso de cálculo del número de módulos, obteniendo el valor de **280 módulos** para cumplir con un funcionamiento estable y fluido de la zona de picking. El proceso seguido ha sido dividir el stock máximo de reserva necesario por la capacidad útil por módulo obteniendo un valor base que luego se ha modificado por 0,8 (factor de la regla del 85%) para obtener el número de módulos actualizado.

MÓDULOS DE ESTANTERÍA EN LA ZONA DE PICKING	
Stock máximo de reserva (m³)	560,381
Capacidad por módulo (m³/módulo)	2,51
Número de módulos base	224
Número de módulos con regla del 85%	280

Tabla 13: Módulos en zona de picking (Fuente: Elaboración propia)

6.1.2. Funcionamiento del almacén

Antes de pasar a seleccionar y dimensionar los medios de manutención, se ha decidido plantear como se va a trabajar internamente en el centro de distribución. Así, se podrán definir en el próximo apartado qué equipos de manutención son necesarios para cada operación y qué cantidad de ellos hacen falta.

La gestión del almacén será en dos turnos definidos de la siguiente manera: preparación de pedidos y recepción y reposición de los productos. Como su nombre indica el primer turno (de mañana) servirá para, una vez reorganizados los productos el día anterior, preparar y enviar los productos a los clientes, es decir las tiendas. El segundo turno (de tardes) hará el papel de recibir los productos enviados por parte del proveedor y, en paralelo, reponer los artículos en los huecos necesarios en la zona de picking. Este desacople de operaciones permitirá evitar el cruce de flujos de movimiento que pueda generar esperas que aumenten artificialmente la saturación del sistema. Además, aumentará la seguridad evitando accidentes que pueden llegar a ser extremadamente peligrosos según los medios de manutención utilizados. Se presentan a continuación las principales operaciones de los dos turnos.

6.1.2.1. Primer turno: Preparación de pedidos

Para poder definir que movimientos se generan en este turno y que operaciones se realizan en cada zona se ha realizado un esquema (Ilustración 44) básico donde se indican. Se revisará después uno a uno cada caso.

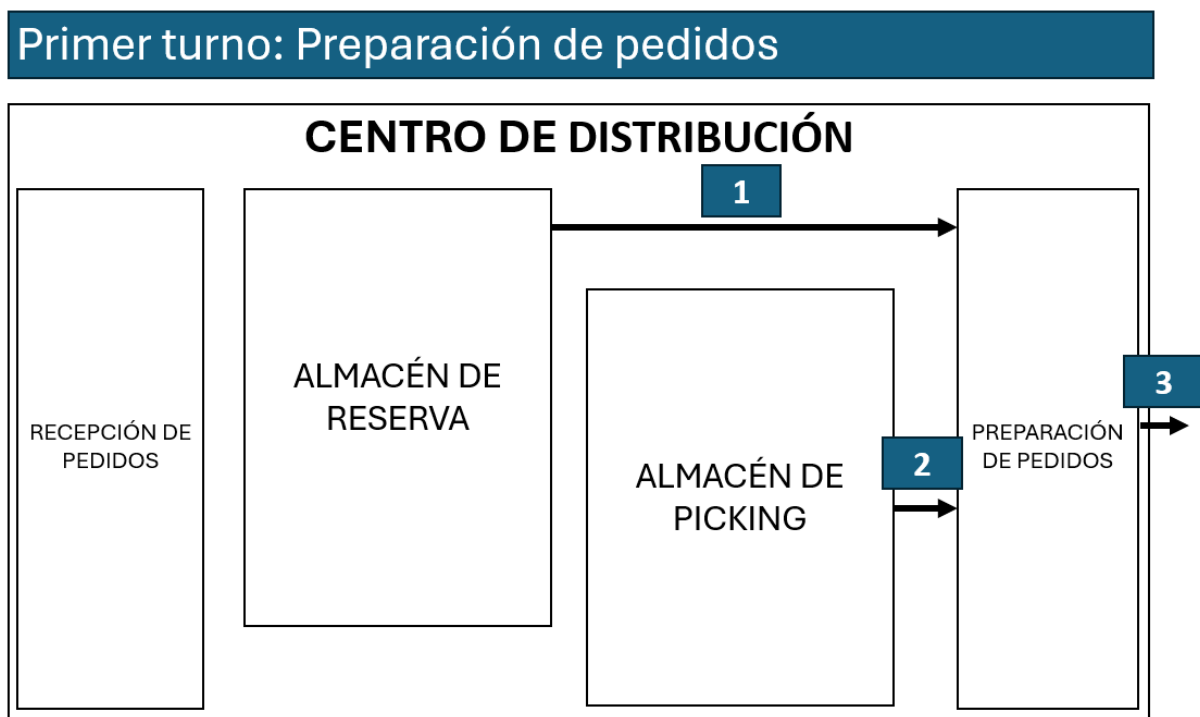


Ilustración 44: Flujo de productos en el primer turno: Preparación de pedidos (Fuente: Elaboración propia)

Se han marcado 3 movimientos clave durante este turno:

1. **Palets a preparación de pedidos.** Las unidades de palets pedidas por las tiendas y que se entregan directamente en este formato tendrán que ser trasladadas desde el almacén de reserva a la zona de preparación de pedidos.
2. **Picking.** En esta operación se realizará el picking de los productos necesarios y se depositarán en la zona de preparación de pedidos.
3. **Preparación de pedidos.** La operación final es cargar los camiones que enviarán los pedidos a las tiendas. Se incluirá también la consolidación de las líneas de pedido por tienda/camión. Esto puede conllevar tener que paletizar los diferentes SKU para facilitar la carga del camión.

6.1.2.2. Segundo turno: Recepción y Reposición de los productos

Una vez pasado el primer turno, se deben reponer los productos necesarios. Para ello, se realiza el segundo turno que se compone tanto de la recepción de las existencias enviadas por los proveedores como de la reposición de los artículos en las diferentes zonas. El esquema básico realizado para el segundo turno en el que se realiza la reposición entre zonas es el siguiente:

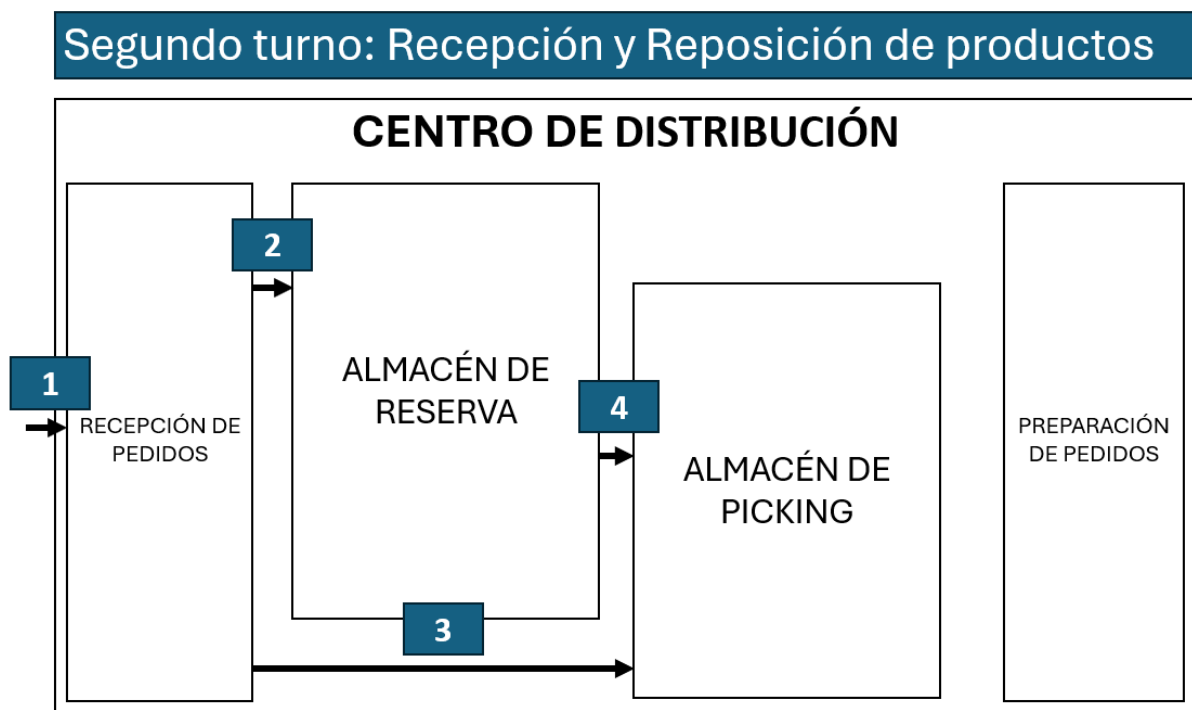


Ilustración 45: Flujo de productos en el segundo turno: Recepción y Reposición de productos (Fuente: Elaboración propia)



Se han marcado 4 movimientos clave durante este turno:

1. **Recepción de pedidos.** La operación principal es descargar los camiones que llegan de los proveedores. Esto incluye poder tener que fraccionar o consolidar la carga según el depósito o SKU que se va a usar internamente lo que también permitirá hacer un control de calidad. Por eso, habrá que incluir una zona en la recepción de pedidos que permita realizar esta actividad y otra zona que permita la cuarentena de los productos que no han pasado este control.
2. **Reposición de palets.** Implica el movimiento de los palets que se han recibido, descargado y comprobado desde la zona de recepción a la zona de reserva.
3. **Reposición de cajas y unidades de tipo 3.** Implica el movimiento a la zona de picking de las cajas y unidades sueltas de productos de tipo 3 recién recibidas, los cuales tienen ubicadas todas sus existencias en la zona de picking.
4. **Reposición de cajas y unidades desde reserva a picking.** Esta es la operación más compleja y costosa de este turno. La reposición desde la reserva implicará el movimiento de productos guardados en palets que habrá que fraccionar para poder almacenarlos en la zona de picking.

6.1.3. Medios de manutención

Después de haber definido las operaciones básicas del funcionamiento del almacén se van a seleccionar qué medios de manutención harán falta para responder a las necesidades de estas. Se tendrá en cuenta que, al estar la operativa del almacén dividida en dos turnos, se pueden compartir estos medios entre turnos. Para mantener la estructura y facilitar la comprensión del lector se mantiene la misma nomenclatura en las operaciones definidas.

6.1.3.2. Primer turno: Preparación de pedidos

Usando como referencia los movimientos descritos en el apartado “Funcionamiento del almacén” y los equipos descritos en el apartado “25” se seleccionan los medios de manutención tomando los valores de tasa de actividad de la Tabla 1: Medios de manutención y sus características (Fuente: Elaboración propia a partir de (García Sabater, 2020)) para su dimensionamiento.

1. **Palets a preparación de pedidos.** Para realizar esta operación se necesitan medios de manutención que sean capaces de trasladar palets. Según lo descrito en “Medios de manutención” y para este caso, se puede usar la siguiente maquinaria: apiladora, carretilla contrapesada, carretilla retráctil o carretilla trilateral. Se descarta la apiladora ya que habrá que realizar recorridos largos. También se deja de lado la carretilla trilateral debido a su alto coste. Y entre la **carretilla contrapesada** y la carretilla retráctil se escoge la primera ya que esta tiene una mayor tasa de actividad y su coste es ligeramente inferior. La principal desventaja es tener que dimensionar pasillos más anchos lo que aumentará el coste de las instalaciones debido a una superficie necesaria mayor. Para obtener la cantidad necesaria de carretillas se tiene en cuenta que la producción máxima diaria de palets es 80 (Tabla 10) y que la tasa de actividad de

este tipo de carretillas es de 25 palets/hora. Se aplica un factor corrector de 0,8 correspondiente a la regla del 85%. Este valor es escogido usando como referencia un valor de 0,85 reduciéndolo hasta 0,8 debido a la evolución prevista del mercado (Apartado 2.3) lo que puede afectar a las necesidades del almacén a futuro. Se obtiene un valor de: $\frac{80}{25 \cdot 0.8} = 4 \text{ horas de uso/turno}$.

2. **Picking.** Antes de seleccionar y dimensionar los medios de manutención para el picking se van definir los métodos de trabajo a utilizar (Apartado 3.10.1). La organización del picking se realizará combinando dos métodos para aumentar la tasa de actividad: **picking por pedido y picking zonal**. Así, se dividirá la zona en cuadrantes por familias (actividad deportiva) de producto permitiendo aumentar la tasa de actividad en un 50% gracias a una reducción de los desplazamientos. Para ello, se asignarán a los operarios según zona. Se muestra a continuación un esquema con la idea en cuestión.

