



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

AUTOR: FRANCISCO ALCÁZAR LÓPEZ

TUTOR: MANUEL JAVIER CARDÓS CARBONERAS

COTUTOR: PASCUAL CORTÉS PELLICER

Curso Académico: 2020/2021

ÍNDICE

Agradecimientos	7
1. Introducción	8
1.1. Motivación	8
1.2. Objetivo del proyecto	8
1.3. Alcance	8
2. Fundamentos teóricos.....	10
2.1. Características y tipos de almacén.....	10
2.2. Análisis ABC.....	10
2.3. Nivel de stock.....	12
2.3. PayBack	12
2.4. Medios de almacenamiento	13
2.5. Medios de mantenimiento	16
2.6. Políticas de gestión	18
2.7. Metodología de diseño	19
2.8. Picking y reserva	20
3. Descripción de la empresa y los procesos	21
3.1. Descripción de la empresa.....	21
3.2. Descripción de los procesos.....	21
4. Análisis de los artículos y su actividad	23
4.1. Clasificación	23
4.2. Condiciones de almacenamiento y conservación.....	24
4.3. Formato logístico del proveedor.....	24
4.4. ABC de ventas	26
4.5. Volúmenes de venta	27
4.6. Preparación de pedidos y análisis del servicio al cliente.....	28
4.7. Perfil de inventario.....	31
5. Primera configuración	34
5.1. Introducción.....	34
5.2. Perfil de inventario para la primera iteración.	34
5.3. Medios de almacenamiento	36
5.3.1. No paletizables.....	36
5.3.2. Paletizables	42

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

5.4. Medios de manutención	45
5.5. Diseño primera configuración.....	46
5.6. Análisis de inversión y coste	47
5.7. Conclusión primera iteración.....	48
6. Segunda configuración	49
6.1 Introducción.....	49
6.2 Perfil de inventario para la segunda configuración	49
6.3 Medios de almacenamiento	51
6.3.1 No paletizable	51
6.3.2 Paletizable.....	53
6.4 Medios de manutención	53
6.5. Distribución en planta de la segunda configuración.....	55
6.6. Análisis de inversión y coste	56
6.7 Conclusión de la segunda iteración	57
7. Cronograma de actividades.....	58
8. Análisis plazo de recuperación primera y segunda configuración.....	60
9. Conclusión	61
Bibliografía.	63

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1.EJEMPLO PAYBACK	13
TABLA 2. EJEMPLO PAYBACK 2	13
TABLA 3.DEFINICIÓN FAMILIAS DE ARTÍCULOS.....	23
TABLA 4.DATOS DE PARTIDA POR REFERENCIA	23
TABLA 5.DATOS DE PARTIDA POR DÍA	23
TABLA 6. EJEMPLO DE REFERENCIAS PALETIZABLES	25
TABLA 7. EJEMPLO DE REFERENCIAS NO PALETIZABLES	25
TABLA 8. Nº DE PALETAS MONO-REFERENCIA Y MULTI-REFERENCIA	26
TABLA 9. EJEMPLO VOLÚMENES DE VENTA POR REFERENCIA	28
TABLA 10.RESUMEN VENTAS ANUALES.....	28
TABLA 11. PERFIL DE INVENTARIO PARA 10 REFERENCIAS NO PALETIZABLES.....	32
TABLA 12. PERFIL DE INVENTARIO PARA 10 REFERENCIAS PALETIZABLES.....	33
TABLA 13. DATOS INICIALES REFERENCIAS.....	34
TABLA 14. PERFIL DE INVENTARIO POR REFERENCIAS, ITERACIÓN 1	35
TABLA 15.VOLUMEN MÁXIMO, MÍNIMO Y MEDIO POR CATEGORÍAS ABC NO PALETIZABLES	36
TABLA 16. TAMAÑO DE LAS CAJAS	36
TABLA 17. RECUENTO DE ARTÍCULOS NO PALETIZABLES POR VOLUMEN UNITARIO	37
TABLA 18. RECUENTO REFERENCIAS POR CATEGORÍA Y POR VOLÚMEN DE STOCK	38
TABLA 19. MEDIDAS HUECO TIPO II	38
TABLA 20. MEDIDAS HUECO TIPO I.....	38
TABLA 21. DIMENSIÓN DE PICKING DE LA CATEGORÍA A EN LA PRIMERA ITERACIÓN.....	39
TABLA 22. DIMENSIÓN DE RESERVA DE LA CATEGORÍA A EN LA PRIMERA ITERACIÓN.....	39
TABLA 23. DIMENSIÓN DE PICKING DE LA CATEGORÍA B EN LA PRIMERA ITERACIÓN.....	40
TABLA 24. DIMENSIÓN DE RESERVA DE LA CATEGORÍA B EN LA PRIMERA ITERACIÓN.....	40
TABLA 25. DIMENSIONES CAJA Y HUECO TIPO III	41
TABLA 26. DIMENSIÓN DE PICKING DE LA CATEGORÍA C EN LA PRIMERA ITERACIÓN.....	41
TABLA 27. DIMENSIÓN DE RESERVA DE LA CATEGORÍA C EN LA PRIMERA ITERACIÓN.....	42
TABLA 28. DIMENSIÓN DE ARTÍCULOS CON CAJA TIPO III DE LA CATEGORÍA C EN LA PRIMERA ITERACIÓN	42
TABLA 29.TAMAÑO PALETA	43
TABLA 30. RESUMEN VOLUMEN DE PALETAS A ALMACENAR, ITERACIÓN 1.....	43
TABLA 31. MEDIDAS PARA ESTANTERÍA DOBLE FONDO.....	44
TABLA 32. DISTRIBUCIÓN PALETS CATEGORÍA A, ITERACIÓN 1	44
TABLA 33. DISTRIBUCIÓN PALETS CATEGORÍA B, ITERACIÓN 1	44

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

TABLA 34. MEDIDAS PALETAS Y HUECO CONVENCIONAL	44
TABLA 35. DIMENSIÓN CATEGORÍA C PALETIZABLE, ITERACIÓN 1	45
TABLA 36. ESTIMACIÓN DE CANTIDAD DE MOVIMIENTOS PRIMERA CONFIGURACIÓN	45
TABLA 37. MEDIOS DE MANUTENCIÓN EN LA PRIMERA ITERACIÓN	45
TABLA 38. LÍNEAS DE PEDIDO REALIZADAS EN UN DÍA.....	46
TABLA 39. COSTES E INVERSIONES DE INSTALACIONES EN LA PRIMERA ITERACIÓN	47
TABLA 40.COSTES DE PERSONAL EN LA PRIMERA ITERACIÓN	47
TABLA 41. COSTES DE MANTENIMIENTO Y ENERGÍA PARA LA PRIMERA ITERACIÓN	48
TABLA 42. INVERSIÓN Y COSTE ANUAL EN LA PRIMERA ITERACIÓN	48
TABLA 43. PERFIL DE INVENTARIO REFERENCIAS PALETIZABLES SEGUNDA ITERACIÓN	50
TABLA 44. PERFIL DE INVENTARIO REFERENCIAS NO PALETIZABLES SEGUNDA ITERACIÓN	50
TABLA 45. MEDIDAS ESTANTERÍAS SEGUNDA ITERACIÓN	51
TABLA 46. RESUMEN DE LOS REQUERIMIENTOS EN LA SEGUNDA CONFIGURACIÓN DE LOS ARTÍCULOS NO PALETIZABLES	52
TABLA 47. EJEMPLO DE ALGUNAS REFERENCIAS: Nº DE HUECOS REQUERIDOS	52
TABLA 48. RESUMEN REQUERIMIENTOS ARTÍCULOS PALETIZABLES SEGUNDA CONFIGURACIÓN	53
TABLA 49. COSTES E INVERSIONES DE INSTALACIONES EN LA SEGUNDA ITERACIÓN	56
TABLA 50.COSTES DE PERSONAL EN LA SEGUNDA ITERACIÓN	56
TABLA 51. COSTES DE MANTENIMIENTO Y ENERGÍA PARA LA SEGUNDA ITERACIÓN	56
TABLA 52. INVERSIÓN Y COSTE ANUAL EN LA SEGUNDA ITERACIÓN	57
TABLA 53. PAYBACK PRIMERA Y SEGUNDA CONFIGURACIÓN	60
TABLA 54.TABLA RESUMEN COSTES EN LAS DOS CONFIGURACIONES	61

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. EJEMPLO ANÁLISIS ABC, (FEMXA, 2021)	11
ILUSTRACIÓN 2. EJEMPLO NIVEL DE EXISTENCIAS, (VERIFID MÉTODOS DE INVENTARIOS, 2021)	12
ILUSTRACIÓN 3. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO CONVENCIONAL, (SISTEMA CONVENCIONAL DE ALMACENAJE O RACK SELECTIVO, 2021)	14
ILUSTRACIÓN 4. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO COMPACTO, (RACKING, 2021)	14
ILUSTRACIÓN 5. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DINÁMICO, (SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DINÁMICO INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE, 2021)	15
ILUSTRACIÓN 6. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO, (ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO: TIPOS Y CARACTERÍSTICAS, 2021)	15
ILUSTRACIÓN 7. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOPORTANTE, (RACKING, 2021)	16
ILUSTRACIÓN 8. TRANSPALETA, (TRANSPALETA ESTÁNDAR 2500KG. - MANUPACK, 2021)	17
ILUSTRACIÓN 9. APILADOR, (APILADOR ELÉCTRICO 1200KG A 2810MM STD, APILADOR ELÉCTRICO DE 1200K... SIN FECHA)	17
ILUSTRACIÓN 10. CARRETILLA CONTRAPESADA, (LA CARRETILLA ELEVADORA CONTRAPESADA, 2021)	18
ILUSTRACIÓN 11. CARRETILLA RETRÁCTIL, (CARRETILLA RETRÁCTIL DE LA SERIE ESR REMENTERIA, 2021)	18
ILUSTRACIÓN 12. ANÁLISIS ABC PALETIZABLES, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	26
ILUSTRACIÓN 13. ANÁLISIS ABC NO PALETIZABLES, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	27
ILUSTRACIÓN 14. LÍNEAS DE PEDIDO DE PALETAS PEDIDAS EN UN AÑO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	29
ILUSTRACIÓN 15. LÍNEAS DE PEDIDO DE CAJAS EN UN AÑO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	29
ILUSTRACIÓN 16. LÍNEAS DE PEDIDO DE UNIDADES EN UN AÑO, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	30
ILUSTRACIÓN 17. LÍNEAS DE PEDIDO DE CAJAS Y UNIDADES EN 4 DÍAS, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	30
ILUSTRACIÓN 18. DISTRIBUCIÓN DEL ALMACÉN EN LA PRIMERA ITERACIÓN, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	46
ILUSTRACIÓN 19. DISTRIBUCIÓN DEL ALMACÉN EN LA SEGUNDA ITERACIÓN, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA ...	55
ILUSTRACIÓN 20. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, ELABORACIÓN PROPIA	59

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi familia por el apoyo que me han dado durante toda la etapa universitaria, más concretamente, a mi madre. Gracias por confiar en mi desde el principio y aconsejarme en las situaciones más complicadas.

Agradecer a mis compañeros y amigos, especialmente a Guille, Pedro, Candela y Alex, han hecho que estos años sean inolvidables.

Por último, pero no menos importante, a todos los profesores que nos han dedicado su tiempo para que seamos profesionales el día de mañana. Gracias a la Universidad Politécnica por ofrecernos esta oportunidad. Gracias a Manuel Cardós por la paciencia que ha tenido conmigo a la hora de realizar el trabajo.

1. Introducción

1.1. Motivación

El cuarto curso del grado en Ingeniería de Organización Industrial, el cual he cursado durante el año académico 2020-2021, se diversifica en dos ramas: Sistemas Integrados de la Información y Logística. Dentro de esta segunda rama, una de las asignaturas que más me ha gustado y de la que he aprendido mucho ha sido Diseño y Gestión de Almacenes, la cual recuerdo que me supuso un reto para mí a la hora de estudiarla y presentarme al examen. Es por ello, que, buscando una nueva meta para mí, he decidido hacer este trabajo fin de grado sobre la gestión de almacenes, habiendo encontrado un tema que podría interesarme mucho en el futuro e incluso convertirse en mi futuro laboral.

1.2. Objetivo del proyecto

El objetivo que tiene el proyecto es diseñar un almacén central de una empresa valenciana, la cual es suministradora de productos de ferretería a comercios minoristas especializados en el sector de herramientas de ferretería de la Comunidad Valenciana. Actualmente la empresa va a crear un nuevo almacén para satisfacer la demanda que tiene y, para poder satisfacer dicha demanda, se va a realizar un primer diseño, al cual se le irán realizando modificaciones mediante iteraciones con los datos que nos ha proporcionado el departamento de ingeniería de la empresa.

La dificultad que se plantea a la hora de diseñar un almacén radica en el elevado número de configuraciones posibles; no obstante, el diseño siempre se tiene que ajustar a los objetivos estratégicos y a los recursos con los que cuenta la empresa, que se detallan a continuación:

- Superficie del almacén: 5.000 metros cuadrados
- Presupuesto: 2.000.000 euros
- Servicio al cliente: el plazo máximo para servir al cliente es de 4 días

1.3. Alcance

El trabajo que se va a llevar a cabo se centra en diseñar el centro logístico de manera más eficiente. Para ello, en primer lugar, se analizan los datos de partida proporcionados.