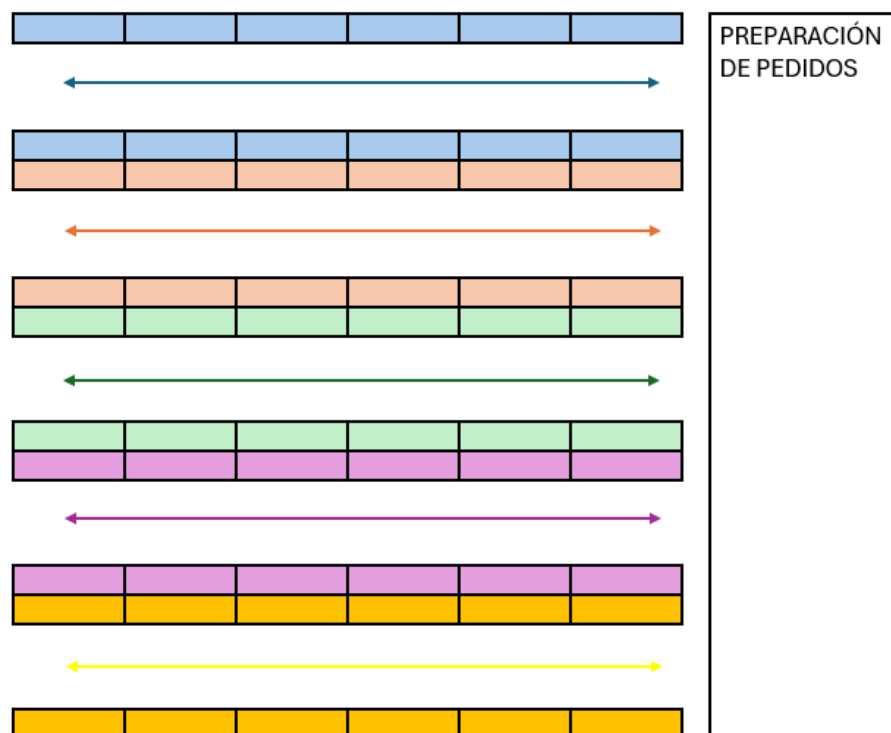


Ilustración 46: Organización del picking zonal (Fuente: Elaboración propia)

Las líneas de pedido se recogerán y se depositarán en la zona de preparación de pedidos donde se consolidarán. Los operarios podrán cambiar de zona temporalmente para apoyar a otras más sobrecargadas si existe variabilidad de carga de trabajo entre familias. Los medios de manutención utilizables pueden ser carretillas recogepedidos o carros recogepedidos. Se van a escoger los **carros recogepedidos** ya que son más notablemente baratos y los desplazamientos son lo suficientemente cortos para permitir utilizar esta tecnología. Para su dimensionamiento, no se utilizará la regla del 85% ya que debido al escaso coste y la fácil



accesibilidad de los carros recogepedidos siempre se estará a tiempo de formar a operarios extra cuando se necesite. Si se tiene en cuenta que la tasa de actividad de estos equipos es de 40 líneas de pedido/hora y se ha aumentado en un 50% esta tasa gracias a las decisiones organizativas de la zona queda que la tasa de actividad es de 60 líneas de pedido/hora. Sabiendo que para las cajas y las unidades sueltas la producción máxima diaria es de 1.978 líneas de pedido queda que hacen falta **33 horas de trabajo/turno**. Si se tiene en cuenta que las horas efectivas de trabajo en un turno de 8 horas están en torno a las 7,5 horas se obtiene que se necesitarán 4,4 operarios que redondeando queda en **5 operarios con carros recogepedidos**.

3. **Preparación de pedidos.** Para calcular los medios de manutención necesarios para la carga de camiones se utiliza la producción máxima diaria de palets a ser entregados, en este caso 330 palets. Para esta operación se pueden utilizar los siguientes medios: transpaleta manual, transpaleta eléctrica o carretilla de altura reducida (que quepa en un camión). Se recorre un camino relativamente corto ya que la zona de preparación de pedidos y los muelles son anexos. Por ello, se descarta utilizar una carretilla ya que una transpaleta será suficiente para realizar la operación. Entre las dos opciones restantes se escoge la **transpaleta eléctrica** ya que esta permite levantar mayor peso y es más ágil a la hora de operar. Teniendo en cuenta que la tasa de actividad es de 30 palets/hora y aplicando un factor de 0,8 de la regla del 85% se necesitan **13,75 horas/turno** lo que equivale a **2 transpaletas** (1,72 sin redondear).

Hay que tener en cuenta que también se añade en esta parte la **consolidación de los productos** después del picking. Para ello, se hará uso de un **carro recogepedidos extra y una retractiladora de palets**. En cuanto a operarios, se aprovechará el tiempo ocioso de los operarios que realizan otras operaciones y se añadirán **dos operarios extra**.

6.1.3.3. Segundo turno: Recepción y Reposición de productos

Usando como referencia los movimientos descritos en el apartado “6.1.2” y los equipos descritos en apartado “3.9” se seleccionan los medios de manutención tomando como referencia la Tabla 1 para su dimensionamiento.

1. **Recepción de pedidos.** Esta operación podría catalogarse como la inversa de la preparación de pedidos descrita en el apartado anterior. En este caso, se reciben los pedidos enviados por los proveedores. Para ello, y aprovechando los cálculos realizados para la carga de camiones, se utilizarán en la parte de descarga de camiones **dos transpaletas eléctricas y dos operarios**. Obviamente, hay que añadir operarios que se encarguen de realizar controles de calidad y reorganizar la carga de los palets si fuese necesario. Por ello, se actúa de la misma forma que para la preparación de pedidos. Se utilizan las horas ociosas de los operarios encargados de descargar para realizar las tareas previamente descritas. Además, se añade **un operario extra y una retractiladora de palets**.
2. **Reposición de palets.** Los palets descargados de tipo 1 y 2 se reposicionan en la zona de reserva y los palets de tipo 3 se trasladan a la zona de picking para luego ser reposicionados por los operarios asignados. Se recuerda que se descargan 330 palets durante la recepción de pedidos. Ahora queda definir cuántos son de tipo 1 y 2 y cuántos de tipo 3. Para ello, se utiliza el



porcentaje de volumen de venta de estos últimos que corresponde al 7%. Así, quedan 23 palets de tipo 3 que se trasladan a la zona de picking y otros 307 que se reposicionan directamente en la zona de reserva. Como se puede observar se han obtenido los datos para dimensionar las horas necesarias de uso de los medios de manutención tanto para este movimiento como para el siguiente. En este caso, para reposicionar 307 palets con una carretilla contrapesada (30 palets/hora) y aplicando la regla del 85% con un factor de 0,8 se obtienen **12,8 horas/turno**.

3. **Reposición de cajas y unidades de tipo 3.** En este caso, y como se ha descrito en el punto anterior, se desplazan 23 palets. Utilizando el mismo medio de manutención y aplicando la misma técnica de cálculo se obtiene aproximadamente **1 hora/turno**.
4. **Reposición de cajas y unidades desde reserva a picking.** Esta operación conlleva dos movimientos principales: el traslado de palets de la zona de reserva a la zona de picking y la reposición de los artículos en la zona de picking.

En el pico máximo de trabajo se cargan en los camiones 330 palets. Teniendo en cuenta que durante la preparación de pedidos se envían 80 palets directamente desde la zona de reserva y que 23 palets de tipo 3 son trasladados a la zona de picking en operaciones anteriores queda que hay que trasladar 227 palets para la reposición en picking. Esto conlleva **9,5 horas/turno** de utilización de carretilla contrapesada. Teniendo en cuenta todas las horas de uso de carretilla contrapesada para este turno (23,3 h/turno) se obtiene que se necesitan **3 carretillas contrapesadas** (2,91 sin redondear) y, por lo tanto, **3 carretilleros**.

La reposición en sí misma de los artículos en picking corresponde a la inversa de la operación del primer turno en la que se realiza el picking. Se llevan a cabo los mismos movimientos pero en vez de recoger el producto se repone. Por ello, se utiliza el mismo dimensionamiento que para esa operación. Se necesitarán pues **5 operarios con carros recogepedidos** (4,4 operarios). Las horas sobrantes se interpretan como necesarias para el fraccionamiento de los palets.

6.1.3.4. Conjunto de medios de manutención y operarios

Se muestra en este apartado un resumen de los medios de manutención y operarios necesarios para ambos turnos. Se han creado dos tablas: una para los medios de manutención definiendo que operaciones apoyan, su tiempo de uso y la cantidad necesaria y otra para el número de operarios y que operaciones realizarán con el tiempo dedicado a estas. Hay que tener en cuenta que los medios de manutención se comparten entre turnos reduciendo así la cantidad necesaria.



	1er turno: Preparación de pedidos		2º turno: Recepción y Reposición de productos		
Equipo de manutención	Operaciones	Tiempo de uso (horas)	Operaciones	Tiempo de uso (horas)	Cantidad total (uds)
Transpaleta eléctrica	Carga de camiones	13,75	Descarga de camiones	13,75	2
Carretilla contrapesada	Traslado de palets enviados en este formato a la zona de reserva	4	Reposición de palets de producto tipo 1 y 2 a zona de reserva	12,8	3
			Traslado de palets de producto tipo 3 a zona de picking	1	
			Traslado de palets de reserva a picking	9,5	
Carro recogepedidos	Picking	33	Reposición en picking	37,5	6
	Consolidación de pedidos	7,5			

Tabla 14: Resumen de los medios de manutención de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)



1er turno: Preparación de pedidos			2º turno: Recepción y Reposición de productos		
Nº de operarios	Operaciones	Tiempo (horas)	Nº de operarios	Operaciones	Tiempo (horas)
1	Traslado de palets de zona de reserva a playa	4	2	Descarga de camiones	13,75
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	3,5		Auxiliar: Control de calidad	1,25
5	Picking	33	1	Control de calidad	7,5
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	4,5	3	Reposición de paltes de productos tipo 1 y 2 a zona de reserva	12,8
2	Carga de camiones	13,75		Traslado de palets de producto tipo 3 a zona de picking	1
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	1,25		Traslado de palets de zona de reserva a picking	9,5
2	Consolidación de pedidos	15	5	Reposición en picking	37,5
Número total de operarios en turno: 10			Número total de operarios en turno: 11		

Tabla 15: Resumen del número de operarios necesarios en la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)

En resumen, para esta configuración se tienen que adquirir los siguientes equipos de manutención: 2 transpaletas eléctricas, 3 carretillas contrapesadas y 6 carros recogepedidos. Estos medios de manutención se compartirán entre los dos turnos de trabajo. En cuanto al número de operarios necesario serán necesarios 10 para el primer turno y 11 para el segundo. Se puede observar que existe un balance en el número de operarios por turno. Esto permitiría, una vez formados los operarios, poder distribuir a lo largo del año los horarios de trabajo de estos.

6.1.4. Distribución en planta

En este apartado se muestra la distribución en planta de este diseño, pero se definen antes ciertas zonas que cubrirán operaciones auxiliares fundamentales para el funcionamiento de cualquier almacén.

6.1.4.2. Operaciones auxiliares

Existen ciertas operaciones auxiliares que requieren de espacio en el almacén para poder llevarlas a cabo. Estas operaciones son fundamentales para el correcto funcionamiento de las instalaciones, sin ellas se crearía una saturación de manera artificial que no permitiría cumplir con los tiempos de operación marcados para las operaciones principales. Se lista a continuación estos espacios:

- Espacios para el personal: se incluyen vestuarios, sanitarios, lugar de descanso, etc. La mayoría de estos están marcados por la legislación vigente.

- Espacios para administración: oficinas, archivos, recepción, etc.
- Espacios para los equipos de manutención: parking y carga de los medios de manutención adquiridos. Dependerá de que tipo y cantidad de equipos se han adquirido para su dimensionamiento.
- Espacios para cuarentena. Espacios necesarios para reservar productos que necesitan un almacenamiento temporal porque, por ejemplo, no cumplen los requisitos de calidad.
- Espacios para palets y envases vacíos. Puede parecer una zona prescindible, pero es estrictamente necesaria ya que en este tipo de instalaciones se maneja una gran cantidad de depósitos diferentes que llevarán al fraccionamiento y consolidación de diferentes cargas que generarán una gran cantidad de depósitos vacíos.

Lo más destacable en cuanto al centro de distribución diseñado es que para aprovechar la superficie de la planta las dos primeras zonas (espacios para el personal y administración) se diseñarán juntas creando una estructura a doble altura. Así, se aprovecha también la altura de la nave que debe poder contener la altura de los medios de almacenamiento.

6.1.4.3. Layout

En esta parte se presenta el layout de la primera configuración, añadiendo también la superficie que ocupan los diferentes espacios destinados a las operaciones auxiliares. Se puede observar esta distribución en planta en los anexos (ANEXOS: PLANOS) donde se incluyen también las cotas.

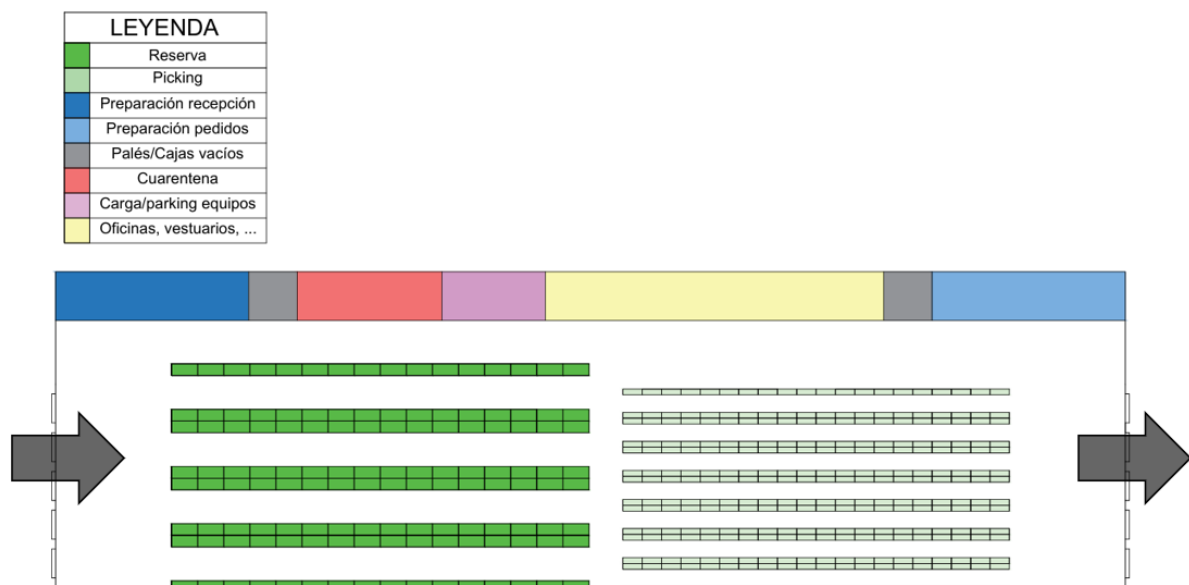


Ilustración 47: Layout de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)



La disposición escogida se denomina orientada al flujo donde la zona de descarga y la de expedición de pedidos están separadas. Así, el producto se mueve linealmente desde la primera zona a la última lo que agiliza los movimientos. Cabe destacar también que se han colocado todas las zonas auxiliares en la parte superior del almacén dejando además un pasillo de 4,5 metros de anchura entre estas y los medios de almacenamiento para permitir el flujo de los productos y del personal. Se cuenta con dos playas también, una para recepción y otra para expedición, que permitirán preparar las cargas para sus operaciones. Además, pese a que en el cálculo realizado para su dimensionamiento se obtiene que hacen falta 123 estanterías de reserva, se ha redondeado este número a 128 con el fin de cuadrar mejor esta zona gracias a que el coste de estos medios es relativamente bajo. También cabe indicar que las estanterías de la zona de reserva se disponen en 8 filas de 16 estanterías y las de picking en 14 filas de 20 estanterías. Con todo ello, total de superficie destinado para cada zona queda recogido en la tabla siguiente:

	Superficie (m ²)
Reserva	1019,52
Picking	840
Preparación recepción	100
Preparación pedidos	100
Palés/cajas vacíos	50
Cuarentena	75
Carga/parking equipos	53,5
Oficinas, vestuarios	175
Playas, pasillos	1251,15
TOTAL	3664,17

Tabla 16: Superficie de las diferentes zonas de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)

Normalmente la zona de reserva suele ser superior a la de picking y así es en este caso. La superficie de la primera es de aproximadamente 1020 metros cuadrados y la de la segunda de 840 cuadrados, incluyendo los pasillos interiores de cada una. Además, si se tiene en cuenta la altura de cada zona la relación de volumen es aún mayor. Así, como la altura de las estanterías de reserva es mayor que las de picking, queda que cada zona representa aproximadamente 8972 y 1932 metros cúbicos respectivamente.

6.1.5. Estimación de coste e inversión

En este apartado se hace una estimación de los costes y la inversión inicial necesaria para implementar la configuración. Como tal, no es un presupuesto detallado si no un punto de referencia para poder comparar las diferentes iteraciones. Estas estimaciones se han separado en cuatro grupos de costes:

- Instalaciones: coste de la fabricación de la nave y costes de servicios auxiliares para su funcionamiento (Mantenimiento, servicios que incluyen agua, energía, etc y sistema de gestión de almacenes)
- Medios de manutención
- Medios de almacenamiento

- Costes de personal: según número de operarios necesarios añadiendo también un administrativo y un jefe de almacén.

En cuanto al coste de las **instalaciones** se tienen en cuenta 5 términos. La nave es el coste de fabricación de esta y se calcula usando la superficie en metros cuadrados multiplicándola por 430 euros/metro cuadrado que es una aproximación razonable. Las instalaciones auxiliares son las instalaciones internas de la nave como pueden ser las oficinas, instalaciones eléctricas, etcétera. También hay una componente que representa el mantenimiento general de la nave y sus equipos. Además, el apartado “Servicios” representa las necesidades de energía, agua, etcétera que necesita la nave para su funcionamiento. Estos tres últimos términos se calculan como porcentaje del coste de la nave. Finalmente, se tiene en cuenta el coste del sistema de gestión de almacenes necesario para la organización y control del almacén. Se adelanta que este sistema será el más barato de todas las configuraciones ya que es un sistema manual (sin automatización) que no tiene tantos requerimientos.

	Tipo de unidad	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Nave	m ²	3664,17	430	1.575.593,10 €	25	63.023,72 €
Instalaciones auxiliares	% por € nave	10	-	157.559,31 €	25	6.302,37 €
Mantenimiento	% por € nave	1	-	-	-	15.755,93 €
Servicios (energía, agua,...)	% por € nave	8	-	-	-	126.047,45 €
SGA	-	1	75000	75.000,00 €	10	7.500,00 €
TOTAL				1.808.152,41 €		218.629,48 €

Tabla 17: Costes de las instalaciones de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)

Para los costes de los **medios de manutención** se tiene en cuenta la cantidad de estos necesaria (Tabla 14) y los costes aproximados de la parte teórica (Tabla 1). Lo único que cabe destacar es la elección de la altura necesaria para la carretilla contrapesada que es de 7 metros para poder hacer uso de esta según la altura de las estanterías. Además, y aunque no es un medio de manutención como tal, se añaden las retráctiladoras que se necesitan para realizar operaciones auxiliares de consolidación de cargas en las zonas de recepción y preparación de pedidos.

	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Transpaleta eléctrica	2	3500	7.000,00 €	10	700,00 €
Carro recogepedidos	6	500	3.000,00 €	10	300,00 €
Carretilla contrapesada (7m)	3	17000	51.000,00 €	10	5.100,00 €
Retráctiladora palets	2	3000	6.000,00 €	10	600,00 €
TOTAL			67.000,00 €		6.700,00 €

Tabla 18: Costes de los medios de manutención de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)

Para los costes de los **medios de almacenamiento** se utiliza el dimensionamiento realizado. Los costes unitarios de estos se han obtenido haciendo una aproximación a través del coste de estanterías similares de la marca Mecalux (Mecalux, 2024) (Mecalux, 2024).

	Tipo de unidad	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Estantería convencional palet	Módulo	128	450	57.600,00 €	20	2.880,00 €
Estantería convencional picking	Módulo	280	300	84.000,00 €	20	4.200,00 €
TOTAL				141.600,00 €		7.080,00 €

Tabla 19: Costes de los medios de almacenamiento de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a los costes de **personal**, para el número de operarios se tiene en cuenta lo dimensionado en apartados anteriores (Tabla 15). Además, se han añadido un administrativo y un jefe de almacén por turno. Los costes de los trabajadores son aproximaciones en las que se tienen en cuenta los costes de seguridad social.

	Cantidad	€/pers.año	Coste anual
Jefe de almacén	2	40000	80.000,00 €
Administrativo	2	30000	60.000,00 €
Operarios	21	25000	525.000,00 €
TOTAL			665.000,00 €

Tabla 20: Costes de mano de obra de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)

Además, se ha añadido una tabla resumen (Tabla 21) que suma el total de la inversión inicial y del coste anual de cada grupo. Por un lado, la inversión inicial representa la suma del coste de las instalaciones y de los equipos a adquirir. Por otro, el coste anual es la suma del coste del personal anual y de las amortizaciones anuales de las instalaciones y de los equipos.

	Inversión	Coste anual
Costes de instalaciones	1.808.152,41 €	218.629,48 €
Costes medios de manutención	67.000,00 €	6.700,00 €
Coste medios de almacenamiento	141.600,00 €	7.080,00 €
Costes de personal	-	665.000,00 €
TOTAL	2.016.752,41 €	897.409,48 €

Tabla 21: Resumen de los costes de la primera configuración (Fuente: Elaboración propia)



6.2. Segunda configuración

Después de haber realizado una configuración basada en el trabajo manual se opta por cambiar radicalmente enfocándose hacia tecnologías que permiten la automatización de ciertas operaciones. La automatización no suele ser habitual en la zona de reserva ya que no se requiere de un ritmo de actividad demasiado alto en una zona pensada para tener grandes volúmenes almacenados de los que no se hace uso diariamente. En cambio, para la zona de picking sí que suele ser más común la automatización ya que esta permite aumentar la tasa de actividad permitiendo servir las líneas de pedido reduciendo el coste de la mano de obra. Como se trabaja de forma iterativa para obtener más alternativas, los cambios realizados no afectarán a ciertas operaciones del centro de distribución y se asumirán que están correctamente dimensionadas. En cambio, como ya se ha comentado el cambio fundamental será en la zona de picking.

Este apartado está estructurado de manera diferente al anterior ya que es una iteración del este.

6.2.1. Medios de almacenamiento

Para poder redimensionar los equipos de almacenamiento se va a recurrir a lo que se conoce coloquialmente en la actualidad como un “spoiler”. Así, se va a adelantar lo que se anuncia en el próximo apartado (Medios de manutención): la selección del equipo de manutención. En este caso se va a escoger usar un conjunto de sistemas “miniload” para la realización del picking.

De entre los posibles tipos de estanterías valoradas: convencionales para picking, dinámicas y móviles, el único que permite instalar una estructura “miniload” es la **estantería convencional para picking**. Se podría utilizar el mismo módulo que para la configuración anterior (Ilustración 43), pero se va a paliar una de las desventajas del picking a mano. Cuando el picking lo tiene que realizar un operario a pie, la altura de las estanterías no puede ser tal que el operario no alcance los productos ubicados en las estanterías más altas. En este caso, al ser un transelevador el que se desplaza por la estructura montada, la altura puede ser superior. Cogiendo como base el módulo de la configuración anterior y duplicando la altura de este, se duplica el volumen del módulo obteniendo un volumen útil de 5,02 metros cúbicos. Esto permite reducir el número de módulos a la mitad, pasando de 280 a **140 módulos** necesarios.

Cabe destacar también que los medios de almacenamiento de la zona de reserva y de buffer de recepción serán los mismos que en la configuración anterior.

6.2.2. Medios de manutención

En cuanto a equipos de manutención existen muchas posibilidades para automatizar el proceso de picking: estructuras “miniload”, almacenes rotativos, dispensadores “A-frame” o AGVs son algunas de estas opciones. Como ya se ha anunciado, se van a seleccionar las **estructuras “miniload”** ya que estas aportan más flexibilidad en cuanto al volumen del producto utilizando diferentes células para cada referencia. Otra ventaja es que permiten reducir el espacio del almacén ya que utilizan pasillos más estrechos y permiten alcanzar alturas mayores que otras posibilidades. Ahora queda dimensionar el conjunto de elementos necesarios para estas estructuras.

Por una parte, hay que calcular el **número de transelevadores** necesarios para cumplir con las necesidades del almacén en cuanto a ritmo de servicio de líneas de pedido. Para ello, se tiene en cuenta la tasa de actividad de estos sistemas (Tabla 1) que es de 100 líneas de pedido/hora. Se recuerda que las líneas de pedido a servir entre cajas y unidades sueltas son 1978 líneas/día (Tabla 10). Se tendría entonces que el número necesario es $\frac{1978}{100 \cdot 8} = 2,47$ transelevadores. Se recuerda que en la configuración anterior no se había utilizado el factor de 0,8 de la regla del 85% aplicado a lo largo del trabajo. Esto se debía a que al ser operarios con carros recogepedidos los que hacen el picking existe gran flexibilidad para aumentar la capacidad ya que ambos se pueden conseguir de manera bastante sencilla y rápida. En cambio, en este caso, se va a aplicar este factor ya que estos diseños tienen poco margen de corrección una vez instalados. Así, la cantidad de transelevadores necesaria, redondeando al número entero superior es, es $\frac{1978}{100 \cdot 8 \cdot 0,8} = 4$ **transelevadores**.

Al haber varios transelevadores, se pueden diseñar cada uno de estos para diferentes tipos de cajas y volúmenes permitiendo que cada fila de estanterías tenga un tamaño normalizado y poder permitir el funcionamiento de estas estructuras. Si se tiene en cuenta que se pedirá al proveedor de este sistema que los transelevadores puedan cargar por ambos lados, un ejemplo de disposición de las estanterías y transelevadores sería la de la Ilustración 48. Se observa que cada transelevador está colocado entre dos estanterías pudiendo recoger la carga de ambos lados. Además, cada transelevador está diseñado para coger la carga del tamaño normalizado al que corresponden los productos de su zona.

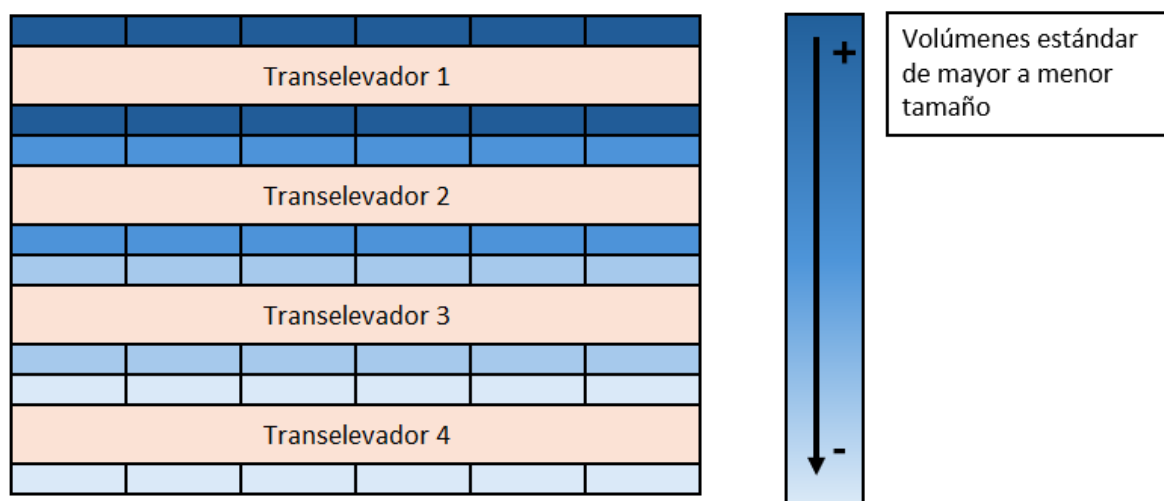


Ilustración 48: Disposición de transelevadores según tamaño de los artículos (Fuente: Elaboración propia)

Por otra parte, queda dimensionar el **número de células** necesario para todas las referencias que se van a almacenar en la zona de picking. Se cuenta con 14.066 referencias en el almacén si se asume una célula por referencias se necesitarán **14.066 células**.