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

Posteriormente, se realizarán estudios y gráficos para extraer la información a partir de dichos datos, para ayudarnos a calcular los siguientes elementos:

- Perfil de inventario
- Análisis ABC
- Formato logístico

Estos tres estudios preliminares se realizan antes de adoptar las decisiones de diseño que configuran el almacén, es decir, se estudiará tanto los stocks, como las ventas y los volúmenes individuales de cada una de las referencias. Posteriormente, una vez analizados los datos, se diseñará la estructura del almacén, decidiendo entre estanterías convencionales o dinámicas, decidir sobre los medios de manutención convencionales o automatizados... buscando siempre optimizar tanto el espacio como la inversión inicial.

Puesto que existen numerosas configuraciones distintas y no existe un método que permita encontrar la más óptima en tan solo una iteración, se diseñará primeramente un almacén y se buscarán los puntos más débiles o con posibilidad de mejora para realizar una nueva configuración con la esperanza de que mejorar la primera y así sucesivamente. En conclusión, a partir de la primera iteración se realizarán ciertos cambios en los medios de manutención empleados y el diseño de las estanterías para encontrar una configuración más óptima y poder presentarles a los directivos de la empresa lo mejor para ellos.

2. Fundamentos teóricos.

Se considera necesario realizar un apartado de fundamentos teóricos antes de comenzar a realizar los análisis necesarios, para mejorar el entendimiento de cada uno de ellos.

2.1. Características y tipos de almacén

En primer lugar, se conoce como almacén el lugar o espacio físico para el almacenaje de bienes dentro de la cadena de suministro. Se clasifican según sus características, se diferencian los siguientes grupos:

- Según el tipo de material almacenado, materias primas, semielaborados, recambios, etc.
- Según la función logística, almacenes de planta, regionales, temporales, etc.
- Según equipamiento y medios de manutención, convencionales, automáticos, etc.
- Grado de protección, cubiertos o descubiertos.

El almacén objeto de este proyecto es un almacén de productos terminados central, y con el diseño se persigue encontrar un mayor y mejor control de las mercancías y productos, una mejor economía de espacio y un mayor aprovechamiento de los medios de manipulación y también almacén de consolidación- Además, tiene como objetivo agrupar los pedidos de los diferentes proveedores, para clasificarlos y ordenarlos para poder realizar pedidos de mayor volumen y de esta manera reducir los costes de transporte.

2.2. Análisis ABC

A la hora de estudiar los datos de partida, utilizaremos las ventas anuales para realizar un análisis ABC. Esta herramienta, también conocida como Ley de Pareto, utilizada en innumerables ámbitos, en la gestión de almacenes sirve para poder determinar cuáles son las referencias con mayores ventas y las que menos para determinar la organización del almacén y tomar decisiones como, por ejemplo, los artículos con más ventas se situarán más cerca de la zona de preparación de pedidos.

Se basa en el principio de clasificar los datos en tres grupos, y en teoría deben seguir las siguientes proporciones:

- Tipo A, engloba al 20% de las referencias y representan un 80% de las ventas totales

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

- Tipo B, engloba al 40% de las referencias y representan un 15% de las ventas totales
- Tipo C, engloba al 40% de las referencias y representan un 5% de las ventas totales.

Los datos se suelen representar de forma gráfica, puesto que las herramientas visuales permiten de forma simple ver cuáles son las relaciones entre las ventas y las referencias, y determinar los artículos de mayor valor para la compañía y optimizar los recursos utilizados. En el eje horizontal se muestra el porcentaje de artículos y en el vertical el porcentaje de ventas acumuladas.

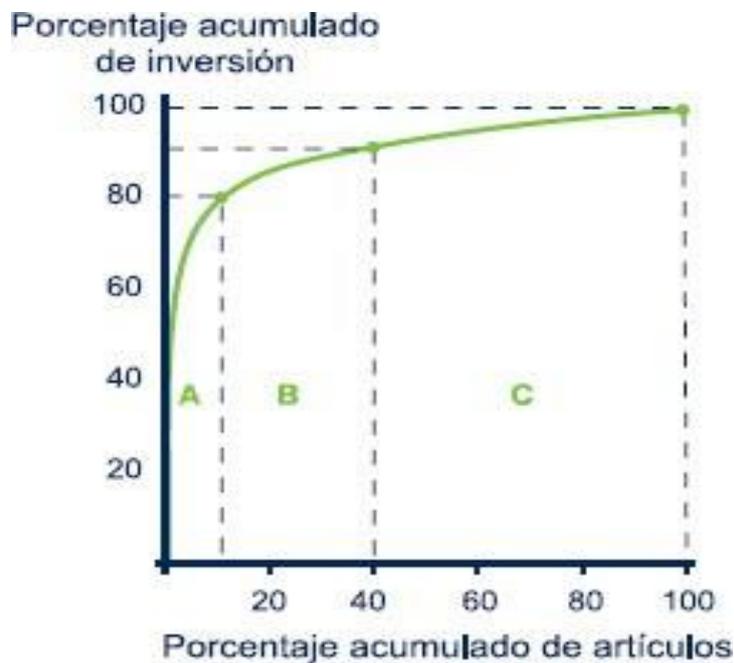


Ilustración 1. Ejemplo análisis ABC, (Femxa, 2021)

El análisis ABC o diagrama de Pareto tiene infinidad de aplicaciones en numerosas áreas del conocimiento, para el diseño de un almacén también tiene varias utilidades. En primer lugar, el diagrama ayuda a conocer cuáles son aquellos artículos que tienen un mayor valor en la empresa, por otro lado, a la hora de diseñar el almacén se tiene en cuenta, para calcular el volumen de stock de picking y de reserva para cada artículo; este análisis influye de manera de significativa en el diseño.

2.3. Nivel de stock

Dentro de un almacén se diferencian varios tipos de stocks. En primer lugar, llamamos stock máximo a la mayor cantidad de un artículo que se puede llegar a almacenar. Por otro lado, está el punto de pedido, representa el instante el cual hay que pedir material para no llegar a rotura de stock (se entiende como rotura de stock cuando no puede satisfacer la empresa a la demanda por falta de existencias). Mientras se suministra el material pedido, el nivel de stock sigue disminuyendo (el nivel de stock, de manera gráfica representa una sierra, ya que baja con cierta pendiente y normalmente sube de manera vertical), por esto el punto de pedido se encuentra por encima a la rotura de stock. Y, por último, como la demanda incluye incertidumbre, siempre va a existir un stock de seguridad, para poder satisfacer a la demanda. Se representa gráficamente de la siguiente manera:

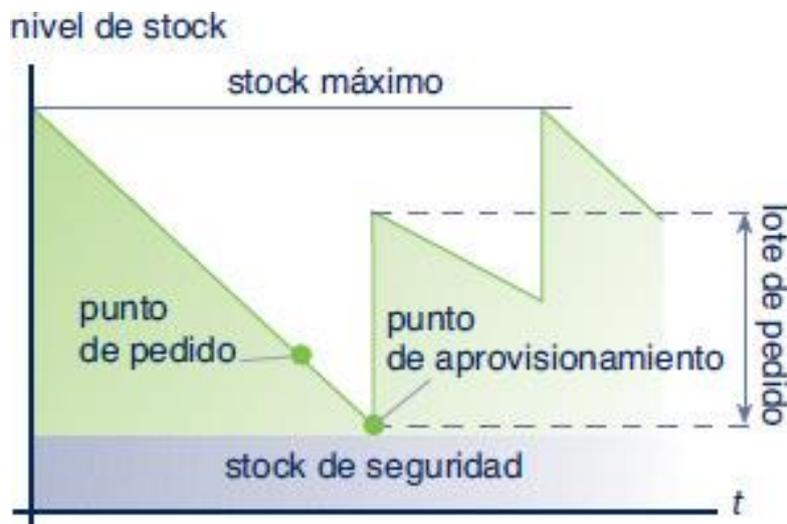


Ilustración 2. Ejemplo nivel de existencias, (VerifID | Métodos de inventarios, 2021)

2.3. PayBack

El payback o plazo de recuperación, es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones.

El Payback es un criterio muy sencillo, el cual proporciona la información de cuándo se va a recuperar la inversión inicial. Para calcularlo se necesita los flujos de caja que tiene la empresa cada año. En este objeto de estudio, los flujos netos de caja de la empresa, será el resultado de restar los gastos anuales que van a generar las iteraciones a los ingresos medios de la empresa, 1.200.000€. Por ello, para calcular el flujo de caja habrá que restar las entradas netas de dinero

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

menos las salidas. Por lo tanto, después de cada iteración se dividirá la inversión calculada entre el flujo de caja anual para obtener el tiempo que se tardará en recuperar la inversión.

A continuación, se muestra un ejemplo, en el cual el plazo de recuperación son 4 años:

Tabla 1. Ejemplo Payback

	Inversión Inicial	Flujo neto de caja				
	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
	- 10.000,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €	2.500,00 €
Acumulado	- 10.000,00 €	-7.500,00 €	-5.000,00 €	-2.500,00 €	- €	2.500,00 €

Por otro lado, se puede calcular el Payback realizando la comparativa de dos inversiones, mediante los flujos de caja netos marginales y la inversión marginal, de esta manera se compara las dos inversiones y se conoce cuantos años antes se recupera la inversión frente a otra inversión. Esto se utiliza habitualmente cuando los ingresos no dependen de las inversiones que se van a realizar.

Tabla 2. Ejemplo Payback 2

	Primera configuración	Segunda configuración	Marginal
Inversión (€)	35.000,00 €	58.000,00 €	- 23.000,00 €
Costes (€/año)	12.000,00 €	31.000,00 €	- 19.000,00 €
Amortización (€/año)	6.000,00 €	20.000,00 €	- €
Pagos (€/año)	6.000,00 €	11.000,00 €	- 5.000,00 €

2.4. Medios de almacenamiento

Dentro de un almacén se puede encontrar diferentes medios de almacenamiento distintos, estos estarán condicionados por multitud de factores, como puede ser el tipo de producto, el espacio requerido, el presupuesto, etc.

Estos medios de almacenamiento los podemos clasificar en:

- Sistema de almacenamiento convencional, es el sistema de almacenamiento por excelencia, en el cual se pueden almacenar tantas unidades, cajas y paletas. Este sistema se distribuye mediante estanterías convencionales, las cuales se pueden diseñar para las dimensiones necesarias. Estas estanterías también pueden cambiar de forma, para poder almacenar cargas de gran longitud o de diferentes formas.



Ilustración 3. Sistema de almacenamiento convencional, (Sistema convencional de almacenaje o rack selectivo, 2021)

- Sistema de almacenamiento compacto, este sistema de almacenamiento que, reduciendo los pasillos y con estanterías compactas, maximiza el espacio. Este sistema se utiliza para almacenar paletas, a los cuales solamente se tiene acceso a los que están en la superficie, y consiguiendo un método FIFO (primera entrada, primera salida). Este sistema de almacenamiento se utiliza para productos de baja y media rotación.



Ilustración 4. Sistema de almacenamiento compacto, (Racking, 2021)

- Sistema de almacenamiento dinámico, se trata de una estructura basada en rodillos, los cuales tienen una ligera pendiente y sobre ellos se desliza la mercancía. Este sistema, realiza una rotación perfecta, convirtiéndolo en el sistema de almacenamiento más eficaz, los inconvenientes que presenta es que es un sistema más caro, y se centra en mercancías con un alto nivel de rotación.

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

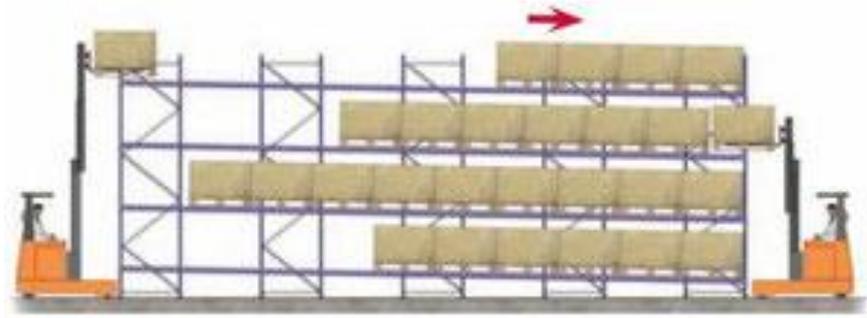


Ilustración 5. Sistema de almacenamiento dinámico, (Sistema de almacenamiento dinámico | Ingeniería Industrial Online, 2021)

- Sistema de almacenamiento automático, este sistema de almacenamiento, como su propio nombre indica, se realiza de manera automática, es decir, mediante un software, los medios de manutención automáticos realizan las operaciones necesarias, de esta manera se reduce los errores en la manipulación de cargas y facilita el control de inventario. Este sistema se basa en estanterías, las cuales se diseñan para las necesidades de los medios de manutención y de los productos.



Ilustración 6. Sistema de almacenamiento automático, (Almacenamiento automático: tipos y características, 2021)

- Sistema de almacenamiento autoportante, al igual que el sistema de almacenamiento automático, se realiza de manera automática. En este sistema las estanterías son la estructura del almacén, son las que soportan la cubierta, sin necesidad de vigas o pilares, de esta manera, se maximiza el aprovechamiento del espacio.