De nuevo, para la zona de reserva y las zonas de recepción se utilizarán los mismos medios que para la primera configuración. Se muestra a continuación una tabla resumen de lo comentado incluyendo los equipos necesarios para las zonas que no se van a redimensionar.



		1er turno: Preparación de pedidos		2º turno: Recepción y Reposición de productos		Cantidad total (uds)
Equipo de manutención		Operaciones	Tiempo de uso (horas)	Operaciones	Tiempo de uso (horas)	
Transpaleta eléctrica		Carga de camiones	13,75	Descarga de camiones	13,75	2
Carretilla contrapesada		Traslado de palets enviados en este formato a la zona de reserva	4	Reposición de palets de producto tipo 1 y 2 a zona de reserva	12,8	3
				Traslado de palets de producto tipo 3 a zona de picking	1	
				Traslado de palets de reserva a picking	9,5	
Estructura Miniload	Transelevadores	Picking	24,725	Reposición en picking	24,725	4
	Células	Almacenamiento picking	-	Almacenamiento picking	-	14.066
Carros recogepedidos		Consolidación de pedidos	-	Reposición picking	24,725	4

Tabla 22: Resumen de los medios de manutención de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)

6.2.3. Operarios por turno

Tomando como base la cantidad de operarios utilizados en la primera configuración se va a definir qué cantidad de operarios son necesarios en cada turno.

En la primera configuración se tiene un total de 10 operarios trabajando en el primer turno (Tabla 15). Uno de ellos se dedica principalmente a trasladar los palets que van a ser enviados directamente en este formato. Otros dos se dedican a la carga de camiones y otros dos a la consolidación y preparación de pedidos. Estos 5 operarios seguirán realizando estas tareas.

El cambio reside en la zona de picking donde había 5 operarios realizando el picking a mano. En esta configuración este número se reduce a 1 que realizará tareas de consolidación apoyando a los dos operarios de la zona de preparación de pedidos. Este operario extra es necesario ya que las tareas de consolidación de pedidos aumentarán. Esto es debido a que, lo que antes era un picking de pedido combinado con un picking zonal, ahora es un picking individual que permitirá al transelevador alcanzar su tasa de actividad optimizando sus desplazamientos. Entonces se pasa de tener 10 operarios en la primera configuración a 6 operarios en esta.

En cuanto al segundo turno en la primera configuración el número total de operarios es de 11 (Tabla 15). Tres de ellos, dedicados exclusivamente a las tareas realizadas en carretilla, se mantienen. Los tres operarios que trabajan en la zona de recepción de pedidos descargando camiones y realizando los controles de calidad previstos también se mantienen. La diferencia de nuevo reside en la zona de picking. En este caso, va a ser más complicado reducir el número de operarios ya que la reposición del picking se realizará introduciendo en los transelevadores los diferentes SKUs uno a uno. Entonces hará un operario por transelevador, es decir 4. Así, se reduce el número en este turno de 11 a 10 operarios.

Se muestra a continuación una tabla con el resumen de operarios necesarios.

1er turno: Preparación de pedidos			2º turno: Recepción y Reposición de productos		
Nº de operarios	Operaciones	Tiempo (horas)	Nº de operarios	Operaciones	Tiempo (horas)
1	Traslado de palets de zona de reserva a playa	4	2	Descarga de camiones	13,75
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	3,5		Auxiliar: Control de calidad	1,25
2	Carga de camiones	13,75	1	Control de calidad	7,5
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	1,25	3	Reposición de paltes de productos tipo 1 y 2 a zona de reserva	12,8
3	Consolidación de pedidos	22,5		Traslado de palets de producto tipo 3 a zona de picking	1
				Traslado de palets de zona de reserva a picking	9,5
			4	Reposición en picking	30
Número total de operarios en turno: 6			Número total de operarios en turno: 10		

Tabla 23: Resumen del número de operarios necesarios en la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)

6.2.4. Distribución en planta

En cuanto a la distribución en planta se siguen incluyendo en esta configuración los espacios auxiliares planteados en la configuración anterior: espacios para el personal, para administración, para equipos de manutención, para cuarentena y para palets y depósitos vacíos. Entre estos hay uno que se reformula y es que se aumenta la zona para los equipos de manutención incluyendo un espacio para el mantenimiento ya que con la nueva tecnología implantada este factor será más notable. Estos espacios se siguen incluyendo en la parte superior de la nave.

A continuación, se presenta una ilustración donde se puede ver el layout del almacén. Se incluye también en los anexos (ANEXOS: PLANOS) un plano más detallado de este.

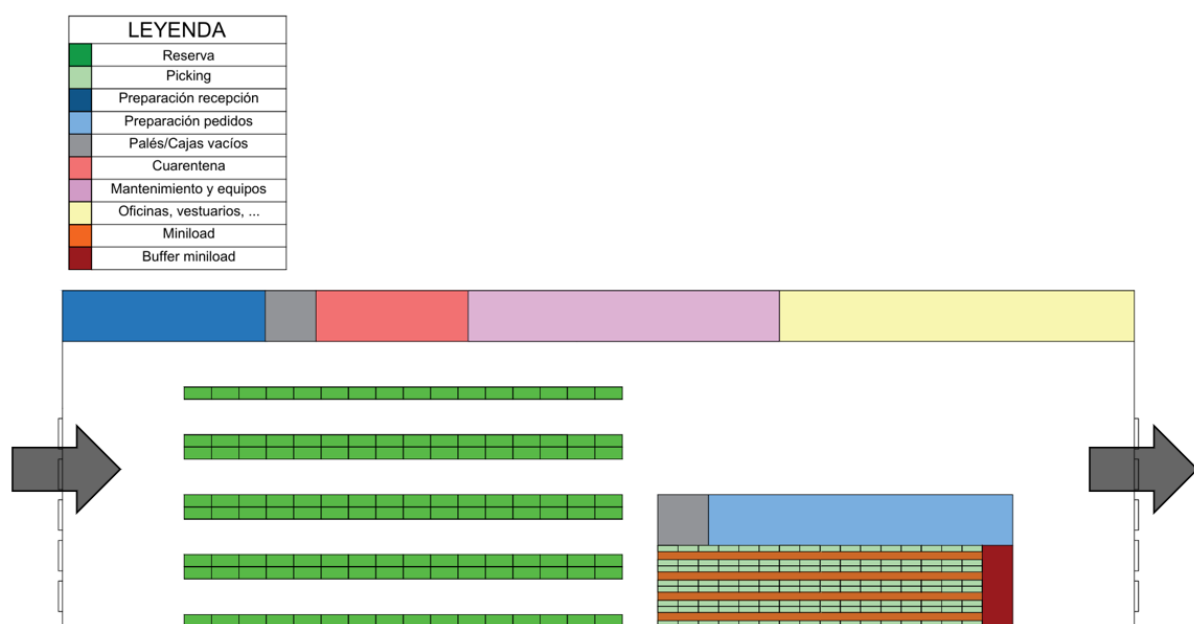


Ilustración 49: Layout de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)

De nuevo, se ha optado por un almacén orientado al flujo que agiliza los movimientos del producto y, además, facilita la instalación de medios automatizados. En este caso, eran necesarios 140 estanterías para la zona de picking pero se ha optado por obtener 144 con el fin de encuadrar esta zona. Además, el número de filas es menor ya que este debe acoplarse al número de transelevadores (4) dimensionados, pasando de 14 filas a 8. El número de módulos por fila también se reduce de 20 a 18. También los pasillos disminuyen de tamaño pasando de 1,8 metros de anchura a 0,8 metros. Para aprovechar esta reducción de espacio se ha decidido pasar la zona de preparación de pedidos de la parte superior a estar pegada a la zona de picking. Además, en cuanto a las estructuras de picking, se ha incluido un buffer donde los transelevadores pueden depositar los productos para la recogida por parte de los operarios y mantener la tasa de actividad de estos equipos. Se puede observar que queda una zona libre en la parte superior a la zona de picking. Esta añade flexibilidad al diseño permitiendo añadir a futuro más sistemas, recomponer el layout o trabajar si existe algún fallo fatal en el sistema.



	Superficie (m ²)
Reserva	1019,52
Picking	280
Preparación recepción	100
Preparación pedidos	150
Palés/cajas vacíos	50
Cuarentena	75
Mantenimiento y equipos	153,5
Oficinas, vestuarios	175
Playas, pasillos	1495,65
TOTAL	3498,67

Tabla 24: Superficie de las diferentes zonas de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)

Lo más destacable en cuanto a las superficies de las diferentes zonas es la reducción de la zona de picking pasando de 840 metros cuadrados a 280 metros cuadrados. Además, se reduce el tamaño de la nave de 3664,2 metros cuadrados a 3498,7 metros cuadrados pese a que se ha aumentado la zona de preparación de pedidos ya que se necesita más espacio para una consolidación de pedidos más compleja.

6.2.5. Estimación de coste e inversión

Como se ha procedido en la configuración anterior se hace una estimación de los costes anuales y de la inversión inicial teniendo en cuenta 4 grupos: instalaciones, medios de manutención, medios de almacenamiento y coste de personal. Se añade también la tabla resumen con el conjunto de estos dos términos según los grupos definidos.

En cuanto a los costes de las **instalaciones** se tienen los mismos términos que en la configuración anterior. Se ha utilizado el mismo proceso de cálculo, pero haciendo ligeras modificaciones en ciertos valores. Se tiene en cuenta que el coste de mantenimiento y el coste de los servicios generales aumentará ya que las estructuras “miniload” requieren más cantidad de estas. Por una parte, es evidente que el mantenimiento será más significativo en un sistema más automatizado. En este caso ha pasado de un 1% del coste de la nave a un 2%, duplicando así la estimación para este. Por otra parte, el gasto energético para el funcionamiento de los transelevadores aumentará el coste de servicios generales. Se aumenta así de un 8% a un 10%. Además, el sistema de gestión de almacenes será más complejo ya que requerirá un seguimiento más preciso de los niveles de stock ya que será más difícil de controlar visualmente y, también, este SGA tendrá que preparar las rutas óptimas de los transelevadores según los pedidos. Así, se duplica su coste pasando de 75.000 euros a 150.000 euros.

	Tipo de unidad	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Nave	m ²	3498,67	430	1.504.428,10 €	25	60.177,12 €
Instalaciones auxiliares	% por € nave	10	-	150.442,81 €	25	6.017,71 €
Mantenimiento	% por € nave	2	-	-	-	30.088,56 €
Servicios (energía, agua,...)	% por € nave	10	-	-	-	150.442,81 €
SGA	-	1	75000	150.000,00 €	10	15.000,00 €
TOTAL				1.804.870,91 €		261.726,21 €

Tabla 25: Costes de las instalaciones de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)



Para los costes de los **medios de manutención** se tiene en cuenta la cantidad de estos necesaria (Tabla 22) y los costes aproximados de la parte teórica (Tabla 1). Como en la configuración anterior, se añaden dos retráctiladoras de palets para la consolidación de cargas en diferentes zonas.

	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Transpaleta eléctrica	2	3500	7.000,00 €	10	700,00 €
Carro recogepedidos	4	500	2.000,00 €	10	200,00 €
Carretilla contrapesada (7m)	3	17000	51.000,00 €	10	5.100,00 €
Transelevadores MINILOAD	4	150000	600.000,00 €	10	60.000,00 €
Células MINILOAD	14066	25	351.650,00 €	10	35.165,00 €
Retráctiladora palets	2	3000	6.000,00 €	10	600,00 €
TOTAL			1.017.650,00 €		101.765,00 €

Tabla 26: Costes de los medios de manutención de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)

Para los costes de los **medios de almacenamiento** se utiliza el dimensionamiento realizado. Además, se toman como referencia las mismas aproximaciones por módulos añadiendo un 50% del precio para las estanterías de picking ya que estas cuentan con el doble de altura que las de la primera configuración.

	Tipo de unidad	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Estantería convencional palet	Módulo	128	450	57.600,00 €	20	2.880,00 €
Estantería convencional picking	Módulo	144	450	64.800,00 €	20	3.240,00 €
TOTAL				122.400,00 €		6.120,00 €

Tabla 27: Costes de los medios de almacenamiento de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a los costes de **personal**, para el número de operarios se tiene en cuenta lo dimensionado en apartados anteriores (Tabla 23). Además, como en la primera configuración, se han añadido un administrativo y un jefe de almacén por turno. De nuevo, los costes de los trabajadores son aproximaciones en las que se tienen en cuenta los costes de seguridad social.