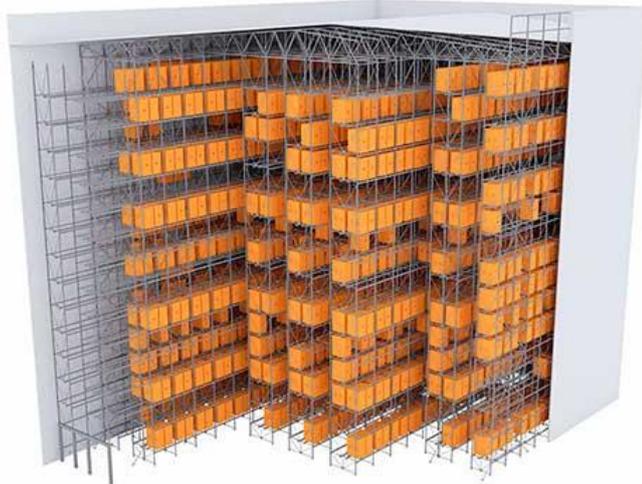


Ilustración 7. Sistema de almacenamiento autoportante, (Racking, 2021)

2.5. Medios de manutención

Se llama medio de manutención a los medios mecánicos que hacen posible la manipulación, almacenaje y traslado de mercancías, dentro de un almacén. Los principales medios de manutención son los siguientes:

- Transpaleta, es el más utilizado en todos los almacenes, por su costo (500€ aproximadamente) y facilidad de uso. Este está diseñado exclusivamente para el transporte de paletas o plataformas similares. Se puede dividir en: manuales, no poseen movimiento autónomo, se utilizan para recoger cortas distancias, normalmente hasta los 20 metros, y en autopropulsadas, que poseen un sistema de movimiento por motor. Son capaces de transportar, dependiendo de las especificaciones, de 1.000 a 3.000 kg.



Ilustración 8. Transpaleta, (Transpaleta estándar 2500Kg. - Manupack, 2021)

- Apiladores, son máquinas muy similares a los transpaletas se caracterizan por poder elevar la carga. Esto es posible gracias al mástil sobre el cual discurren las horquillas. Son capaces de elevar la carga hasta los 4.5 metros de altura. Al igual que los transpaletas, existen apiladores manuales y autopropulsados.



Ilustración 9. Apilador, (Apilador Eléctrico 1200kg a 2810mm STD, Apilador eléctrico de 1200k... sin fecha)

- Carretilla contrapesada, son los medios autopropulsados más utilizados en las zonas de carga y descarga. Gracias a su contrapeso (de ahí proviene su nombre) son capaces de levantar grandes cantidades, llegando a levantar hasta 6.000 kg las eléctricas y 50.000 las térmicas.



Ilustración 10. Carretilla contrapesada, (La carretilla elevadora contrapesada, 2021)

- Carretilla retráctil, transportan y apilan de manera frontal con horquillas convencionales, se caracterizan por necesitar menos espacio de maniobrabilidad, y llegar a los 9 metros de altura y una capacidad de carga de 3.000kg.



Ilustración 11. Carretilla retráctil, (Carretilla retráctil de la serie ESR | Rementeria, 2021)

2.6. Políticas de gestión

En primer lugar, se va a diferenciar entre dos tipos de gestión de hueco que puede haber. Por un lado, la gestión fija, la cual se basa en el principio, de que cada hueco tiene asignada una referencia, esté o no el artículo correspondiente. De esta manera, se podrá llevar un control visual del nivel de stock del almacén, y además no hará falta sistemas informáticos para ubicar el artículo en su sitio.

El inconveniente que presenta es que va a ser necesario más espacio, ya que hay que tener reservado un hueco para una referencia, esté o no. Por otro lado, la gestión aleatoria, que se basa en lo contrario, cada artículo podrá ser almacenado en cualquier hueco, dicho de otra manera, un hueco podrá almacenar más de una referencia, en tiempos distintos. Para realizar este sistema, es necesario un sistema informático que informe dónde está ubicada cada referencia, y no se podrá llevar un control visual del stock, ya que no sabes la ubicación de las referencias.

Este sistema necesitará menos huecos, por lo tanto, menos superficie, ya que en un almacén no están todas las referencias y sus cantidades al mismo tiempo, por ello, para calcular el número de huecos necesarios, se utiliza la siguiente fórmula:

$$(1 + k) \sum_{\text{referencias}} \left[\frac{\text{stock medio}}{\text{capacidad del hueco}} \right]$$

Siendo k un coeficiente de seguridad, comprendido entre 0 y 0.3.

2.7. Metodología de diseño

La configuración de un almacén, como se ha mencionado previamente, tiene infinitas posibilidades, por ello resulta prácticamente imposible llegar a la óptima. Esta es la razón por la cual utilizaremos una metodología iterativa. Esta metodología se basa en ir realizando iteraciones, intentando reducir el gasto y la inversión, mediante el aprendizaje de realizar las distintas configuraciones.

Primero diseñaremos un almacén con medios de manutención y almacenamiento más simple, utilizando métodos tradicionales para poder ver los puntos más débiles e intentar mejorarlos para optimizar el espacio y la inversión, y posteriormente realizaremos modificaciones intentando mejorar el diseño.

De esta manera, no se diseñará el almacén óptimo para los datos proporcionados, pero se podrá escoger entre diferentes configuraciones intentado no distanciarse mucho del óptimo teórico.

2.8. Picking y reserva

En primer lugar, se entiende por picking a la acción de recogida y combinación de cargas no unitarias para conformar el pedido de un cliente. Esta acción se puede realizar de dos maneras; la primera, picking por oleadas, es decir, una única acción de picking para todos los pedidos, esto se realiza cuando todos los pedidos tienen sus artículos en la misma zona, y posteriormente habrá que ordenar los artículos conforme al pedido, esto se realiza en la zona de consolidación/preparación de pedidos. Al contrario, si los pedidos tienen una gran envergadura, realizar la acción de picking para cada pedido convenga más. Una vez explicada la zona de picking, definir la zona de reserva es más sencillo, ya que esta es la que suministra los artículos.

Cada almacén se organiza de una manera distinta, por lo que no en todos se va a encontrar con estas dos áreas diferenciadas, ya que se puede dar el caso que no existan, aunque picking es altamente aconsejable cuando la unidad de carga de entrada no es igual a la unidad de carga de salida, es decir, si el proveedor suministra los artículos en paletas y la empresa sirve a sus clientes en unidades o cajas.

Por ello, si en el almacén hay una diferencia en los medios de almacenamiento entre picking y reserva, los cuales van a almacenar artículos, se tiene que ver reflejado en los stocks, ya que son una representación de los artículos necesarios para poder hacer frente a la demanda de sus clientes.

3. Descripción de la empresa y los procesos

3.1. Descripción de la empresa

La empresa en la que se centra el trabajo y el diseño del almacén fue fundada en 1974, teniendo su primera tienda de ferretería en Alboraiá. Con el paso de los años ha ido creciendo, gracias a su buena organización, destacando su corto plazo de servicio al cliente ya que la localización de la tienda hacía capaz de suministrar en un día las necesidades de las localidades próximas y del centro de la ciudad.

La empresa, poco a poco, fue obteniendo mayor notoriedad, y con en el conocimiento adquirido, la amplia cartera de clientes y la buena relación con los proveedores, decidieron especializarse en la venta al por mayor, es decir, en vez de vender directamente al consumidor final, como hacían antes, suministran directamente a las ferreterías. La infraestructura de ese momento no era capaz de satisfacer la demanda, por lo que en 2002 adquirieron una nave en Puzol, la cual sigue actualmente en funcionamiento tras varias reformas.

Después de la crisis sanitaria provocado por el virus COVID-19, muchos de sus competidores han tenido que cerrar, teniendo más poder de mercado, y, además, muchas naves industriales se han quedado a la venta. Por ello, diseñela Dirección considera que es el momento de diseñar el nuevo almacén, mejorar su eficiencia y optimizar los recursos.

3.2. Descripción de los procesos

Diseñar un almacén como es el caso que se está analizando, requiere de una preparación previa y un proceso de planificación exhaustivo, puesto que con una organización cuanto más clara y concisa, más rápido y óptimo será el resultado. A principios de año, utilizando los datos de años anteriores, realiza una estimación y previsión de la demanda, siempre al alza, para prever las ventas anuales. Pese a ello, teniendo un inventario permanente y conociendo en todo momento cuál es el stock de todas y cada una de las referencias, así como las ventas diarias y semanales, se aplicarán los cambios necesarios y se aumentarán y disminuirán las previsiones de forma mensual adaptándose a la demanda.

Una vez realizadas las previsiones se puede diseñar los stocks máximos y mínimos requeridos, diferenciar entre el stock de reserva y picking, el transporte... y con toda esta información organizar posteriormente la distribución del almacén, elegir los proveedores e intentar reducir los gastos de inventario y almacenaje.

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

A la hora de repartir y organizar las tareas necesarias, se han concertado reuniones con los directivos de la sociedad en los cuáles se ha detallado la forma de trabajar de la compañía. Se ha corroborado que los almaceneros tienen una jornada laboral de ocho horas: cinco por la mañana donde realizan tareas de recepción de pedidos y tres por la tarde cuando reciben artículos y reponen el almacén.

En las horas de la mañana se preparan los pedidos, se embalan en cajas y se cumplimenta la documentación requerida para su facturación y posteriormente se cargan en los camiones para su reparto durante el día. Es por ello, que todos los clientes recibirán los pedidos ese mismo día en el que se preparan puesto que solo se distribuyen productos dentro de la Comunidad Valenciana donde la ferretería más lejana se encuentra como mucho a dos horas y media. Durante la jornada vespertina, tras la pausa de la comida, se procede a la reposición del almacén cuando llegan los camiones con el stock y se organiza de la manera correcta y previamente estipulada en el diseño del almacén.

4. Análisis de los artículos y su actividad

4.1. Clasificación

La ferretería actualmente cuenta con 10 910 referencias distintas, estas referencias se pueden agrupar en 8 familias, de esta manera se proporciona una visión más general. Se han agrupado las referencias según sus características técnicas, actualmente son 8 familias:

Tabla 3. Definición familias de artículos

A	Tornillería
B	Cables
C	Hogar
D	Cerrajería
E	Herramientas domésticas
F	Herramientas industriales
G	Construcción
H	Adhesivos

Todas las referencias de todas las familias sobre las que trabaja el almacén, al menos se han pedido una vez, es decir, todas aquellas referencias que no se han pedido, quedan fuera del estudio.

Aunque las referencias se puedan agrupar en familias, los datos proporcionados por la empresa han sido por referencia, lo cual se agradece ya que se puede realizar un análisis más exhaustivo y se puede ajustar mejor el almacén, los datos proporcionados son:

Tabla 4. Datos de partida por referencia

Para cada referencia (10910)				
Coste (€/ud)	Venta (uds/año)	Volumen (l/ud)	Plazo de aprovisionamiento (días)	Stock min y max (semanas)

Tabla 5. Datos de partida por día

Para cada día (248)						
día	Líneas de pedido			Cantidades pedidas		
	Palets	Cajas	Unidades	Palets	Cajas	Unidades

Con estos datos se puede calcular el volumen de ventas anuales (en metros cúbicos y en unidad) que tiene cada referencia, el stock máximo, mínimo y medio (en metros cúbicos), y calcular la producción necesaria en el almacén.

4.2 Condiciones de almacenamiento y conservación

Desde el punto de vista legal, la empresa cumple con las bases legales y normativa vigente sobre la validación de uso de equipos de almacenaje, se encuentran diferentes normas a tener en cuenta. Estas diferentes normas están formadas por Reales Decretos, publicados en la normativa del Comité Europeo de Normalización y UNE española publicada por AENOR y diversos documentos publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene el trabajo. Realizando un enfoque más específico, el Real Decreto 1215/97 de 18 de julio, establece que los equipos de almacenaje son equipos de trabajo, y por ello las comprobaciones que recoge la normativa es de aplicación.

Por otro lado, se van a explicar las condiciones de almacenamiento específicas que tiene el almacén. Al tratar de artículos de ferretería, las condiciones de almacenamiento y conservación van a ser menos estrictas de que si almacenara productos alimenticios, por ejemplo. Los artículos se guardarán, o bien en cajas o en paletas, dependiendo del volumen de pedido (explicado a continuación). Las cajas, serán de un tamaño y peso reducido, por lo que no presentan problemas para apilar, ya que se utilizarán cajas de plástico por su durabilidad y su coste; los palets, se podrán apilar uno encima de otro, conformando tres alturas como máximo, ya que, al tratar de artículos de ferretería, el peligro a la caída puede causar daños. El almacenamiento se realiza a temperatura ambiente sin control de humedad.

4.3 Formato logístico del proveedor

Se va a analizar el formato por el cual el proveedor suministra los artículos. Esta es una cuestión muy importante a la hora de diseñar un almacén, ya que no es lo mismo que todos los artículos se suministren paletizados que no. Se clasificarán las referencias dependiendo de su formato logístico, esta clasificación se basa en paletizable o no paletizable. Las referencias cuyo formato logístico sea paletizable será porque, como su propio nombre indica, se suministra en paleta o media paleta. Por el contrario, aquellas familias que no sean paletizables se suministrarán mediante cajas, siendo estas últimas de formato variable. El volumen total de una paleta es de 1,152 metros cúbicos, y para ahorrar en costos y ser más eficientes el proveedor suministrará en paletas mono-referencia aquellas referencias que superen un volumen de 0,5 metros cuadrados de volumen de pedido.

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

El volumen de pedido se calcula restando el stock mínimo al stock máximo y dividiendo entre el volumen de una paleta. A continuación, se muestran un resumen de las referencias paletizables y no paletizables:

Tabla 6. Ejemplo de referencias paletizables

Familia	Ref	Volumen de pedido (m ³)	Volumen (m ³ /ud)	Volumen venta anual (m ³ /año)
G	2620	49,398	0,105	1356,285
G	7899	46,576	0,105	1278,795
G	5439	44,331	0,081	1217,144
G	7875	60,559	0,094	1108,480
G	2097	125,525	0,105	984,690
G	6122	34,939	0,105	959,280
G	899	86,592	0,105	950,985
G	402	33,271	0,105	913,500
G	10565	32,885	0,105	902,895
G	9998	32,836	0,087	901,537
G	9683	32,464	0,105	891,345
G	2891	29,983	0,105	823,200
G	447	101,419	0,105	795,585

Tabla 7. Ejemplo de referencias no paletizables

Familia	Ref	Volumen (m ³ /ud)	Volumen venta anual (m ³ /año)	Volumen de pedido (m ³)
G	5798	0,00001	0,36723	0,02006
H	2935	0,00001	0,10913	0,00397
G	7591	0,00026	5,18490	0,18884
H	3296	0,00001	0,13426	0,00489
G	3345	0,00016	3,03865	0,27668
H	5399	0,00009	1,66497	0,06064
H	10498	0,00001	0,09239	0,00337
G	2636	0,00001	0,09175	0,00334
G	1109	0,00001	0,09037	0,00658
G	3886	0,00001	0,08178	0,00298
G	4271	0,00013	2,10292	0,07659
G	408	0,00001	0,07910	0,00864
G	8759	0,00003	0,39860	0,01452
G	8869	0,00017	2,62834	0,09573

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

Como se puede apreciar, la cantidad de referencias paletizables es bastante pequeña (504), frente al total. Para el resto de las referencias, el suministro que van a llevar los proveedores es mediante paletas multi-referencia, es decir, el mismo proveedor que suministre más de un artículo y cuyo volumen no alcance para satisfacer media paleta, lo completará con unidades de otra referencia.

Tabla 8. N° de paletas mono-referencia y multi-referencia

Formato	Cantidad
Mono-referencia	504
Multi-referencia	10 406

4.4. ABC de ventas

El análisis ABC, explicado en qué consiste anteriormente, se va a realizar por separado, distinguiendo entre aquellas referencias que son paletizables y las que no, siguiendo el criterio mostrado en el apartado anterior. Se obtienen los siguientes datos:

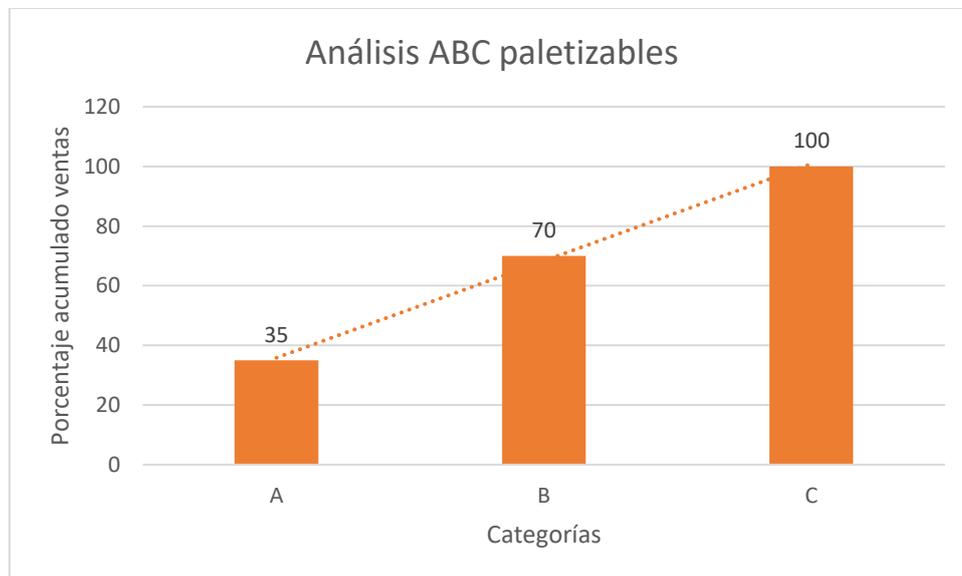


Ilustración 12. Análisis ABC paletizables, fuente: elaboración propia

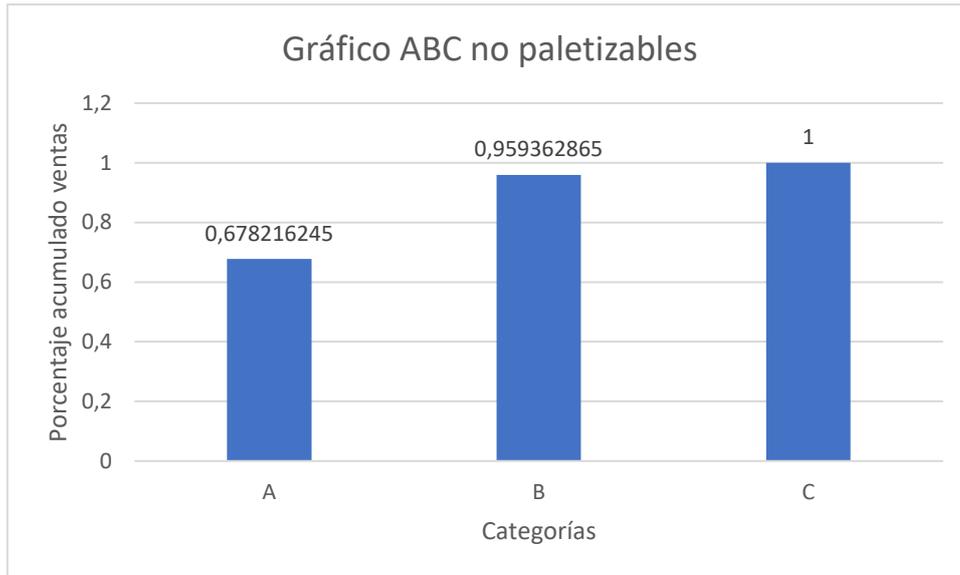


Ilustración 13. Análisis ABC no paletizables, fuente: elaboración propia

Se ha explicado previamente el concepto del análisis ABC, si comparamos los dos gráficos se observa que este no se parece al teórico, ya que se ha realizado para un estudio real, y por ello las discrepancias. A la hora de asignar a las categorías, se va a intentar asimilar lo máximo posible a lo teórico, para dar a entender la importancia que tiene cada familia respecto el volumen de referencias y coste y poder asignar el tiempo de reposición para el perfil de inventario, ya que la reposición del inventario va a depender de este análisis, siendo para la categoría A un tiempo menor y para la categoría C mayor, se explica detalladamente a continuación.

4.5. Volúmenes de venta

Para comenzar el análisis del inventario, se va a estudiar las diferentes características por referencia. En primer lugar, se muestra una tabla orientativa mostrando la venta anual, el volumen unitario y realizando la multiplicación de estos se obtiene el volumen de venta anual, en metros cúbicos por año.

Tabla 9. Ejemplo volúmenes de venta por referencia

Familia	Ref	coste (€/ud)	venta (uds/año)	Volumen (m ³ /ud)	Volumen venta anual (m ³ /año)
C	10910	23,756	647,000	0,000	0,164
G	10909	0,772	207,000	0,008	1,655
D	10908	12,326	665,000	0,001	0,381
C	10907	33,147	778,000	0,001	0,872
G	10906	3,206	1,000	0,008	0,008
G	10905	1,110	1169,000	0,000	0,498
H	10904	10,286	744,000	0,000	0,004
C	10903	4,622	436,000	0,001	0,415
G	10902	0,649	202,000	0,000	0,001
C	10901	25,420	283,000	0,000	0,022
C	10900	12,106	296,000	0,001	0,406
C	10899	8,263	295,000	0,001	0,236
B	10898	0,480	660,000	0,001	0,673
C	10897	7,529	242,000	0,002	0,539
...
Total			9167 357,000		76 063,427

El gráfico mostrado nos indica las unidades vendidas totales en un año, aunque este dato pueda servir de referencia, la diferencia entre cantidades vendidas en un año de una referencia a otra es muy grande, a continuación, se muestra un resumen de las ventas anuales:

Tabla 10. Resumen ventas anuales

Unidades máximas por referencia	45.629
Unidades mínimas por referencia	1
Media	1.680

Como se ha analizado previamente, en este inventario no existen referencias sin unidades vendidas en un año, pero el 13% de las referencias cuentan con ventas inferiores a 10 unidades al año, las cuales se estudiarán y se le comentará a la dirección de la empresa si resulta oportuno descatalogarlas para poder optimizar el espacio.

4.6. Preparación de pedidos y análisis del servicio al cliente

En las próximas gráficas se muestran las líneas de pedido diarias tanto de paletas, como de cajas y unidades, y en la última de ellas la suma de estas dos últimas realizadas en cuatro días

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

consecutivos. Cabe destacar la importancia de estas puesto que durante el proyecto se tendrán en cuenta a la hora de estimar el máximo de líneas de pedido necesarias de ser realizadas en un solo día para poder servir al cliente en los cuatro días estipulados.

En todas las gráficas el eje vertical corresponde a las cantidades de paletas, cajas o unidades respectivamente, y en el eje horizontal se muestran los días:

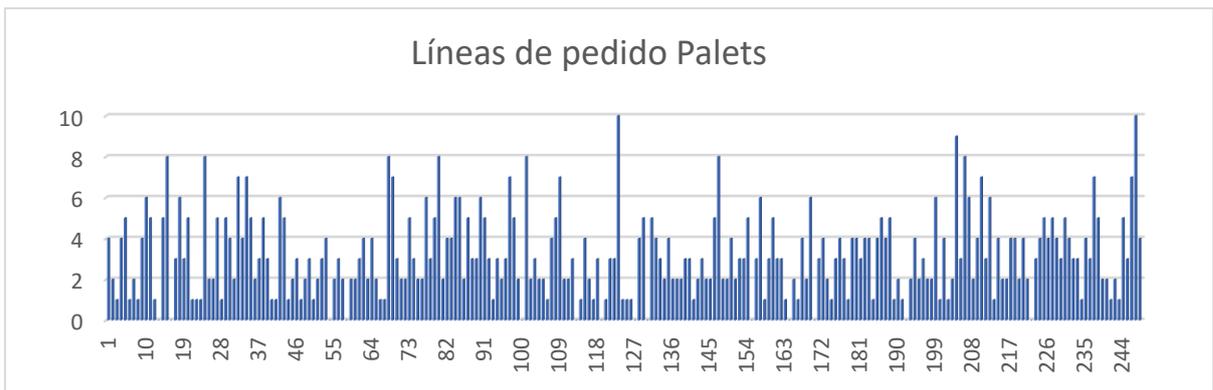


Ilustración 14. Líneas de pedido de paletas pedidas en un año, fuente: elaboración propia.

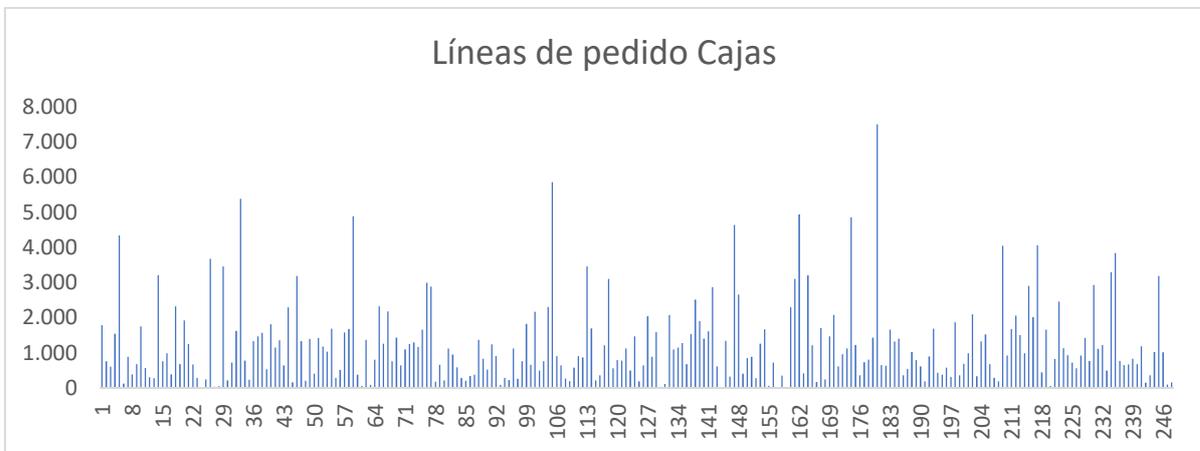


Ilustración 15. Líneas de pedido de cajas en un año, fuente: elaboración propia.