	Cantidad	€/pers.año	Coste anual
Jefe de almacén	2	40000	80.000,00 €
Administrativo	2	30000	60.000,00 €
Operarios	16	25000	400.000,00 €
TOTAL			540.000,00 €

Tabla 28: Costes de mano de obra de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)



El resumen general de esta configuración es el siguiente:

	Inversión	Coste anual
Costes de instalaciones	1.804.870,91 €	261.726,21 €
Costes medios de manutención	1.017.650,00 €	101.765,00 €
Coste medios de almacenamiento	122.400,00 €	6.120,00 €
Costes de personal	-	540.000,00 €
TOTAL	2.944.920,91 €	909.611,21 €

Tabla 29: Resumen de los costes de la segunda configuración (Fuente: Elaboración propia)



6.3. Tercera configuración

De nuevo, para tener otra configuración con una componente de automatización, se opta por redefinir la zona de picking conservando las operaciones de recepción de pedidos, reserva y preparación de pedidos. En este caso se seleccionará otra tecnología a aplicar para obtener una solución diferente. Este apartado se estructura como el de la segunda configuración.

6.3.1. Medios de almacenamiento

En este caso, las selecciones de los medios de almacenamiento y de los medios de manutención van de la mano ya que se va a escoger utilizar **carruseles, tanto horizontales como verticales**, que hacen a la vez la función de almacenamiento y manutención. Para poder encuadrar este sistema en dos apartados diferentes se dividirá su dimensionamiento. Por una parte, se obtendrá el volumen total necesario para estos equipos. Por otra parte, se obtendrán las dimensiones y cantidades de cada tipo.

El máximo stock en picking es de 560,381 metros cúbicos (Tabla 9) que habrá que repartir entre los diferentes tipos de carrusel. Este volumen será repartido en carruseles horizontales donde se almacenarán las cajas y unidades de mayor volumen y carruseles verticales que permitirán almacenar volúmenes de menor dimensión. Con los datos aportados no se ha encontrado manera lógica de calcular estos volúmenes. Por ello, se aproximan interpretando que los primeros representan el 90% y los segundos el 10%. Así, el volumen útil para los carruseles horizontales será 504,35 metros cúbicos y 56,05 metros cúbicos para los carruseles verticales. Se estima además que el volumen útil de este tipo de tecnologías será el 50% del volumen total ya que hay que tener en cuenta los elementos mecánicos, los estantes y las carcasas que la componen. Así, los volúmenes totales necesarios serán: **1008,7 y 112,1 metros cúbicos respectivamente**.

6.3.2. Medios de manutención

Una vez obtenidos los metros cúbicos necesarios se van a dimensionar los carruseles, para luego obtener la cantidad necesaria de estos. Lo primero que se va a determinar es la altura de cada tipo. Para los carruseles horizontales, como los operarios tienen que ser capaces de alcanzar los productos, la altura será de 2,5 metros. Para los verticales, esta altura se duplicará, ya que los productos siempre se recogerán al mismo nivel (1,2 metros de altura), alcanzando los 5 metros. Lo segundo es determinar la anchura. Para ambos casos suelen ser anchuras estándar, en la primera opción de 2,5 metros y en la segunda de 2 metros. Queda solo determinar la longitud de ambos. Para ello, como la zona de reserva se va a mantener igual se utiliza el ancho de esta en la primera configuración que es de 23,6 metros. Si se tiene en cuenta que se va a dejar un espacio de 2 metros para que los operarios puedan manipular estos equipos quedan 21,6 metros usables, pero se decide utilizar 20. Se determina entonces que las dimensiones de los carruseles (por fila) serán: 20x2,5x2,5 (125 m³) para los horizontales y 20x2x5 (200 m³) para los verticales.

Ahora toca obtener la cantidad de estos equipos necesaria. Para ello, se va a utilizar el factor de 0,8 de la regla del 85% ya que una vez instalados estos equipos no va a existir mucha flexibilidad para redimensionarlos. Dividiendo el volumen necesario obtenido en el apartado anterior por el volumen de los carruseles y el factor comentado se obtiene que se necesitan 10,1 carruseles horizontales y 0,7 carruseles verticales.



Queda por comprobar si la tasa de actividad de los equipos escogidos es suficiente. Se tiene en cuenta que entre cajas y unidades sueltas se tienen que preparar 1.978 líneas de pedido en su pico máximo. Antes de comprobar esta característica, se tiene en cuenta que en vez de tener un único carrusel vertical de 20 metros de anchura se va a dividir en **4 carruseles verticales** diferentes obteniendo una anchura por unidad de 5 metros, lo que para este tipo de medio de manutención parece más razonable. Además, como se ha aplicado un factor de 0,8 para los carruseles horizontales y al tener un valor cercano a la unidad (10,1) se decide contar con **10 carruseles horizontales**. Como cada carrusel tiene una tasa de actividad de 100 líneas de pedido/hora y se cuenta con 14 en total y las horas efectivas del turno de preparación de pedidos son 7,5 horas se tiene que si hubiese suficientes operarios se podría alcanzar la cifra de 10.500 líneas de pedido. Se puede afirmar que la cantidad está correctamente definida.

Incluyendo los medios de manutención que se necesitan para otras operaciones y carros recogepedidos para el uso de los operarios de la zona definida queda la Tabla 30.



		1er turno: Preparación de pedidos		2º turno: Recepción y Reposición de productos		
Equipo de manutención		Operaciones	Tiempo de uso (horas)	Operaciones	Tiempo de uso (horas)	Cantidad total (uds)
Transpaleta eléctrica		Carga de camiones	13,75	Descarga de camiones	13,75	2
Carretilla contrapesada		Traslado de palets enviados en este formato a la zona de reserva	4	Reposición de palets de producto tipo 1 y 2 a zona de reserva	12,8	3
				Traslado de palets de producto tipo 3 a zona de picking	1	
				Traslado de palets de reserva a picking	9,5	
Carrusel	Horizontal (20x2,5x2,5)	Picking	-	Reposición en picking	-	10
	Vertical (5x2x5)	Picking	-	Reposición en picking	-	4
Carros recogepedidos		Consolidación de pedidos	-	Reposición picking	-	4

Tabla 30: Resumen de los medios de manutención de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

6.3.3. Operarios por turno

Como en la segunda configuración se toma como base la cantidad de operarios utilizados en la primera configuración para definir qué cantidad de operarios son necesarios en cada turno.

En la primera configuración se tiene un total de 10 operarios trabajando en el primer turno (Tabla 15). Uno de ellos se dedica principalmente a trasladar los palets que van a ser enviados directamente en este formato. Otros dos se dedican a la carga de camiones y otros dos a la consolidación y preparación de pedidos. Estos 5 operarios seguirán realizando estas tareas.

De nuevo, el cambio reside en la zona de picking donde había 5 operarios realizando el picking a mano. En esta configuración, teniendo en cuenta que los carruseles trabajan con una tasa de actividad de 100 líneas de pedido por hora y con 7,5 horas útiles por turno por operario se necesitarán 3 operarios (2,63) que operen estos medios para recoger y trasladar los artículos a la zona de preparación de pedidos para su consolidación. En este caso no se aplica el factor de 0,8 de la regla del 85% porque siempre se está a tiempo de formar a un operario más. Además, hay que tener en cuenta que, de la misma manera que para la primera configuración, se añaden 2 operarios para la consolidación de pedidos. Quedando 8 operarios necesarios para este turno.

En cuanto al segundo turno, en la primera configuración el número total de operarios es de 11 (Tabla 15). Tres de ellos, dedicados exclusivamente a las tareas realizadas en carretilla, se mantienen. Los tres operarios que trabajan en la zona de recepción de pedidos descargando camiones y realizando los controles de calidad previstos también se mantienen. La diferencia de nuevo reside en la zona de picking. De la misma forma que para el turno anterior, 3 operarios estarán operando los carruseles. Además, se añade otro operario que fraccione los palets para poder cumplir con la tasa de actividad necesaria sin que esta se vea alterada por esta operación extra. Se reduce entonces el número de operarios de 11 a 10.

Se muestra a continuación una tabla con el resumen de operarios necesarios.

1er turno: Preparación de pedidos			2º turno: Recepción y Reposición de productos		
Nº de operarios	Operaciones	Tiempo (horas)	Nº de operarios	Operaciones	Tiempo (horas)
1	Traslado de palets de zona de reserva a playa	4	2	Descarga de camiones	13,75
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	3,5		Auxiliar: Control de calidad	1,25
2	Carga de camiones	13,75	1	Control de calidad	7,5
	Auxiliar: Consolidación de pedidos	1,25	3	Reposición de palets de productos tipo 1 y 2 a zona de reserva	12,8
3	Picking (Operar carruseles)	22,5		Traslado de palets de producto tipo 3 a zona de picking	1
2	Consolidación de pedidos	15		Traslado de palets de zona de reserva a picking	9,5
			4	Reposición en picking	37,5
Número total de operarios en turno: 8			Número total de operarios en turno: 10		

Tabla 31: Resumen del número de operarios necesarios en la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

6.3.4. Distribución en planta

En cuanto a la distribución en planta se siguen incluyendo en esta configuración los espacios auxiliares contemplados: espacios para el personal, para administración, para equipos de manutención, para cuarentena y para palets y depósitos vacíos. Pero, de la misma manera que en la segunda configuración que tenía la zona de picking automatizada se ha decidido aumentar la zona para equipos de manutención para incluir un espacio para el mantenimiento del sistema. En este caso, como en la primera configuración todos estos espacios se siguen incluyendo en la parte superior de la nave.

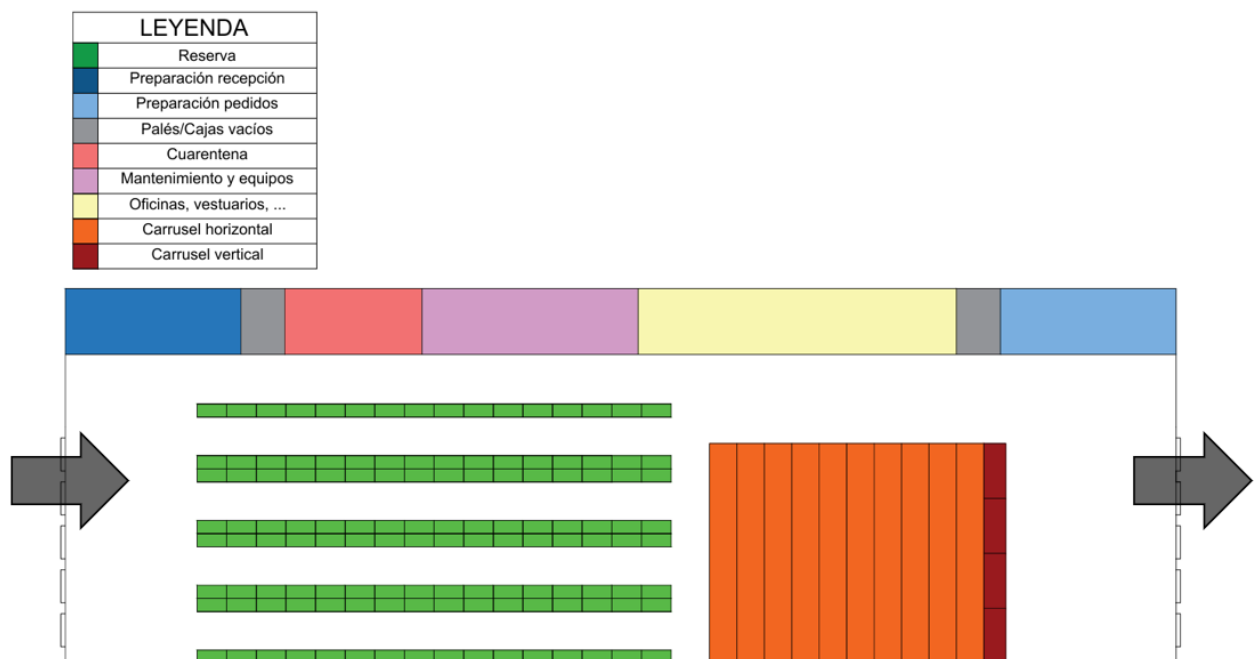


Ilustración 50: Layout de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

De nuevo, se ha optado por un almacén orientado al flujo que, como se ha comentado anteriormente, agiliza los movimientos del producto y, además, facilita la instalación de medios automatizados. Los carruseles se han distribuido en bloque dejando la entrada a los carruseles horizontales por la parte superior del esquema y para los verticales por la parte derecha. Se puede observar que para los carruseles horizontales se ha dejado un espacio de 3,6 metros en la parte superior para que los operarios con carros recogepedidos puedan recoger los productos. También se ha añadido un espacio de 3,5 metros entre los carruseles verticales con la playa de carga de camiones para que los operarios puedan operar con la seguridad suficiente. Además, como la nave en sí es menos larga, se ha aumentado el ancho de las zonas auxiliares a cambio de reducir su longitud para que se pudiesen acoplar a esta dimensión.



	Superficie (m ²)
Reserva	1019,52
Picking	719,8
Preparación recepción	96
Preparación pedidos	96
Palés/cajas vacíos	48
Cuarentena	75
Mantenimiento y equipos	118,2
Oficinas, vestuarios	174
Playas, pasillos	1104,4
TOTAL	3450,92

Tabla 32: Superficie de las diferentes zonas de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a las superficies de las zonas, de nuevo, la zona de picking es más pequeña que la de la primera configuración (840 metros cuadrados) siendo 719,8 metros cuadrados. Esto permite reducir también la superficie total de la nave a 3450,9 metros cuadrados pese al aumento de la zona de equipos de manutención incluyendo el mantenimiento.

6.3.5. Estimación de coste e inversión

En esta configuración se vuelve a resumir la estimación de costes e inversión en 4 grupos: instalaciones, medios de manutención, medios de almacenamiento y coste de personal. Se añade también la tabla resumen con el conjunto de estos dos términos según los grupos definidos.

Como en la segunda configuración ciertos valores de los términos de los costes de las **instalaciones** se han modificado. Por la misma razón, procesos automatizados que requieren más mantenimiento y energía, los porcentajes del coste de mantenimiento y de los servicios generales se han aumentado a 2% y 10% respectivamente. Además, el coste del sistema de gestión de almacenes también se ha cambiado a 100.000 euros. Este coste es superior al de la primera configuración porque se necesita mayor seguimiento de los niveles de stock porque son más difíciles de controlar visualmente, pero inferior al de la segunda configuración porque no hace falta configurar las rutas óptimas de los equipos de manutención.

	Tipo de unidad	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Nave	m ²	3450,92	430	1.483.895,60 €	25	59.355,82 €
Instalaciones auxiliares	% por € nave	10	-	148.389,56 €	25	5.935,58 €
Mantenimiento	% por € nave	2	-	-	-	29.677,91 €
Servicios (energía, agua,...)	% por € nave	10	-	-	-	148.389,56 €
SGA	-	1	75000	100.000,00 €	10	10.000,00 €
TOTAL				1.732.285,16 €		253.358,88 €

Tabla 33: Costes de las instalaciones de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

Para los costes de **medios de manutención** se toma como referencia la Tabla 1, aun así, para los carruseles que además podrían también estar encuadrados en los medios de almacenamiento, se va a modificar el coste debido a la diferencia en dimensiones de estos y los que se usan como referencia.

Para ello, se va a calcular el coste de cada tipo por metro cúbico para luego multiplicar este coste por el volumen de los carruseles diseñados. Se muestran dos tablas con los valores obtenidos.

Carrusel horizontal	
Metros cúbicos equipo estándar	70
Coste equipo estándar	45.000,00 €
Coste/metro cúbico equipo	642,86 €
Metros cúbicos equipo almacén	125,0
Coste equipo almacén	80.357,14 €

Tabla 34: Cálculo del coste del carrusel horizontal tipo utilizado (Fuente: Elaboración propia)

Carrusel vertical	
Metros cúbicos equipo estándar	40
Coste equipo estándar	35.000,00 €
Coste/metro cúbico equipo	875,00 €
Metros cúbicos equipo almacén	50
Coste equipo almacén	43.750,00 €

Tabla 35: Cálculo del coste del carrusel vertical tipo utilizado (Fuente: Elaboración propia)

Una vez obtenidos todos los costes de los equipos se realiza la tabla del coste e inversión de los **medios de mantenimiento** teniendo en cuenta las cantidades necesarias (Tabla 30). Se tiene en cuenta de nuevo el añadir dos retráctiladoras de palets para las operaciones auxiliares.

	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Transpaleta eléctrica	2	3500	7.000,00 €	10	700,00 €
Carro recogepedidos	4	500	2.000,00 €	10	200,00 €
Carretilla contrapesada (7m)	3	17000	51.000,00 €	10	5.100,00 €
Carrusel horizontal	10	80.357,14 €	803.571,43 €	10	80.357,14 €
Carrusel vertical	4	43.750,00 €	175.000,00 €	10	17.500,00 €
Retráctiladora palets	2	3000	6.000,00 €	10	600,00 €
TOTAL			1.044.571,43 €		104.457,14 €

Tabla 36: Costes de los medios de mantenimiento de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

Para el coste de los **medios de almacenamiento** se utiliza el número de estanterías necesarias en la zona de reserva que es el mismo de la primera configuración. Como ya se ha comentado los equipos de almacenamiento de la zona de picking se enmarcan en los medios de mantenimiento ya que los carruseles hacen ambas funciones.

	Tipo de unidad	Cantidad	€/unidad	Inversión	Amortización	Coste anual
Estantería convencional palet	Módulo	128	450	57.600,00 €	20	2.880,00 €
TOTAL				57.600,00 €		2.880,00 €

Tabla 37: Costes de los medios de almacenamiento de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)



En cuanto a los costes de personal, para el número de operarios se tiene en cuenta lo dimensionado en apartados anteriores (Tabla 31). Además, como en configuraciones anteriores, se han añadido un administrativo y un jefe de almacén por turno. De nuevo, los costes de los trabajadores son aproximaciones en las que se tienen en cuenta los costes de seguridad social.

	Cantidad	€/pers.año	Coste anual
Jefe de almacén	2	40000	80.000,00 €
Administrativo	2	30000	60.000,00 €
Operarios	18	25000	450.000,00 €
TOTAL			590.000,00 €

Tabla 38: Costes de mano de obra de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

El resumen general de esta configuración es el siguiente:

	Inversión	Coste anual
Costes de instalaciones	1.732.285,16 €	253.358,88 €
Costes medios de manutención	1.044.571,43 €	104.457,14 €
Coste medios de almacenamiento	57.600,00 €	2.880,00 €
Costes de personal	-	590.000,00 €
TOTAL	2.834.456,59 €	950.696,02 €

Tabla 39: Resumen de los costes de la tercera configuración (Fuente: Elaboración propia)

7. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

En este apartado se selecciona la solución final entre las tres configuraciones. Primero, se realiza una valoración económica de las diferentes propuestas comparándolas según sus inversiones iniciales y sus costes anuales. Después, se utiliza la metodología AHP (“Proceso Analítico Jerárquico”) donde se tienen en cuenta estos criterios y otros factores cualitativos que pueden afectar a la toma de decisión. Esta metodología es un método cuantitativo para la toma de decisiones multicriterio comúnmente utilizado.

7.1. Valoración económica

Como ya se anunció en la introducción las alternativas se diseñan cumpliendo sí o sí los requerimientos logísticos necesarios en cuanto a nivel de inventarios y preparación de pedidos para cumplir con el plazo de servicio de 5 días marcado por el cliente. Para ello, se han dimensionado los medios de almacenamiento y manutención para el pico de trabajo máximo durante 5 días promediado para obtener el valor diario. Solo queda por valorar los objetivos económicos marcados por la empresa que son que la inversión inicial no supere 3 millones de euros y que los costes anuales sean inferiores a 1 millón de euros (Objeto del documento y objetivos asociados). Se presenta a continuación una gráfica con las alternativas con sus valores de inversión y costes y una tabla resumen de los costes.

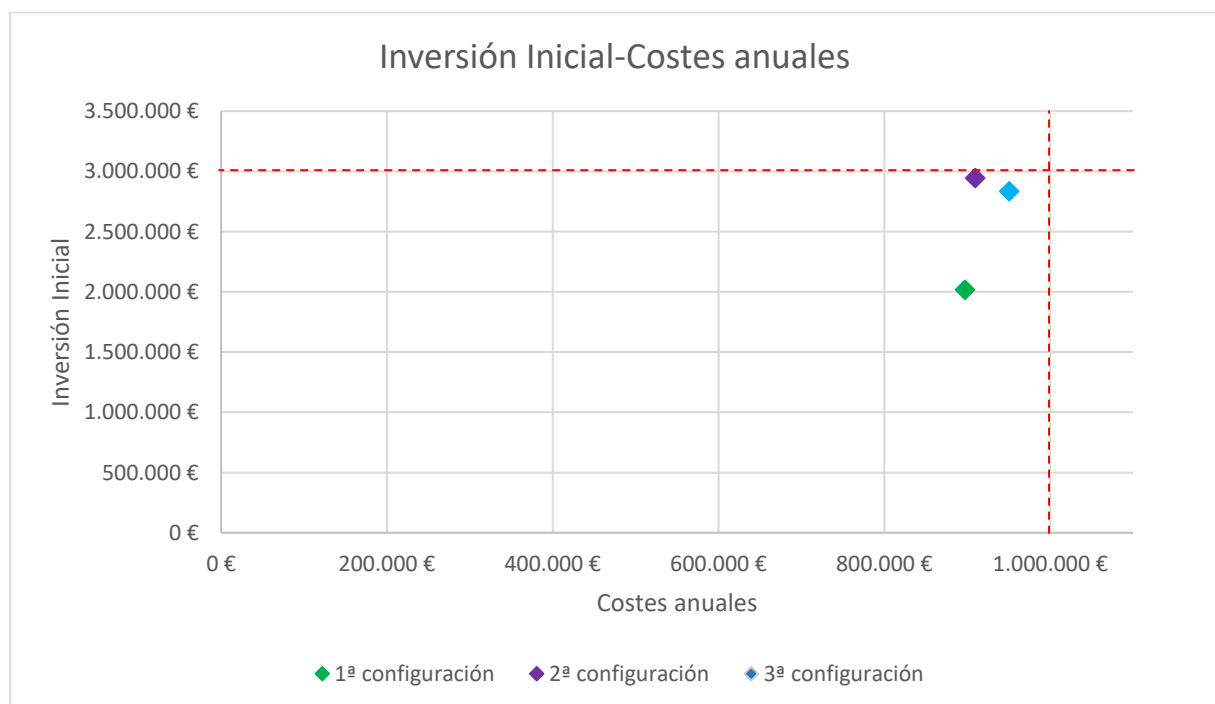


Ilustración 51: Comparación de las alternativas por criterios económicos (Fuente: Elaboración propia)

	1ª configuración	2ª configuración	3ª configuración
Costes anuales	▶ 897.409,48 €	▶ 909.611,21 €	▶ 950.696,02 €
Inversión inicial	▶ 2.016.752,41 €	▶ 2.944.920,91 €	▶ 2.834.456,59 €

Tabla 40: Comparación de las alternativas por criterios económicos (Fuente: Elaboración propia)

Para todas las configuraciones se cumplen los límites marcados por la empresa, por ello cualquier configuración podría ser válida. Se puede observar que las configuraciones con mayor grado de automatización (segunda y tercera) tienen una inversión inicial mayor, ya que se tienen que adquirir los equipos necesarios para cumplir con su diseño. Además, no solo la primera configuración tiene una componente de inversión menor, sino que sus costes anuales son menores. Esto es debido a que, pese a haber reducido el coste de mano de obra considerablemente gracias a la automatización, las otras configuraciones tienen costes mayores por culpa de un mantenimiento y un gasto energético superiores y, principalmente, unas amortizaciones mayores de los equipos.

7.2. Selección mediante la metodología AHP

La metodología AHP (Analytic Hierarchy Process o Proceso Analítico Jerárquico) es una técnica estructurada para la toma de decisiones multicriterio. Esta herramienta ayuda a los tomadores de decisiones a establecer prioridades entre los diferentes criterios previamente definidos. Los pasos fundamentales se pueden resumir en 3:

- 1. Jerarquización del problema** de decisión en tres niveles distintos:
 - Nivel 1: Objetivo
 - Nivel 2: Criterios
 - Nivel 3: Alternativas
- 2. Establecimiento de prioridades** mediante comparación binaria de los elementos del mismo nivel. Se compara cada criterio o alternativa *i* con cada criterio o alternativa *j*. Se responde a la pregunta ¿Es el criterio *i* igual o más importante que el criterio *j*? Para ello, se utiliza una escala numérica predefinida.
- 3. Construcción de la matriz de decisión y cálculo de prioridades globales asociadas a cada alternativa.** Se agregan las prioridades obtenidas en cada nivel por suma ponderada.

Estos pasos van a ser la base para estructurar este apartado.

7.2.1. Jerarquización del problema

El **primer nivel** corresponde al objetivo que en este caso es: “**Seleccionar la mejor configuración para el centro de distribución**”.

El **segundo nivel** corresponde a los criterios que se van a utilizar para llevar a cabo la decisión. Como ya se ha comentado, los dos primeros criterios que se tienen en cuenta son la **inversión inicial** y el



coste anual. Además, se añaden otros cuatro factores cualitativos que pueden ser importantes para escoger la mejor alternativa:

- **Flexibilidad en el layout.** Si a futuro se decide cambiar ciertas zonas del almacén, un tamaño mayor de la nave dará mayor flexibilidad a la hora de reorganizar estas. Además, ciertas tecnologías son más fáciles de trasladar que otras debido a las necesidades de desmontaje y montaje.
- **Adaptabilidad ante cambios repentinos de demanda o estacionalidad.** Si las necesidades del centro de distribución cambian repentinamente es más factible aumentar o disminuir la capacidad del almacén en las configuraciones con mayor mano de obra. En cambio, en configuraciones con alta componente automática son más restrictivas para este caso.
- **Imagen.** Configuraciones con alta componente automática mejoran la imagen de la empresa ante proveedores y clientes.
- **Respuesta ante averías.** Configuraciones con alta componente automática tienen menos capacidad de respuesta ante averías y estas suelen ser más comunes.

El **tercer nivel** corresponde a las alternativas que se van a proponer. Lógicamente estas corresponden a las distintas configuraciones definidas a lo largo del trabajo: **configuración 1** (picking a mano), **configuración 2** (picking “miniload”) y **configuración 3** (picking con carruseles).

7.2.2. Establecimiento de prioridades

Este paso se divide en dos: ponderación de criterios y valoración de las alternativas. En la primera parte, se comparan los diferentes criterios definidos de manera detallada con el fin de entender las operaciones llevadas a cabo. Esto servirá también como base para la segunda parte en la que se omitirán estos detalles con el fin de dar claridad al desarrollo de la metodología.