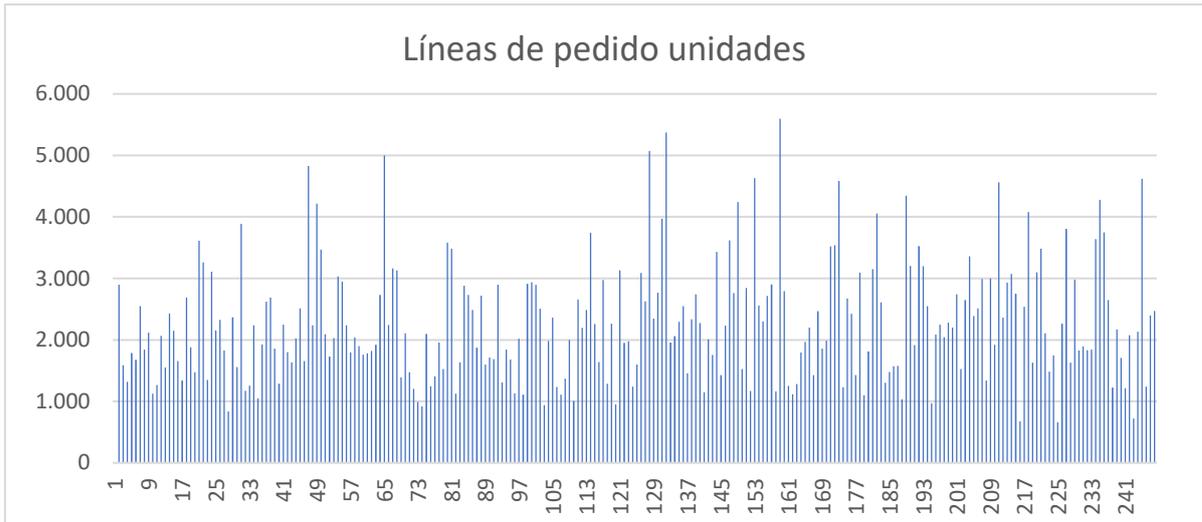


Ilustración 16. Líneas de pedido de unidades en un año, fuente: elaboración propia

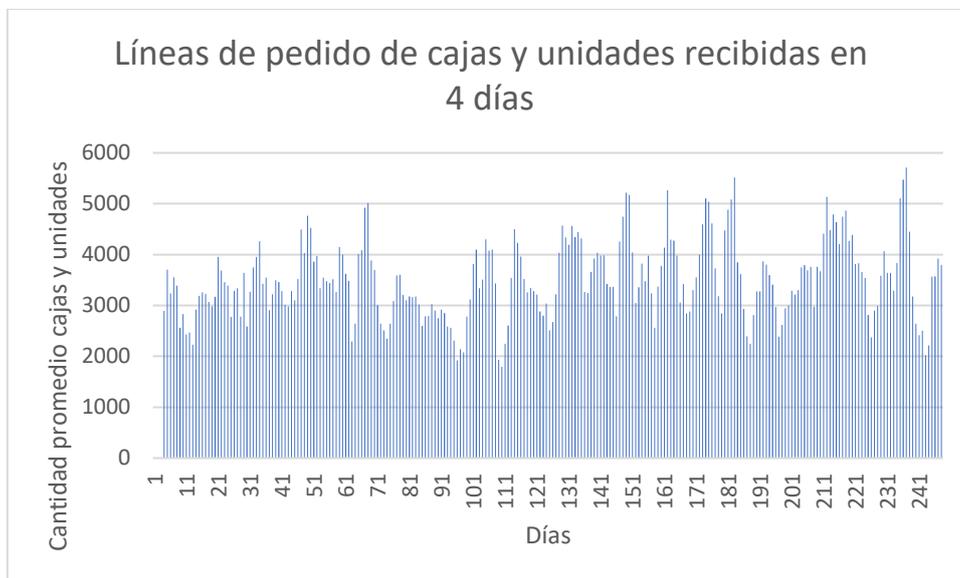


Ilustración 17. Líneas de pedido de cajas y unidades en 4 días, fuente: elaboración propia

En primer lugar, se puede observar que el máximo de paletas en un día son 10, y en todo el año solamente dos veces se ha llegado a esta cifra. Por el contrario, como se puede apreciar en la gráfica hay 14 días que no hay ninguna paleta. Por otro lado, las cajas y las unidades sí que hay mayor dispersión. En las cajas con un mínimo de 8 en un día y un máximo de 7497. En las unidades ocurre lo mismo, siendo el mínimo 0 unidades y el máximo 5594.

La finalidad de analizar la cantidad de líneas de pedido en paletas, cajas y unidades es conocer cómo se va a trabajar para satisfacer al cliente, que como se ha descrito antes, el plazo es de 4 días, por ello, para el cálculo de la productividad necesaria, se cogerá la cantidad máxima de cajas y unidades que se piden en 4 días, es decir, la suma de cajas y unidades que se han recibido

en 4 días dividido entre 4, se observa en la ilustración 18, dicha cantidad máxima da como resultado 5 712 unidades y cajas promedio.

Una vez es conocida la política de servicio, se ha realizado un análisis separado entre las líneas de pedido de cajas y unidades y de paletas puesto que cada uno de los formatos logísticos contarán con medios distintos.

Llegado este punto cabe mencionar que, debido al modelo de negocio de la empresa, la empresa solo sirve a otras ferreterías de la Comunidad Valenciana las cuáles se encuentran como máximo a unas dos horas y medio en furgoneta desde Puzol. Puesto que la empresa realiza la preparación del pedido por la mañana, el mismo día en el que se prepara el pedido es generalmente el mismo día en el que se envía el pedido y es recibido por el cliente. Si la empresa cuenta con la capacidad de satisfacer la demanda de 5 712 cajas y unidades, será posible que todos lleguen a tiempo cumpliendo con las condiciones previamente estipuladas. Teniendo en cuenta, que los operarios dedicarán unas 5 horas por la mañana para la elaboración de pedidos y unas 3 horas por la tarde para recibir los artículos de los proveedores y colocarlos donde corresponda.

4.7. Perfil de inventario

Antes de empezar a diseñar los diferentes almacenes, hay que conocer todos los datos que incumben a todas las configuraciones. Por un lado, el stock mínimo y stock máximo inicialmente viene expresado en semanas (esta unidad se traduce en cuántas semanas se abarcan con el stock), aunque ya calculado anteriores apartados, para diseñar cualquier almacén, estas variables hay que expresarlas en metros cúbicos.

Dentro de un almacén, entre otros, se diferencia la zona de picking y la zona de reserva, por ello se va a diferenciar el stock máximo y mínimo de picking y stock máximo y mínimo de reserva. Al igual que cualquier stock, el stock de reserva representa la cantidad de unidades que se pueden almacenar (máximas y mínimas) para evitar la rotura.

- **Stock mínimo de picking**, representa la cantidad mínima necesaria la cual se puede hacer picking. Se denomina picking, del anglosajón “pick and pack”, utilizado a la hora de diseñar un almacén para referirse a la actividad de ir recogiendo durante la ruta las diferentes líneas de pedido. Se ha decidido que la cantidad mínima siempre será cero puesto que siempre existirá un stock mínimo de reserva, con lo cual siempre habrá en

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

el almacén algunas referencias de stock de reserva, y es por ello que el volumen mínimo de picking será cero.

- **Stock máximo de picking**, Resultado de multiplicar el volumen de cada referencia (en metros cúbicos) por el tiempo de reposición. El volumen de cada artículo es dato de partida (aunque en semanas, ya explicado anteriormente como se pasa a metros cúbicos), pero el tiempo de reposición que no es dato de partida. Este tiempo de reposición depende del análisis ABC. Para las referencias clasificadas en el rango de volumen de venta A se le ha atribuido un tiempo de reposición de 1 día, para los artículos B 3 días y por último, los C un tiempo de 5 días.
- **Stock mínimo de reserva**, el stock de reserva representa la cantidad necesaria para hacer frente a la demanda, por ello el stock mínimo de reserva es la diferencia de stock mínimo de cada referencia y stock máximo.
- **Stock máximo de reserva**, se representará con el stock máximo (dato de partida).

Este análisis de los stocks se llama **perfil de inventario**. A continuación, se muestran los datos de 10 referencias no paletizables, y 10 referencias paletizables.

Tabla 11. Perfil de inventario para 10 referencias no paletizables

Familia	Ref	Stock mínimo de Picking	Stock máximo de Picking (m ³)	Stock mínimo de reserva m ³)	Stock máximo de reserva (m ³)
G	5798	0	0,000008	0,021186	0,035311
H	2935	0	0,000005	0,004197	0,010493
G	7591	0	0,000264	0,199419	0,398839
H	3296	0	0,000007	0,005164	0,015491
G	3345	0	0,000160	0,292178	0,409049
H	5399	0	0,000090	0,064037	0,128075
H	10498	0	0,000005	0,003553	0,008884
G	2636	0	0,000005	0,003529	0,005293
G	1109	0	0,000005	0,006952	0,012165

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

Tabla 12. Perfil de inventario para 10 referencias paletizables

Familia	Ref	Stock mínimo de picking (m ³)	Stock máximo de picking (m ³)	Stock mínimo de reserva (m ³)	Stock máximo de reserva (m ³)
G	1466	0	0,105	1,405	2,811
G	2559	0	0,102	8,552	21,381
G	7857	0	0,044	8,419	12,629
G	2620	0	0,105	52,165	182,577
G	7899	0	0,105	49,184	73,777
G	5439	0	0,081	46,813	93,626
G	7875	0	0,094	63,951	85,268
G	2097	0	0,105	132,554	151,491
G	6122	0	0,105	36,895	147,582
G	899	0	0,105	91,441	109,729

Una vez realizado el perfil de inventario, ya se saben las necesidades que se van a necesitar en el almacén, máximas y mínimas para ambas zonas. El perfil de inventario es el mismo para cualquier configuración, ya que no depende de esta, sino que condiciona al diseño, aunque dependiendo de las diferentes configuraciones de almacenamiento, puede sufrir pequeñas modificaciones.

5. Primera configuración

5.1. Introducción

En primer lugar, para realizar la primera iteración se ha tomado la decisión de diseñar un almacén convencional, para lo cual se espera que la inversión será baja, y tanto las paletas como las cajas serán convencionales y no se hará uso de medios de manutención automatizados. Se ha determinado de esta forma para que la tarea de los operarios de almacén sea lo más simple posible y para conocer cuáles son las características que más importancia tienen en el coste del almacén y en la inversión.

5.2. Perfil de inventario para la primera iteración.

El siguiente paso consiste en calcular el volumen de almacenamiento necesario para la primera iteración, diferenciado entre las referencias paletizables y no paletizables para ayudar a su análisis y posterior organización. Para el cálculo del perfil de inventario, se ha tenido en cuenta las categorías de las referencias, según el análisis ABC. En la siguiente tabla se muestran los datos iniciales de diez referencias aleatorias desde los que se parten para la mejor comprensión de los cálculos utilizados:

Tabla 13. Datos iniciales referencias

familia	ref	coste (€/ud)	venta (uds/año)	volumen (l/ud)	plazo aprovi (dias)	stock minimo (semanas)	stock maximo (semanas)
F	10602	7,83	18	0,75	15	4	6
H	10493	8,20	127	0,01	12	1	3
H	9458	15,64	297	0,01	25	2	4
A	8028	0,01	335	0,01	6	1	5
D	7755	19,58	1.095	4,51	11	1	4
F	7735	16,24	18	0,01	23	5	7
C	3947	2,76	386	1,29	5	1	6
H	3944	0,77	33	0,01	22	2	6
D	987	14,10	1.404	0,12	10	2	4
G	914	2,10	11.441	1,61	14	1	3
C	912	25,40	363	0,12	8	3	6

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

El primer paso a realizar ha sido simplemente pasar el volumen en litros a metros cúbicos dividiendo el primero entre 1000 para buscar el volumen de ventas anuales en metros cúbicos, multiplicando simplemente las unidades vendidas de cada referencia al año por su volumen unitario y por otro lado se han calculado las ventas semanales dividiendo las anuales entre las 52 semanas con las que cuenta un año. Una vez obtenidos estás dos magnitudes, se han procedido a realizar el análisis de stock.

A la hora de encontrar el stock mínimo (m^3) se ha multiplicado el stock mínimo de los datos de partida en unidades, por las ventas semanales y por el volumen unitario de cada uno y para el stock máximo se ha realizado el mismo procedimiento salvo que de los datos iniciales de partida se toma el stock máximo como es de suponer. Llegados a este punto, es necesario proceder a la separación entre todas aquellas referencias paletizables y las que no lo son. Para ello, se ha estudiado el volumen de pedido en m^3 para cada una de las referencias restando el stock mínimo al stock máximo (en m^3) y dividiendo posteriormente por el volumen de las paletas ($1.1*0.8*1.2$). De esta forma, se ha concluido que todas aquellas referencias con volúmenes superiores a 0.5 son paletizables mientras que el resto serán almacenadas en cajas en distintas baldas. Con todo ello, se han obtenido los siguientes resultados, nuevamente mostrando en la siguiente tabla las mismas 10 referencias aleatorias:

Tabla 14. Perfil de inventario por referencias, iteración 1

Familia	ref	Volumen (m^3/ud)	Volumen venta anual ($m^3/año$)	venta semanal (uds/semana)	stock mínimo (m^3)	Stock máximo (m^3)	Volumen de pedido (m^3)
F	10602	0,00074517	0,01341304	0,34615385	0,00103177	0,00154766	0,00048853
H	10493	0,00000500	0,00063500	2,44230769	0,00001221	0,00003663	0,00002313
H	9458	0,00000500	0,00148500	5,71153846	0,00005712	0,00011423	0,00005409
A	8028	0,00000536	0,00179712	6,44230769	0,00003456	0,00017280	0,00013091
D	7755	0,00451109	4,93964832	21,05769231	0,09499324	0,37997295	0,26986715
F	7735	0,00000500	0,00009000	0,34615385	0,00000865	0,00001212	0,00000328
C	3947	0,00129467	0,49974309	7,42307692	0,00961044	0,05766266	0,04550400
H	3944	0,00000500	0,00016500	0,63461538	0,00000635	0,00001904	0,00001202
D	987	0,00012261	0,17215024	27,00000000	0,00662116	0,01324233	0,00627004
G	914	0,00160532	18,36642669	220,01923077	0,35320051	1,05960154	0,66894037
C	912	0,00012131	0,04403686	6,98076923	0,00254059	0,00508118	0,00240586

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

Con el perfil de inventario realizado por referencias ya podemos calcular las dimensiones de zona de Picking y de Reserva para cada referencia, se muestra a continuación.

5.3. Medios de almacenamiento

5.3.1. No paletizables

Así pues, tras un exhaustivo estudio de la información proporcionada por la empresa, se ha realizado un estudio sobre los volúmenes de las referencias dependiendo de su categoría calculando así los volúmenes máximos y mínimos, necesario para poder determinar el tamaño de las cajas requeridos para cada una de las categorías. Como se ha explicado anteriormente, el análisis ABC permite conocer que referencias cuentan con mayores ventas, y así poder ordenar el almacén de forma que los más cercano a la zona de preparación de pedidos sean las referencias de tipo A, que cuenta con numerosas ventas.