7.2.2.1. Ponderación de criterios

En esta parte se van a obtener las ponderaciones de los criterios utilizando una matriz ponderada. Para ello, se dará respuesta a las diferentes preguntas de formato: ¿Es el criterio i igual, más o menos importante que el criterio j? La respuesta será en forma numérica según la escala siguiente:



Valor Asignado	Definición
1	Igual importancia
2	Valor intermedio
3	Importancia moderada
4	Valor intermedio
5	Importancia fuerte
6	Valor intermedio
7	Importancia muy fuerte
8	Valor intermedio
9	Extrema importancia

Tabla 41: Valores según importancia entre criterios (Fuente: Elaboración propia)

Solo es necesario realizar $\frac{n*(n-1)}{2}$ comparaciones siendo n el número de criterios. En este caso, al tener 6 criterios hay que realizar 15 comparaciones. Se definen a continuación estas comparaciones siendo el primer criterio el que se valora como de mayor o menor importancia del segundo:

- **Inversión/Coste anual: 1.** Misma importancia ya que se asume que la financiación inicial necesaria para el proyecto y el coste anual están al mismo nivel.
- **Inversión/Flexibilidad: 9.** Extrema importancia ya que el coste de inversión inicial es uno de los criterios más importantes y la flexibilidad para reestructurar el almacén no lo es ya que se ha tenido en cuenta en el diseño la predicción de la evolución del mercado.
- **Inversión/Adaptabilidad: 6.** Entre importancia fuerte y muy fuerte ya que los cambios repentinos en la demanda no deberían de ser frecuentes.
- **Inversión/Imagen: 7.** Importancia muy fuerte ya que la imagen no es un criterio tan importante si se tiene en cuenta que los clientes finales son los de las tiendas y se asume que el tipo de tecnología utilizada en el almacén no tendrá tanto impacto en estos.
- **Inversión/Respuesta ante averías: 5.** Importancia fuerte ya que la inversión sigue teniendo mucho peso, pero en este caso la respuesta ante averías sí que es un factor a tener en cuenta.
- **Coste anual/Flexibilidad: 9.** Mismo caso que para la inversión.
- **Coste anual/Adaptabilidad: 6.** Mismo caso que para la inversión.
- **Coste anual/Imagen: 7.** Mismo caso que para la inversión.
- **Coste anual/Respuesta ante averías.** Mismo caso que para la inversión.
- **Adaptabilidad/Flexibilidad: 3.** Importancia moderada ya que el caso de necesitar adaptar la capacidad a la demanda por un cambio repentino es más probable que reestructurar el almacén.
- **Adaptabilidad/Imagen: 3.** Importancia moderada ya que es más útil poder adaptarse a demanda variable que lo que aporta a los clientes aplicar tecnologías punteras en el almacén.



- **Imagen/Flexibilidad: 4.** Entre importancia moderada y fuerte ya que el segundo criterio parece poco útil.
- **Respuesta ante averías/Flexibilidad: 7.** Importancia muy fuerte ya que las consecuencias de no tener respuesta ante averías pueden ser catastróficas.
- **Respuesta ante averías/Adaptabilidad: 3.** Importancia moderada por comparación entre probabilidad de ocurrir y consecuencias económicas de ambas.
- **Respuesta ante averías/Imagen: 5.** Importancia fuerte ya que parece mejor tener capacidad de respuesta ante averías en los medios utilizados que la imagen proporcionada por estos.

Una vez definidas las importancias relativas entre criterios se rellena la matriz ponderada. Esta matriz es de doble entrada donde en ambos casos son los criterios los que forman las entradas. Se completa con los valores obtenidos para los casos definidos y las inversas para los casos contrarios. Luego, se calculan las medias geométricas de los criterios que corresponderán al peso de cada uno respectivamente. Se muestra a continuación la tabla obtenida realizando estos pasos:

	Inversión Inicial	Coste Anual	Flexibilidad	Adaptabilidad	Imagen	Respuesta averías	Peso
Inversión Inicial	1	1	9	6	7	5	0,366
Coste Anual	1	1	9	6	7	5	0,366
Flexibilidad	0,111	0,111	1	0,333	0,25	0,143	0,024
Adaptabilidad	0,167	0,167	3	1	3	0,333	0,069
Imagen	0,143	0,143	4	0,333	1	0,2	0,044
Respuesta averías	0,2	0,2	7	3	5	1	0,132

Tabla 42: Matriz ponderada de criterios (Fuente: Elaboración propia)

Solo queda por comprobar el ratio de consistencia que determina si existe coherencia entre las importancias aplicadas a las parejas de criterios. Para obtenerlo se divide el índice de consistencia de la matriz por el índice de consistencia random para el número de componentes de la matriz $\left(\frac{IC}{ICR}\right)$. Se pueden observar los valores del índice de consistencia random según el número de componentes en la Tabla 43. En cuanto al índice de consistencia de la matriz se calcula usando el autovalor principal de la matriz y el número de componentes: $\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$. Calculando ambos índices se obtiene un ratio de aproximadamente 0,08 que es inferior a 0,1 que es el valor límite de este ratio para 5 o más componentes (6 criterios en este caso). Se afirma que la matriz es consistente y se confirman los pesos para los criterios.

n	1	2	3	4	5	6	7
ICR	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341

Tabla 43: Índices de consistencia random según número de componentes (Fuente: Elaboración propia)

7.2.2.2. Valoración de las alternativas

En este apartado se valoran las alternativas según cada criterio. Para los factores cualitativos se utilizará la misma metodología aplicada en el apartado anterior. En cambio, para los criterios económicos, al ser numéricos y asumirse que la prioridad del decisor es proporcional al coste, se calcula normalizando la suma de las inversas ya que se pretende minimizar estos criterios. A continuación, se definen las valoraciones de las alternativas criterio a criterio.

- **Inversión inicial**

Pesos de las alternativas según Inversión Inicial			
	Inversión total [Millones de €]	Inversa	Peso
Conf 1	2,017	0,4958	0,417
Conf 2	2,945	0,3396	0,286
Conf 3	2,834	0,3529	0,297

Tabla 44: Matriz ponderada de alternativas según inversión inicial (Fuente: Elaboración propia)

- **Coste anual**

Pesos de las alternativas según Coste Anual			
	Inversión total [Miles de €]	Inversa	Peso
Conf 1	897,4	0,0011	0,341
Conf 2	909,6	0,0011	0,337
Conf 3	950,7	0,0011	0,322

Tabla 45: Matriz ponderada de alternativas según coste anual (Fuente: Elaboración propia)

- **Flexibilidad en el layout**

En este caso, hay que comparar las alternativas para este criterio y utilizar la misma metodología que en el apartado anterior. Una vez obtenidos la matriz y los pesos se ha comprobado el ratio de consistencia, obteniendo un valor de 0,02 inferior a 0,05 (límite para 3 componentes).

- **Configuración 1/Configuración 2: 9.** Importancia extrema ya que el tamaño es mayor y es más fácil trasladar estanterías de picking convencionales que estructuras “miniload” que se componen de transelevadores, estanterías y módulos acoplados a estas
- **Configuración 1/Configuración 3: 7.** Importancia muy fuerte ya que el tamaño es mayor y es más fácil trasladar las estanterías de picking convencionales que los carruseles.



- **Configuración 3/Configuración 2: 3.** Importancia moderada principalmente por la diferencia de desmontaje y montaje de las tecnologías utilizadas.

Pesos de las alternativas según Flexibilidad				
	Conf 1	Conf 2	Conf 3	Peso
Conf 1	1	9	7	0,790
Conf 2	0,111	1	0,333	0,060
Conf 3	0,143	3	1	0,150

Tabla 46: Matriz ponderada de alternativas según flexibilidad (Fuente: Elaboración propia)

- **Adaptabilidad ante cambios repentinos de demanda o estacionalidad**

Se procede de la misma manera que para el criterio anterior. Una vez obtenidos la matriz y los pesos se ha comprobado el ratio de consistencia, obteniendo un valor de 0,00 inferior a 0,05 (límite para 3 componentes).

- **Configuración 1/Configuración 2: 7.** Importancia muy fuerte ya que la primera configuración tiene la posibilidad de aumentar o disminuir su capacidad variando la mano de obra.

- **Configuración 1/Configuración 3: 7.** Mismo caso

- **Configuración 2/Configuración 3: 1.** Misma importancia ya que ambas tienen poca capacidad de reacción ya que la tecnología ya está instalada.

Pesos de las alternativas según Adaptabilidad				
	Conf 1	Conf 2	Conf 3	Peso
Conf 1	1	7	7	0,778
Conf 2	0,143	1	1	0,111
Conf 3	0,143	1	1	0,111

Tabla 47: Matriz ponderada de alternativas según adaptabilidad (Fuente: Elaboración propia)

- **Imagen**

Se procede de la misma manera que en criterios anteriores. Una vez obtenidos la matriz y los pesos se ha comprobado el ratio de consistencia, obteniendo un valor de 0,03 inferior a 0,05 (límite para 3 componentes).

- **Configuración 2/Configuración 3: 9.** Importancia extrema ya que es mucho más estético y prestigioso trabajar con tecnologías lo más desarrolladas posible. En este caso, transelevadores automatizados.

- **Configuración 2/Configuración 3: 3.** Importancia moderada ya que en ambos casos se utilizan tecnologías automatizadas que otorgan prestigio, pero el funcionamiento de las estructuras "miniload" es más imponente que el de los carruseles.



- **Configuración 3/Configuración 1: 5.** Importancia fuerte ya que es más impactante el funcionamiento de los carruseles que el picking a mano.

Pesos de las alternativas según Imagen				
	Conf 1	Conf 2	Conf 3	Peso
Conf 1	1	0,111	0,200	0,063
Conf 2	9	1	3	0,672
Conf 3	5	0,333	1	0,265

Tabla 48: Matriz ponderada de alternativas según imagen (Fuente: Elaboración propia)

- **Respuesta ante Averías**

Se procede de la misma manera que en criterios anteriores. Una vez obtenidos la matriz y los pesos se ha comprobado el ratio de consistencia, obteniendo un valor de 0,03 inferior a 0,05 (límite para 3 componentes).

- **Configuración 1/Configuración 2: 9.** Importancia extrema ya que las principales posibles averías de la primera configuración se comparten con la otra configuración (Carretillas, transpaletas, ...). Además, una avería en una estructura “miniload” no solo reduce la tasa de actividad por la propia avería si no que la accesibilidad al producto de manera manual es muy tediosa.
- **Configuración 1/Configuración 3: 5.** Importancia fuerte. Parecido al caso anterior, pero en el caso de los carruseles horizontales la accesibilidad puede ser más factible.
- **Configuración 3/Configuración 2: 3.** Importancia moderada ya que en ambos casos hay poco margen de reacción, pero la accesibilidad al producto de manera manual es mejor en el primer caso.

Pesos de las alternativas según Respuesta ante Averías				
	Conf 1	Conf 2	Conf 3	Peso
Conf 1	1	9	5	0,751
Conf 2	0,111	1	0,333	0,070
Conf 3	0,200	3	1	0,178

Tabla 49: Matriz ponderada de alternativas según respuesta ante averías (Fuente: Elaboración propia)



7.2.3. Matriz de selección y solución final

Una vez obtenidos los pesos tanto para los criterios como para las alternativas según estos criterios, estos se agregan en una matriz de decisión para poder realizar una suma ponderada que resulta en el peso de cada alternativa. Se muestra a continuación la tabla final:

Pesos globales de las alternativas y selección final							
	Inversión	Coste anual	Flexibilidad	Adaptabilidad	Imagen	Resp. Avería	TOTAL
Pesos	0,366	0,366	0,024	0,069	0,044	0,132	1
Conf 1	0,417	0,341	0,790	0,778	0,063	0,751	0,452
Conf 2	0,286	0,337	0,060	0,111	0,672	0,070	0,275
Conf 3	0,297	0,322	0,150	0,111	0,265	0,178	0,273

Tabla 50: Matriz de decisión (Fuente: Elaboración propia)

El resultado final es la selección de la **primera configuración** con un peso de **0,452** comparado con los de las otras dos configuraciones: 0,275 y 0,273. Si se observa con detenimiento la matriz de decisión se deduce que esta configuración no es solo la mejor opción para los criterios económicos si no que para 3 de los 4 criterios cualitativos también lo es (Flexibilidad, Adaptabilidad y Respuesta ante averías). Así, la alternativa que se escogería tendría una **inversión inicial estimada del proyecto de 2.016.752,41 euros y un coste anual de 897.409,48 euros**.

Cabe destacar que esta selección es la respuesta al planteamiento del trabajo, pero a nivel práctico se presentarían a la dirección las tres alternativas junto a la metodología AHP previamente desarrollada para que esta tomase la decisión final.



8. CONCLUSIONES

Para empezar con las conclusiones del trabajo realizado se hace un resumen de los pasos llevados a cabo para la obtención de la solución final.

Primero, se ha acotado el problema definiendo los requerimientos por parte de la empresa cliente para el diseño del almacén central que alimentará a la red de tiendas propias de venta de material deportivo. Estos requerimientos se han traducido en objetivos, siendo estos de dos tipos: uno marcando el nivel de servicio y otros dos definiendo criterios económicos (Ilustración 1). El primero se ve definido por un plazo de servicio de 5 días indicado por la empresa cliente. Los segundos marcados por un coste de inversión inicial menor a 3 millones de euros y un coste anual inferior al millón de euros, también definidos por el cliente.