Tabla 15. Volumen máximo, mínimo y medio por categorías ABC no paletizables

Categorías	Volumen mínimo unitario (m³)	Volumen máximo Unitario (m³)	Volumen Promedio unitario (m³)
A	0,000005	0,014470	0,000517
B	0,000005	0,025783	0,000907
C	0,000121	0,105000	0,005563

Las categorías se almacenarán en cajas dependiendo de su volumen máximo, y, teniendo en cuenta que en cada una de las cajas solo podrá haber una referencia, pese a que, sobre espacio, y para ello serán requeridas dos tipos de cajas distintas. Dichas cajas están relacionadas con el módulo internacional de embalaje, según la normativa ISO 3394 (medida externa), como se manejan gran cantidad de artículos, y cada uno con un volumen distinto, las medidas son las siguientes:

Tabla 16. Tamaño de las cajas

	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen total (m³)
Tipo I	0,6	0,4	0,4	0,096
Tipo II	0,3	0,2	0,2	0,012

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

También se ha decidido utilizar el mínimo número de cajas posibles para poder comprar en bloque todas las cajas necesarias y de esta forma ahorrar en costes gracias al descuento por volumen del proveedor al ordenar muchas unidades iguales. Además, la organización en cajas presume de ser mucho más cómoda a la hora de organizar los distintos artículos puesto que muchos son de muy pequeño tamaño y facilitarán las tareas a los almaceneros a la hora de preparar pedidos y reponer el almacén. Por otro lado, las cajas tipo II es la mitad que el tipo I, esto se hace para poderlas apilar.

Puesto que hay algunas referencias con un volumen unitario superior a 0,096 metros cúbicos, se va a clasificar las categorías A, B y C por su tamaño, el resultado es el siguiente:

Tabla 17. Recuento de artículos no paletizables por volumen unitario

Categoría	Mayor que 0,096	Mayor que 0,012	Menor que 0,012
A	0	2	2079
B	0	37	4125
C	39	136	3988

Esta tabla no es un recuento sobre la cantidad de cajas necesarias, sino sirve para conocer si una unidad de un artículo cabe en las medidas de la caja. Por ello, como se observa en la tabla, habrá que emplear 39 cajas especiales, como mínimo para los artículos que no caben.

Una vez conocido el perfil de inventario y los volúmenes de las cajas, toca diseñar las estanterías y los huecos para cada categoría. Para optimizar el espacio y una gran cantidad de artículos con espacio libre en los huecos, se van a diseñar dos tipos de huecos, un hueco para las cajas con volumen 0,012 metros cuadrados y otro para las de 0,096 metros cuadrados.

Esta vez, el dato por el cual se va a realizar el análisis va a ser los stocks máximo de picking y de reserva; otra vez este recuento no nos indica el número exacto de huecos, sino que nos ayuda a tener una idea, ya que, si una referencia tiene un stock máximo de picking inferior al volumen de la caja, indicará que solo ocupará un hueco, al contrario, si ocupa más no se sabrá cuantos huecos ocupa, ese estudio se realizará más adelante.

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

Tabla 18. Recuento referencias por categoría y por volumen de stock

Categoría	Zona Picking		Zona Reserva	
	Mayor que 0,012 m ³	Menor que 0,012 m ³	Mayor que 0,012 m ³	Menor que 0,012 m ³
A	232	6011	2791	3452
B	230	3932	1896	2266
C	437	3726	550	3613

Las categorías que superan el stock de 0,012 metros cúbicos se almacenarán en los huecos correspondientes de ese volumen (sumando las holguras), es decir, para una misma referencia no habrá combinaciones de huecos. Los huecos tienen las siguientes dimensiones:

Tabla 19. Medidas hueco tipo II

Hueco	m,m ³
Ancho	0,4
Largo	0,3
Alto	0,3
Vol.	0,036

Tabla 20. Medidas hueco tipo I

Hueco	m,m ³
Ancho	0,7
Largo	0,5
Alto	0,5
Vol.	0,175

Una vez que se conocen las medidas y las características de cada categoría se va a comenzar a diseñar las estanterías, estas estanterías tendrán una altura máxima de 10 metros de altura, ya que con la carretilla recoge pedidos para alturas superiores tiene un alcance máximo de 12 metros, y unos pasillos de 1,8 metros de ancho; se va a considerar el ancho de las estanterías de 1,4 metros, independientemente del tipo de hueco, de esta forma si en el futuro hay un cambio en la distribución de los artículos, quepan dos huecos de tipo I.

Para realizar el siguiente análisis, solo se va a tener en cuenta las categorías A, B y C y el volumen de stock acorde a su volumen de hueco, comprobando que todos los volúmenes unitarios de cada artículo caben en su respectiva caja. Con esta configuración, cada hueco corresponderá a una caja.

- A

Picking

Para diseñar el Picking de la categoría A, van a hacer falta 232 huecos de tipo I y 6011 huecos de tipo II, que sumando ambos volúmenes finalmente hace falta 257 metros cúbicos, 216 metros cúbicos hacen referencia a huecos tipo I y 40 a huecos tipo II.

Las dos referencias mostradas anteriormente que superan el volumen unitario de 0,012 están situadas en los huecos de tipo I.

Y, por consiguiente, la dimensión de esta área será la siguiente (en metros):

Tabla 21. Dimensión de picking de la categoría A en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	1,4
Largo zona (m)	18,35
Superficie (m²)	25,7
m³ Baldas	257

Reserva

Para diseñar la zona de reserva de la categoría A, van a hacer falta 3792 huecos de tipo I y 3452 de tipo II, lo que sumando ambos dan un volumen en metros cúbicos de 788 metros cúbicos, 664 correspondientes a los huecos de tipo I y 124 a los huecos tipo II.

Tabla 22. Dimensión de reserva de la categoría A en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	1,4
Largo zona (m)	56,28
Superficie (m²)	78,8
m³ Baldas	788

- **B**

Picking

Para diseñar el Picking de la categoría B, van a hacer falta 236 huecos de tipo I y 3932 huecos de tipo II, que sumando ambos volúmenes finalmente hace falta 183 metros cúbicos, 141,5 metros cúbicos hacen referencia a huecos tipo I y 41,3 a huecos tipo II.

Las referencias mostradas anteriormente que superan el volumen unitario de 0,012 están situadas en los huecos de tipo I.

Y, por consiguiente, la dimensión de esta área será la siguiente (en metros):

Tabla 23. Dimensión de picking de la categoría B en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	1,4
Largo zona (m)	13,1
Superficie (m²)	18,3
m³ Baldas	183

Reserva

Para diseñar la zona de reserva de la categoría B, van a hacer falta 2998 huecos de tipo I y 2266 de tipo II, lo que sumando ambos dan un volumen en metros cúbicos de 606,2 metros cúbicos, 524,6 correspondientes a los huecos de tipo I y 81,6 a los huecos tipo II. En estos cálculos nos encontramos con referencias que necesitan más de un hueco de tipo I para poder hacer frente a su stock, las cuales se agruparan juntas para facilitar el trabajo a los reponedores.

Tabla 24. Dimensión de reserva de la categoría B en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	1,4
Largo zona (m)	43,3
Superficie (m²)	60,62
m³ Baldas	606,2

- C

La categoría C tiene 39 referencias que tienen que ser estudiadas aparte, ya que no caben en las dimensiones de la caja tipo I, estas referencias se van a almacenar en una caja especial con las siguientes dimensiones:

Tabla 25. Dimensiones caja y hueco tipo III

	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen total (m ³)
Caja	1,2	0,8	0,8	0,768
Hueco	1,3	0,9	0,9	0,1053

Con estas dimensiones de caja se puede seguir apilando con el resto, y a priori puede parecer grande, pero si se compara también con el volumen de stock, el espacio sobrante es reducido. Para estos 39 artículos se ha requerido 39 huecos para Picking y 40 para reserva, los cuales corresponden a 39,9 metros cúbicos para Picking y 40,1 metros cúbicos para reserva.

Picking

Para diseñar el Picking de la categoría C, van a hacer falta 596 huecos de tipo I y 3726 huecos de tipo II, que sumando ambos volúmenes finalmente hace falta 238,5 metros cúbicos, 104,3 metros cúbicos hacen referencia a huecos tipo I y 134,1 a huecos tipo II.

Y, por consiguiente, la dimensión de esta área será la siguiente (en metros):

Tabla 26. Dimensión de picking de la categoría C en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	1,4
Largo zona (m)	17,1
Superficie (m ²)	23,85
m ³ Baldas	238,5

Reserva

Para diseñar la zona de reserva de la categoría C, van a hacer falta 821 huecos de tipo I y 3613 de tipo II, lo que sumando ambos dan un volumen en metros cúbicos de 273,7 metros cúbicos, 143,7 correspondientes a los huecos de tipo I y 130 a los huecos tipo II.

Tabla 27. Dimensión de reserva de la categoría C en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	1,4
Largo zona (m)	19,55
Superficie (m²)	27,37
m³ Baldas	273,7

Para los artículos que van en cajas tipo III, se ha decidido juntar Picking y reserva, ya que al ser pocas referencias se puede llevar un buen control de estas y además requieren de una estantería más ancha; el stock total necesario para los artículos es 87,6 metros cúbicos.

Tabla 28. Dimensión de artículos con caja tipo III de la categoría C en la primera iteración

Alto zona (m)	10
Ancho zona (m)	2,5
Largo zona (m)	3,5
Superficie (m²)	8,76
m³ Baldas	87,6

5.3.2. Paletizables

Picking

Para realizar el Picking de los artículos que vienen en paletas, se ha decidido realizar una distribución en base a los tipos de caja requeridos, juntando los artículos que requieren cajas tipo II (387 artículos) y por otro lado los artículos de las cajas tipo III (117 artículos), ya que estos tienen grandes volúmenes de stock.

Por lo tanto, para la zona de las cajas tipo II, se va a requerir solamente 46 huecos, lo cual representa un volumen de 8,1 metros cúbicos, lo cual representa un estante con una anchura de 0,9 metros. Respecto a las referencias que se almacenan en cajas tipo III se requerirá 5,7 metros cúbicos, los cuales se ubicarán con un solo estante con una anchura de 1,7 metros.

Reserva

El último paso a la hora de organizar el almacén es estudiar cómo serán organizadas las paletas. Se tendrá en cuenta que una paleta de tamaño estándar cuenta con un volumen de 1,152 m³ que se distribuye en alto, ancho y largo como se detalla a continuación:

Tabla 29. Tamaño Paleta

Hueco	m ³
Ancho	0,8
Largo	1,2
Alto	1,2
Vol.	1,152

A la hora de incluir la altura de la paleta, se debe recordar que sin nada de volumen almacenado sería de 0.35 m de alto; no obstante, para el cálculo del volumen total que puede acarrear se utilizará la altura máxima de 1,2 metros teniendo en cuenta volumen almacenado. Una vez estudiado el espacio necesario total paletizable como ha sido explicado previamente, se ha identificado que será necesario un total de 4406 paletas, también teniendo en cuenta que solo se almacenarán una referencia por cada una de las paletas.

Para optimizar el espacio del almacén, se ha tomado la decisión de que las categorías A y B estén apiladas en estanterías de doble fondo, esto se debe a que todas sus referencias tienen un stock superior a dos paletas (2,3 metros cúbicos), de esta manera, se ahorra espacio eliminando pasillos intermedios.

A continuación, se muestra un cuadro resumen de el volumen de stock total, numero de paletas y volumen de paletas a almacenar.

Tabla 30. Resumen volumen de paletas a almacenar, iteración 1

Categoría	Stock total (m ³)	Numero de paletas	Volumen total palets (m ³)
A	4599,796854	4406	4652,736
B	1592,760034	1092	1533,168
C	352,5729208	249	349,596

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

- A

Como ya se ha mencionado, la categoría A y B se van a distribuir en estanterías de doble fondo, cuyas medidas son las siguientes:

Tabla 31. Medidas para estantería doble fondo

Palet	m, m³	Hueco	m, m³
Ancho	0,8	Ancho	1,7
Largo	1,2	Largo	1,3
Alto	1,2	Alto	1,3
Vol.	1,152	Vol.	2,873

Su distribución es la siguiente:

Tabla 32. Distribución palets categoría A, iteración 1

Nº Alturas	10	Alto zona (m)	13
Nº Filas	2	Ancho zona (m)	3,4
Nº Columnas	221	Largo zona (m)	287,3
Huecos	4420	Superficie (m²)	976,82
Nº Pasillos	2	m³ Baldas	12698,66
Dimensión Pasillos (m)	1,8		

- B

Tabla 33. Distribución palets categoría B, iteración 1

Nº Alturas	10	Alto zona (m)	13
Nº Filas	2	Ancho zona (m)	3,4
Nº Columnas	55	Largo zona (m)	71,5
Huecos	1100	Superficie (m²)	243,1
Nº Pasillos	2	m³ Baldas	3160,3
Dimensión Pasillos (m)	1,8		

- C

La categoría C se almacena en estanterías convencionales, ya engloba referencias cuyo stock máximo no supera el volumen de dos paletas, por ello, las dimensiones del hueco van a ser las siguientes:

Tabla 34. Medidas paletas y hueco convencional

Palet	m, m³	Hueco	m, m³
Ancho	0,8	Ancho	0,9
Largo	1,2	Largo	1,3
Alto	1,2	Alto	1,3
Vol.	1,152	Vol.	1,521

Y su dimensión:

Tabla 35. Dimensión categoría C paletizable, iteración 1

Nº Alturas	10	Alto zona (m)	13
Nº Filas	1	Ancho zona (m)	0,9
Nº Columnas	25	Largo zona (m)	32,5
Huecos	250	Superficie (m²)	29,25
Nº Pasillos	2	m³ Baldas	380,25
Dimensión Pasillos (m)	1,8		

5.4. Medios de manutención

Para elegir los medios de manutención, se ha estimado el número de movimientos que se van a realizar en el almacén, ya que dependiendo de los metros en horizontal y en vertical y la cantidad de movimientos se escogerán unos u otros. El resultado del análisis es el siguiente:

Tabla 36. Estimación de cantidad de movimientos primera configuración

Movimiento	Estimación
Desplazamiento lateral paleta	15000 metros
Desplazamiento lateral caja	8000 metros
Carga y descarga de paleta (de 0 a 10 metros)	600 movimientos
Carga y descarga de caja (de 0 a 10 metros)	2000 movimientos

Analizando la cantidad de movimientos y el desplazamiento tanto horizontal como vertical de paletas y cajas, se ha optado, bajo el conocimiento de los medios de manutención existentes (explicados en el capítulo de fundamentos teóricos) y la productividad de estos (se expone en la siguiente tabla) para poder hacer frente a la productividad necesaria, se han elegido los siguientes medios de manutención:

Tabla 37. Medios de manutención en la primera iteración

Medios de manutención	Unidades	Líneas de pedido por hora de operario
Apilador eléctrico	2	100
Carro recoge pedidos en altura	2	85
Carretilla trilateral	3	265
Total		1165

Tabla 38. Líneas de pedido realizadas en un día

Horas realizadas en un día para picking	5
Líneas de pedido por hora de operario	1165
Líneas de pedido al día	5825
Líneas de pedido necesarias	5712

5.5. Diseño primera configuración

A continuación, se muestra el diseño, cada uno de los componentes está a escala respecto a la superficie que tiene que ocupar. El resultado es el siguiente:

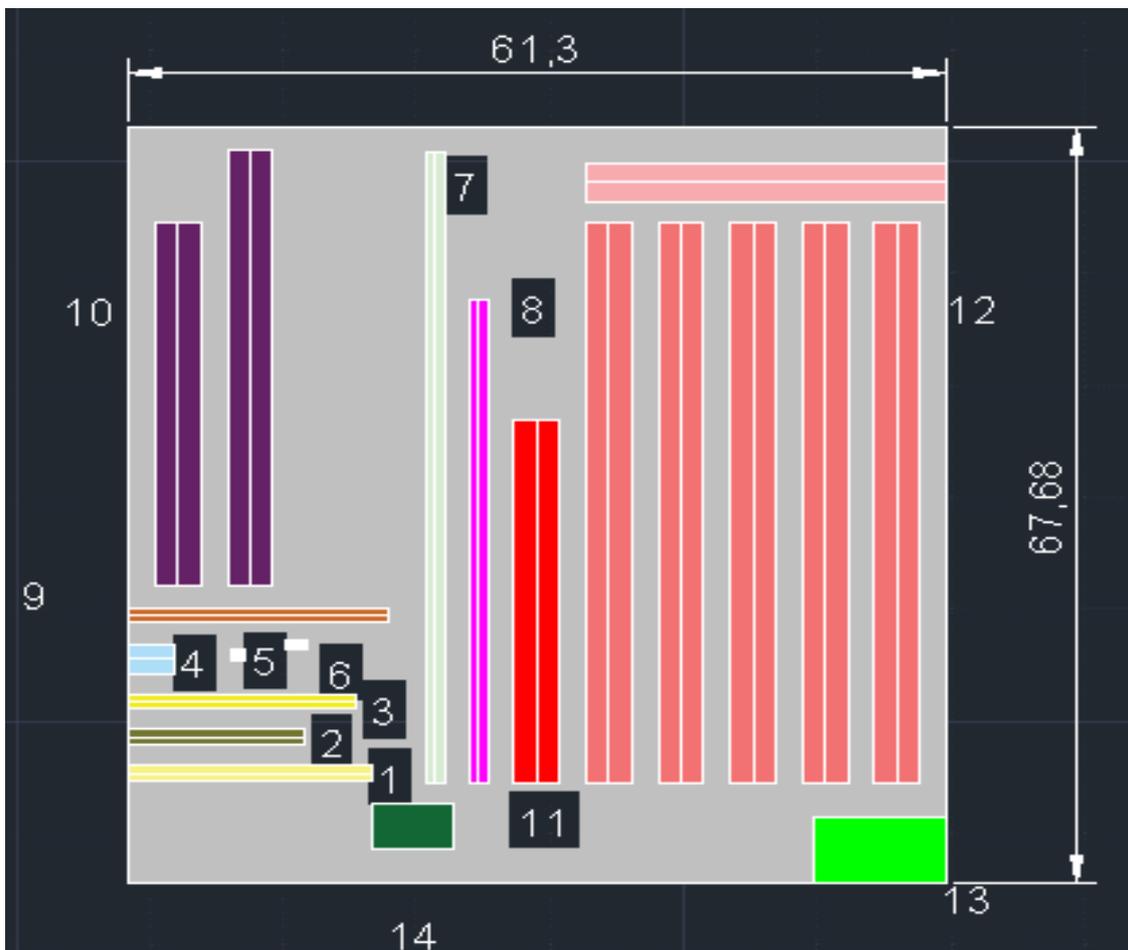


Ilustración 18. Distribución del almacén en la primera iteración, fuente: elaboración propia

Tal y como se muestra en la ilustración, el almacén se distribuirá por zonas, separándose:

- 1- Picking artículos A no paletizables
- 2- Picking artículos B no paletizables
- 3- Picking artículos C no paletizables

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

- 4- Picking artículos C cajas tipo III
- 5 y 6- Picking artículos paletizables
- 7- Reserva artículos A no paletizables
- 8- Reserva artículos B no paletizables
- 9- Reserva artículos C no paletizables
- 10- Reserva artículos B paletizables
- 11- Reserva artículos C paletizables
- 12- Reserva artículos A paletizables
- 13- Oficina
- 14- Mesa de recepción y expedición

5.6. Análisis de inversión y coste

A la hora de analizar los costes que serán necesarios para realizar la inversión, se estudiará el coste anual, teniendo en cuenta las instalaciones y el equipo necesarias, así como el personal, mantenimiento y energía requeridas.

Tabla 39. Costes e inversiones de instalaciones en la primera iteración

Concepto	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años vida útil	Amortización anual	Coste anual (€)
Superficie de la nave	4149	400,00 €	1.659.600,00 €	25	66.384,00 €	69.703,20 €
Sistema de vigilancia y seguridad	1	15.000,00 €	7.500,00 €	5	1.500,00 €	1.500,00 €
Servicios generales (luz, agua...)	4149	27,50 €	114.097,50 €	-	-	114.097,50 €
Estantería (m2)	1580	25,00 €	39.500,00 €	10	3.950,00 €	3.950,00 €
Medios de manutención			26.140,00 €	10	2.614,00 €	2.614,00 €
Cajas de plástico	31711	1,80 €	57.079,80 €	10	5.707,98 €	5.707,98 €
Hardware y software	1	225.000,00 €	225.000,00 €	7	32.142,86 €	32.142,86 €
Total			2.128.917,30 €			229.715,54 €

Tabla 40. Costes de personal en la primera iteración

Personal	Cantidad	€/año	Coste anual (€)
Jefe de almacén	1	35.000 €	35.000 €
Administrativo	2	25.000 €	50.000 €
Almacenero	7	19.000 €	133.000 €
Total			218.000 €

Tabla 41. Costes de mantenimiento y energía para la primera iteración

Concepto	Coste (€/año)
Equipamiento Oficina	200 €
Mantenimiento del almacén	4.500 €
Gasto de energía	58.750 €
Total	63.450 €

Por lo tanto, la inversión que deberá realizar la sociedad sumará a un total de:

Tabla 42. Inversión y coste anual en la primera iteración

Inversión total (€)	2.128.917,30 €
Coste anual (€/año)	511.166 €

5.7. Conclusión primera iteración

Como se puede observar en los resultados mostrados, la gran parte de los costes de esta iteración provienen de la superficie del almacén, esto provoca que se necesite más almaceneros que si el espacio fuese menor, que elevan también el coste anual. Por lo tanto, para la siguiente iteración se intentará reducir la superficie del almacén y la plantilla, y para su consecución se realizará una iteración agrupando las paletas más juntas para reducir la cantidad de pasillos. Por otra parte, el coste anual es bastante elevado (507.572€), esto es causado por el elevado personal que se necesita para el almacén; en la siguiente configuración se realizarán modificaciones para reducir dicho gasto, siendo superior al presupuesto marcado por la empresa.

Dichas modificaciones, como se ha mencionado anteriormente, se van a centrar en reducir el gasto y la inversión de la superficie del almacén y el gasto de personal, esta reducción se va a basar en implementar medios de mantenimiento automáticos, de esta manera, no se diferenciará entre las áreas de stock de Picking y de reserva, lo que conlleva a una reducción de pasillos; por otro lado, estos de medios de mantenimiento tienen un altura máxima más elevada, por lo que es otro factor para reducir la superficie. La principal característica de estos medios de mantenimiento es, como su propio nombre indica, que realizan las operaciones de manera automática, por lo que no necesita más que un empleado para recoger el artículo. Por lo que, con esta modificación, se consigue mejorar los dos objetivos propuestos, reducir la superficie y el personal.

6. Segunda configuración

6.1 Introducción

En la primera configuración, diseñada de forma bastante tradicional, utilizando medios de almacenamiento convencionales, así como los medios de manutención, se ha observado que la mayor parte de los costes proviene de la gran superficie requerida y de los costes de personal, puesto que al no estar nada automatizado se requiere de numerosos operarios en el almacén. Es por ello, que intentado buscar una mejor configuración que sea más óptima, se ha decidido crear un almacén automatizado utilizando miniloads y transelevadores de hasta 20 metros, que respecto a la primera configuración supone un aumento en la altura, lo cual supondrá una reducción de espacio; por otro lado, como se ha comentado anteriormente, para estos medios de manutención no habrá distinción entre zona de picking y de reserva, sino que, como se explicará en los próximos capítulos, se trabajará con una única, de esta manera se reducen los pasillos y por consecuencia, la superficie total.

A la hora de diseñar este nuevo almacén, también se ha decidido realizar otro cambio importante, en lugar de utilizar la gestión fija se utilizará la gestión aleatoria. Recordemos que con la gestión fija a cada referencia le es asignada una posición de antemano, y es especialmente útil para saber dónde están en todo momento las referencias dentro del almacén. Los almaceneros no requerirán acudir al ordenador constantemente para saber dónde se encuentra un artículo, puesto que probablemente muchos los recuerden de memoria.

Por otro lado, la ubicación aleatoria se basa en la idea de que cada mercancía se ubica en cualquiera de los huecos libres, y utilizando un programa informático, se indica donde ha sido almacenada, para que en cualquier momento el almacenero pueda acudir al ordenador y saber dónde está el artículo. La principal ventaja de esta forma 'caótica' de organizar un almacén, es que permite que la capacidad efectiva del mismo se acerque mucho más a la capacidad física, es decir, hay un mejor uso de los huecos.

6.2 Perfil de inventario para la segunda configuración

A la hora de diseñar el almacén nuevamente, el primer paso será volver a analizar los datos de partida. En este caso, no se diferenciará stock de picking y de reserva, ya que se utilizarán los stocks máximos y mínimos proporcionados (se trabajará en metros cúbicos) por la empresa inicialmente para poder calcular el stock medio entre los dos recién mencionados, como se

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

muestra en la siguiente tabla, tanto para los paletizables como para las referencias no paletizables de menor volumen unitario. A modo de ejemplo para algunas de las referencias:

Tabla 43. Perfil de inventario referencias paletizables segunda iteración

familia	ref	Volumen de pedido (m ³)	Stock mínimo (m ³)	Stock máximo (m ³)	Stock medio (m ³)
G	2620	49,40	130,41	182,58	156,49
G	7899	46,58	24,59	73,78	49,18
G	5439	44,33	46,81	93,63	70,22
G	7875	60,56	21,32	85,27	53,29
G	2097	125,53	18,94	151,49	85,21
G	6122	34,94	110,69	147,58	129,13
G	899	86,59	18,29	109,73	64,01
G	402	33,27	52,70	87,84	70,27

Tabla 44. Perfil de inventario referencias no paletizables segunda iteración

familia	Volumen venta anual (m ³ /año)	stock mínimo (m ³)	Stock máximo (m ³)	Stock medio (m ³)	Volumen de pedido (m ³)
G	0,3672	0,0141	0,0353	0,0247	0,0201
H	0,1091	0,0063	0,0105	0,0084	0,0040
G	5,1849	0,1994	0,3988	0,2991	0,1888
H	0,1343	0,0103	0,0155	0,0129	0,0049
G	3,0387	0,1169	0,4090	0,2630	0,2767
H	1,6650	0,0640	0,1281	0,0961	0,0606
H	0,0924	0,0053	0,0089	0,0071	0,0034
G	0,0917	0,0018	0,0053	0,0035	0,0033
G	0,0904	0,0052	0,0122	0,0087	0,0066
G	0,0818	0,0047	0,0079	0,0063	0,0030

Se utilizará el stock medio a la hora de calcular los huecos y cajas necesarias para las referencias no paletizables, y para calcular los huecos necesarios para las referencias paletizables. Llegados a este punto, cabe destacar que los artículos paletizables serán almacenados en columnas de un único fondo. Se planteó utilizar estanterías de doble fondo, pero al analizar el volumen de cada referencia se observó que muchas no requerían más de una paleta y por lo tanto sería no eficiente guardar una referencia al fondo, ya que haría falta coger la paleta guardada en el extremo para acceder al artículo ubicado al fondo.

6.3 Medios de almacenamiento

En primer lugar, para esta nueva configuración del almacén se ha decidido que el almacén cuente con una altura de 20 metros de altura, y tanto las referencias paletizables como las no paletizables serán organizadas en distintas estanterías. Teniendo en cuenta que el hueco de las paletas tiene una altura de 1,3 metros cada una, se podrán almacenar hasta 15 paletas a lo alto en las diferentes baldas; por otro lado, los huecos de las cajas utilizadas para el almacenaje de las referencias no paletizables cuentan con una altura de 0,5 metros, y por lo tanto se podrán almacenar hasta 40 cajas distribuidas en distintas baldas.