Más tarde, gracias a la facilitación por parte de la empresa de una hoja de cálculo con datos históricos, se han obtenido el perfil de stock y de preparación de pedidos. Para ello, se han aplicado transformaciones para obtener valores base. Después, se han utilizado metodologías como el análisis ABC de los artículos para adquirir los datos finales aplicables directamente a las metodologías de dimensionamiento.

Una vez obtenidos los datos necesarios y enfocándose en los objetivos marcados se han realizado de manera iterativa diferentes configuraciones. Se han diseñado tres alternativas definiendo los medios de almacenamiento, los medios de manutención, los procedimientos que marcan el número de operarios y la distribución en planta para cumplir con el plazo de servicio de 5 días marcado por la empresa.

En cuanto a los diseños realizados, el primero ha servido para definir las diferentes zonas aplicando un concepto común a los centros de distribución que es la separación de la reserva y el picking. En esta configuración se ha utilizado un picking a mano organizándolo de manera zonal y por pedido reduciendo los desplazamientos de los operarios y aumentando así su tasa de actividad. Además, como se trabaja de manera iterativa se han enfocado los cambios realizados en las diferentes configuraciones hacia esta zona quedando las zonas de recepción, preparación de pedidos, de reserva y auxiliares susceptibles solo a ligeros cambios para acoplarlos a las diferentes zonas de picking.

Con el fin de obtener un resultado diferente se ha decidido realizar la segunda configuración haciendo un cambio radical en la zona de picking usando medios automatizados para realizar esta operación. En este caso se utilizan transelevadores de tipo “miniload” para reducir el coste de mano de obra, pero aumentando el coste de los medios de manutención, de mantenimiento y de gasto energético.

La última configuración nace de un cambio más liviano de la segunda configuración manteniendo esta zona automatizada. La diferencia reside en la tecnología utilizada, en esta opción se usan carruseles horizontales y verticales según el volumen de los diferentes productos.

Finalmente, tras valorar económicamente las alternativas y aplicar la metodología AHP, se escoge la primera configuración ya que es la que a la vez tiene una inversión y unos costes anuales menores que el resto y tiene el resultado más alto en la matriz de decisión AHP. Estos costes corresponden a 2.016.752,41 euros como inversión inicial y 897.409,48 euros como coste anual.



Queda por comentar ciertas líneas de trabajo futuras que podrían ser útiles para la empresa cliente:

- Desarrollo de un programa que realice las rutas óptimas de los camiones que entregan los productos a las tiendas. Basado en el problema de enrutamiento de vehículos (VRP, Vehicle Route Problem) se pueden definir las rutas de los camiones óptimas reduciendo sus desplazamientos, agilizando las entregas y disminuyendo los costes de transporte.
- Diseño de un almacén On-line retailer. Si la empresa decide hacer un cambio estratégico en su modelo de negocio y reorientarse hacia realizar pedidos a domicilio se puede realizar un diseño del almacén conveniente. Hay que recordar que las tendencias actuales en las necesidades de los clientes se acercan cada vez más a la inmediatez y la facilidad de realizar sus compras.



9. BIBLIOGRAFÍA

Acacia Technologies, (2023), *Cómo elegir un software SGA y cuánto cuesta*. [En línea]

Disponible en:

<https://acaciatec.com/como-elegir-un-software-sga-y-cuanto-cuesta/#:~:text=Centr%C3%A1ndonos%20en%20el%20coste%20de%20un%20software%20SGA%2C,empresas%20y%3B%20superior%20a%20100.000%E2%82%AC%20para%20el%2013%2C9%25.>

Becker S., Berg A., Kohli S. y Thiel A (2022): "Sporting goods 2022: The new normal is here", *McKinsey & Company*, 24 de enero. [En línea]

Disponible en:

<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/sporting-goods-2022-the-new-normal-is-here>

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

Disponible en:

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]

Disponible en:

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]

Disponible en:

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]

Disponible en:

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

Control Pack, (2024), *Envolvedora de palets Ecoplat Base plataforma 1500 mm*. [En línea]

Disponible en:

<https://www.controlpack.com/envolvedora-de-palets-ecoplat-base-frd/>

García-Sabater, Jose P., (2020). *Diseñando Sistemas de Almacén Nota Técnica*, RIUNET Repositorio UPV. [En línea]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/141936>

García-Sabater, Jose P., (2020). *Introducción a los equipos de manutención Nota Técnica*, RIUNET Repositorio UPV. [En línea]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/141414>

García-Sabater, Jose P., (2020). *Introducción al Picking Nota Técnica*, RIUNET Repositorio UPV. [En línea]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/141981>



García-Sabater, Jose P., (2020). *Los almacenes como nodos de la red logística* Nota Técnica, RIUNET Repositorio UPV. [En línea]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/141415>

García-Sabater, Jose P., (2020). *Introducción a la Logística*. Nota Técnica, RIUNET Repositorio UPV. [En línea]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/137038>

Instituto Nacional de Estadística (2022): *EEEC23834 - Total Nacional. Cifra de negocios. Comercio al por menor de artículos deportivos en establecimientos especializados. Dato base*. [En línea]

Disponible en: <https://www.ine.es/consul/serie.do?s=220-23834>

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

Disponible en: <https://www.mecalux.es/blog/criterios-ubicacion-existencias-almacen>

Mecalux Logismarket, (2024). *Estantería para palets*. [En línea]

Disponible en: <https://www.logismarket.es/estanteria-palets>

Mecalux Logismarket, (2024). *Estanterías sin tornillos metal point 15*. [En línea]

Disponible en: <https://www.logismarket.es/estanteria-sin-tornillos-metal-point-15>

Redacción de CMD Sports (2022): “Las ventas de material deportivo crecerán un 4% en 2022, hasta los 7.000 millones de euros”, *CMD Sport*, 15 de diciembre. [En línea]

Disponible en:

<https://www.cmdsport.com/multideporte/las-ventas-de-material-deportivo-aumentaron-un-14-en-2021-superando-las-cifras-precovid/>

Redacción de Europa Press (2022): “El mercado de bienes deportivos facturará 395.000 millones de euros en 2025, un 34% más que en 2021”, *Europa Press*, 10 de febrero. [En línea]

Disponible en:

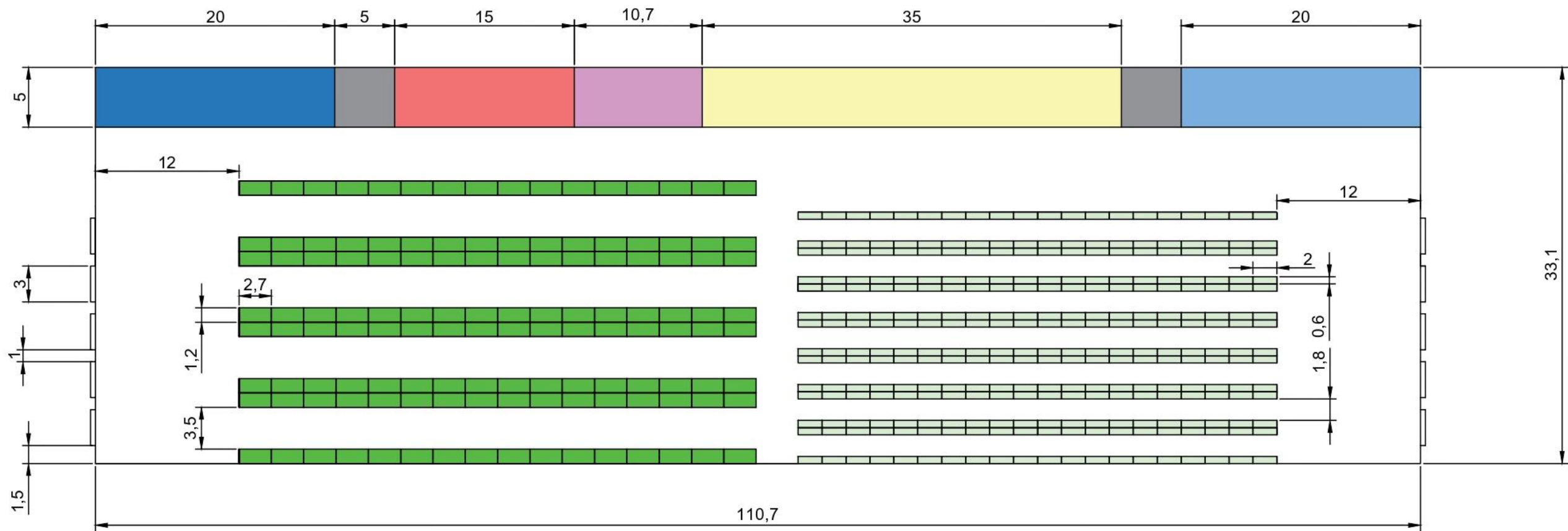
<https://www.europapress.es/economia/macroeconomia-00338/noticia-mercado-bienes-deportivos-facturara-395000-millones-euros-2025-34-mas-2021-20220210134813.html>



II. ANEXOS:

PLANOS

LEYENDA	
	Reserva
	Picking
	Preparación recepción
	Preparación pedidos
	Palés/Cajas vacíos
	Cuarentena
	Carga/parking equipos
	Oficinas, vestuarios, ...



ALUMNO
TRENOR NAVARRO,
GUILLERMO

PROYECTO **DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UNA CADENA DE MATERIAL DEPORTIVO CON 14.000 REFERENCIAS**
PLANO **CONFIGURACIÓN 1: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**



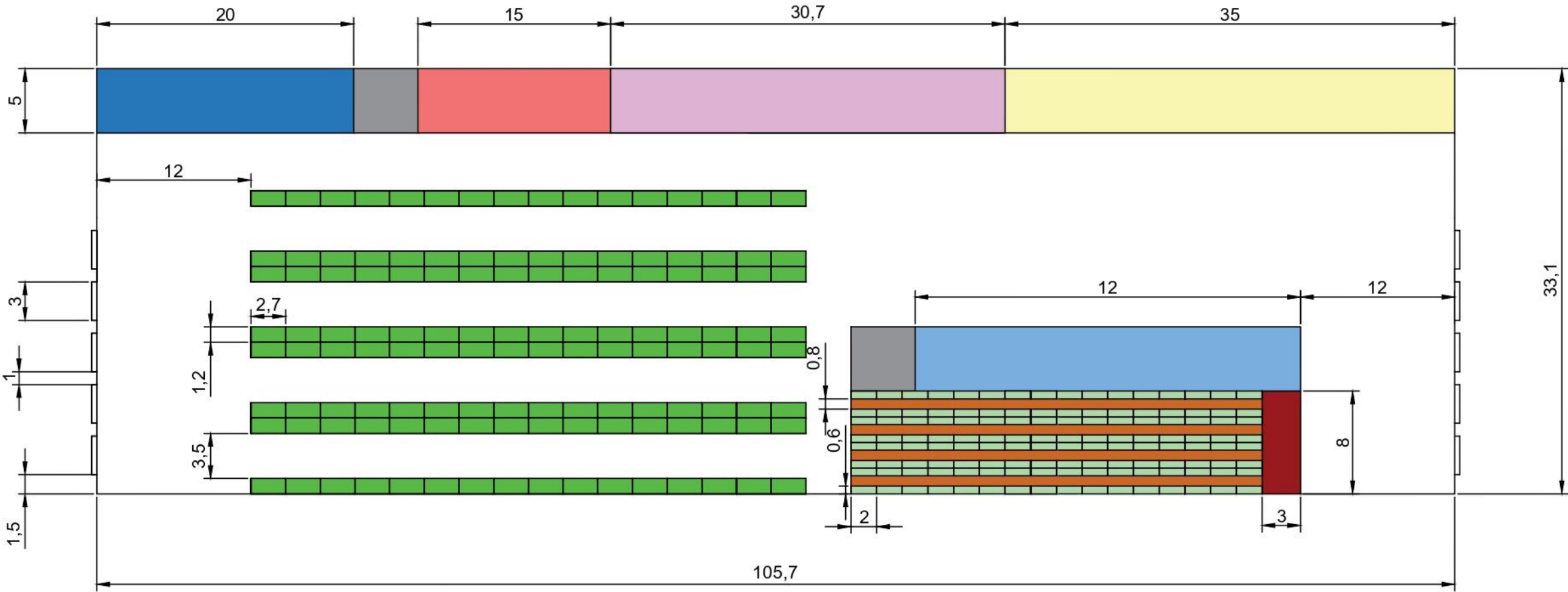
FECHA
2024

ESCALA GRÁFICA
0 2 4 6 8 10

ESCALA
1:400

PLANO
P.1

LEYENDA	
	Reserva
	Picking
	Preparación recepción
	Preparación pedidos
	Palés/Cajas vacíos
	Cuarentena
	Mantenimiento y equipos
	Oficinas, vestuarios, ...
	Miniload
	Buffer miniload

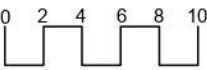


ALUMNO
TRENOR NAVARRO,
GUILLERMO

PROYECTO **DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UNA CADENA DE MATERIAL DEPORTIVO CON 14.000 REFERENCIAS**
PLANO **CONFIGURACIÓN 2: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**



FECHA
2024

ESCALA GRÁFICA


ESCALA
1:400

PLANO
P.2

LEYENDA

	Reserva
	Preparación recepción
	Preparación pedidos
	Palés/Cajas vacíos
	Cuarentena
	Mantenimiento y equipos
	Oficinas, vestuarios, ...
	Carrusel horizontal
	Carrusel vertical