Además, el ancho de las estanterías también variará en función de las referencias paletizables y las no paletizables. Por un lado, puesto que los huecos de las cajas tienen un ancho de 0,7 metros, las estanterías tendrán una profundidad de 1,4 metros, para poder poner una caja a cada lado y acceder a cada una de ellas desde los distintos pasillos entre los que se encuentra la estantería. En cambio, las paletas tienen una anchura de 0,8 metros, por lo tanto, las estanterías tienen una anchura de 1,7 metros.

Para la primera configuración se ha trabajado con las mismas dimensiones de cajas, paletas y sus respectivos huecos, las siguientes tablas recopilan la información de sus medidas:

- medidas caja tipo I, tabla 16
- medidas hueco para caja tipo I, tabla 20
- medidas de la paleta, tabla 29
- medidas hueco para paleta, tabla 34

Y a continuación se muestran las medidas de las estanterías utilizadas para los medios de manutención automatizados:

Tabla 45. Medidas estanterías segunda iteración

	Ancho de estantería (m)	Altura máxima (m)
Paletizables	1,7	19,5
No paletizables	1,4	20

6.3.1 No paletizable

Una vez analizado el stock de las referencias no paletizables anteriormente, se ha hallado que el volumen total de stock medio de todas estas referencias es de 299,041 m³ y, por lo tanto, teniendo en cuenta que cada hueco cuenta con un volumen de 0,175m³, serán necesarios

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

12.851 huecos, los cuáles serán organizados utilizando la gestión aleatoria. Estos 12.851 huecos ocupan un volumen total de 2.248,925m³; la gran diferencia entre la suma del volumen de stock medio y la de los huecos viene dada por el hecho de que solo se almacenará una referencia por caja, y en algunos de los huecos sobra mucho espacio, pero no se podrá introducir en la misma caja otra referencia.

Se ha planteado a la empresa realizar dos tipos de estanterías, dependiendo de los volúmenes de stock de las referencias, una con las medidas de la caja tipo I y otra con las medidas de la caja tipo II, para poder ahorrar en espacio y ser más eficientes; esta opción fue rechazada, ya que la empresa espera aumentar los volúmenes de venta y prefiere un único tipo de estantería, para facilitar la gestión del almacén y que la mayoría de artículos (excepto los 39 ya mencionado) quepan en los huecos. De esta manera se asegura que en el futuro si cambia de artículos de un volumen superior o como ya se ha mencionado, aumenta el volumen de stock, tienen mayor margen de maniobra.

Tabla 46. Resumen de los requerimientos en la segunda configuración de los artículos no paletizables

Suma volumen stock medio (m3)	Volumen del hueco (m3)	huecos totales	volumen necesario (m3)
299,041	0,175	12851	2248,925

Como se puede observar en la siguiente tabla, existen algunas referencias que tan solo requerirán de un hueco y les sobrará espacio como es el caso del número 5798; y luego por otro lado existen otras como la número 3345 que necesitará 4 huecos para ser almacenada:

Tabla 47. Ejemplo de algunas referencias: nº de huecos requeridos

familia	ref	Stock máximo (m ³)	Stock medio (m ³)	numero de huecos
G	5798	0,03531	0,02472	1
H	2935	0,01049	0,00839	1
G	7591	0,39884	0,29913	4
H	3296	0,01549	0,01291	1
G	3345	0,40905	0,26296	4
H	5399	0,12807	0,09606	2
H	10498	0,00888	0,00711	1
G	2636	0,00529	0,00353	1
G	1109	0,01217	0,00869	1
G	3886	0,00786	0,00629	1

Al igual que en la primera configuración, existen 39 referencias que no caben en la caja tipo I, ya que dicha caja tiene un volumen de 0,096 y estas referencias tienen un volumen unitario superior. Al igual que en la primera configuración, estos se ubicarán en una estantería aparte, y al ser pocas referencias, se juntará la zona de picking y reserva, las dimensiones de la caja tipo III y la dimensión de la estantería corresponden a las tablas 25 y 28 respectivamente.

6.3.2 Paletizable

Con respecto a las referencias paletizables, una vez realizado el análisis de inventario, y teniendo en cuenta que las paletas cuentan cada una con un volumen unitario de 1,2m³, se ha encontrado que la suma del stock medio de todas las referencias es de 4.742,1m³, y que por lo tanto se necesitarán 5.498 paletas y huecos, y el volumen total que se necesitará será de 6.333,696 m³ por el mismo motivo, solo se almacenará una referencia por paleta.

Tabla 48. Resumen requerimientos artículos paletizables segunda configuración

Suma volumen stock medio (m ³)	Volumen del hueco (m ³)	Numero de paletas	Numero de huecos	volumen necesario (m ³)
4.742,10	1,2	5498	5498	6333,696

6.4 Medios de manutención

Una vez analizado el perfil de inventario, así como habiendo decidido organizarlo en distintas estanterías separando los elementos paletizables de los no paletizables, en una nave con hasta 20 metros de alto, llegados a este punto se ha de decidir los medios de manutención requeridos y más óptimos para la logística del almacén.

En primer lugar, como ya ha sido mencionado previamente en la introducción, en esta segunda iteración se busca una manera de automatizar el almacén utilizando el miniload. Este sistema de almacenaje para bandejas o cajas integra en un solo producto las estanterías, el transelevador, los transportadores además del software de gestión de almacenes. Puede estar formado por uno o varios pasillos con estanterías a ambos lados, y automatizando el transelevador coge las cajas necesarias de las estanterías para poder preparar un pedido, así como reponer el stock.

Las principales ventajas de la utilización de este sistema es en primer lugar la optimización del espacio, la rapidez en la preparación de pedidos generando una productividad muy alta, máxima

seguridad y dependiendo del almacén y del tipo y número de referencias, puede ahorrar en costes y con ello hacer que el retorno sobre la inversión sea rápido.

Además, será necesaria también a una transpaleta manual para que una vez el pedido se encuentre en la zona de preparación, se puedan cargar en el camión de transporte y una carretilla para cargar las cajas. Pese a que todo el almacén esté automatizado gracias al miniload, es importante recordar que el miniload nos ayudará en la preparación del pedido, pero no debemos olvidar que será necesario cargar el camión, el cual nunca entrará dentro del almacén, será cargado justo en la puerta con la parte trasera lo más cerca posible de la salida. Es por ello, que se necesitarán de medios como la carretilla y la transpaleta para poder cargar el camión. Además, se ha decidido comprar una de cada para que dos operarios a la vez puedan cargar los camiones a la vez, y se distinguirá en que una solo será utilizada para cargar cajas y otra para paletas.

Se ha decidido implantar 2 pasillos para los artículos no paletizables y 4 para los no paletizables, esto se debe a que los miniloads tienen como longitud máxima 40 metros y una altura máxima de 20. Los miniloads tienen una productividad de 1000 líneas de pedido la hora, por lo que se supera con gran diferencia la productividad mínima requerida para los 4 días de servir al cliente, de esta manera se obtiene un almacén mucho más eficiente que en la anterior configuración.

6.5. Distribución en planta de la segunda configuración

A continuación, se muestra el diseño, cada uno de los componentes está a escala respecto a la superficie que tiene que ocupar. El resultado es el siguiente:

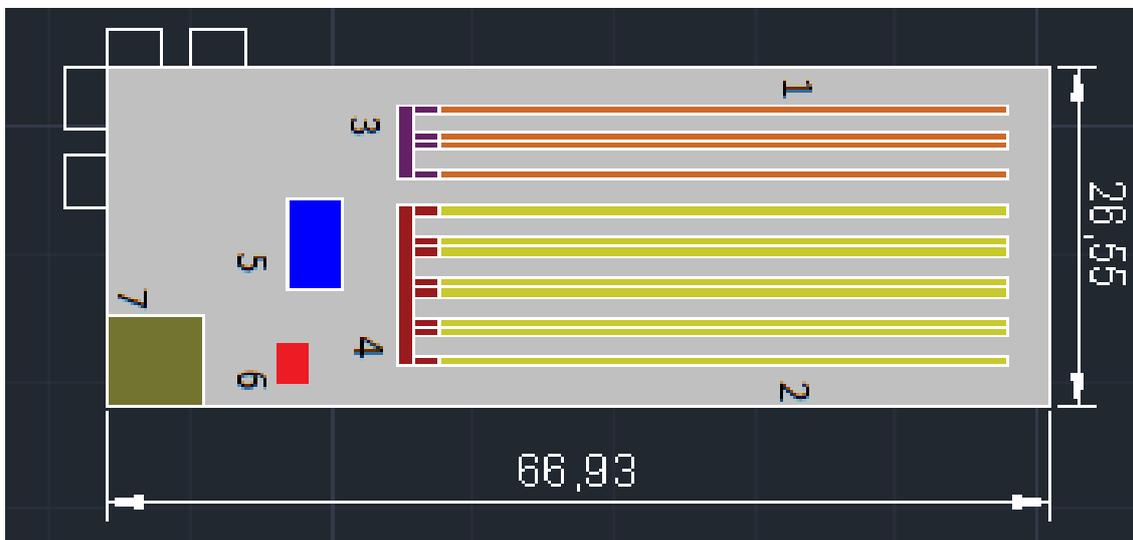


Ilustración 19. Distribución del almacén en la segunda iteración, fuente: elaboración propia

Para el diseño de las estanterías de los artículos paletizables, se ha sobre dimensionado 28,3 metros cuadrados, esta decisión se ha tomado para que todas las estanterías tengan el mismo tamaño y poder aprovechar mejor el espacio. De esta manera, se tendrá margen para abarcar más stock de artículos paletizables. Tal y como se muestra en la ilustración, el almacén se distribuirá por zonas, separándose:

- 1- Estanterías artículos no paletizables
- 2- Estanterías artículos paletizables
- 3- Miniload artículos no paletizables
- 4- Miniload artículos paletizables
- 5- mesa de preparación y recepción de pedidos
- 6- estantería artículos almacenados caja tipo III
- 7- Oficina

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

6.6. Análisis de inversión y coste

A la hora de analizar los costes que serán necesarios para realizar la inversión, se estudiará el coste anual, teniendo en cuenta las instalaciones y el equipo necesarias, así como el personal, mantenimiento y energía requeridas.

Tabla 49. Costes e inversiones de instalaciones en la segunda iteración

Concepto	Nº	Precio unitario (€/ud)	Inversión (€)	Años vida útil	Amortización anual	Coste anual (€)
Superficie de la nave	1777	400,00 €	710.796,60 €	25	28.431,86 €	29.853,46 €
Sistema de vigilancia y seguridad	1	15.000,00 €	15.000,00 €	5	3.000,00 €	3.000,00 €
Servicios generales (luz,agua...)	1777	27,50 €	48.867,27 €	-	-	48.867,27 €
Estantería (m2)	205	25,00 €	5.125,00 €	10	512,50 €	512,50 €
Medios de manutención			500.000,00 €	10	50.000,00 €	50.000,00 €
Cajas	18349	1,80 €	33.028,20 €	10	3.302,82 €	3.302,82 €
Hardware y software miniloads	1	225.000,00 €	300.000,00 €	7	42.857,14 €	42.857,14 €
Total			1.612.817,07 €			178.393,19 €

Tabla 50. Costes de personal en la segunda iteración

Personal	Cantidad	€/año	Coste anual (€)
Jefe de almacén	1	35.000 €	35.000 €
Administrativo	2	25.000 €	50.000 €
Almacenero	2	19.000 €	38.000 €
Total			123.000 €

Tabla 51. Costes de mantenimiento y energía para la segunda iteración

Concepto	Coste (€/año)
Equipamiento Oficina	200 €
Mantenimiento del almacén	95.000 €
Gasto de energía	58.750 €
	153.950 €

Por lo tanto, la inversión que deberá realizar la sociedad sumará a un total de:

Tabla 52. Inversión y coste anual en la segunda iteración

Inversión total (€)	1.612.817,07 €
Coste anual (€/año)	455.343 €

6.7 Conclusión de la segunda iteración

Una vez realizado todo el análisis de la segunda configuración, se observa que se ha logrado el objetivo principal: reducir la inversión anual, el coste anual y el plazo de recuperación con respecto a la primera. En términos de la inversión inicial, se ha reducido en más de medio millón de euros, desde los 2.128.917,30€ hasta los 1.612.817,07€, principalmente por el ahorro de costes gracias a la reducción en la superficie de la nave. Esta reducción también ha generado un ahorro en costes importante en los servicios generales como luz y agua.

Si bien es cierto que los medios de mantenimiento automatizados son mucho más caros que los tradicionales, se ha demostrado que gracias al ahorro que permite en otras áreas como salarios del personal han permitido optimizar el almacén en la segunda configuración y abaratar la inversión inicial.

Las principales ventajas de un almacén automatizado son el ahorro de tiempo en procesos como la preparación de pedidos y la reposición de stock lo que permite un ahorro día a día y hace que la inversión sea más rentable a largo plazo. Además, reduce el número de empleados requeridos y para los almaceneros las tareas son menos tediosas, además de reducirse los accidentes laborales por una mayor seguridad.

No obstante, cabe destacar que también existen inconvenientes a la hora de utilizar medios automatizados como los empleados en la segunda configuración. La primera y más importante es la complejidad de las máquinas y su manipulación, para lo que se requiere personal especializado que conozca bien su funcionamiento. Además, si ocurre cualquier imprevisto o avería, puede tardar en solucionarse y es por ello que es de vital importancia contar con un buen servicio técnico. Por otro lado, la inversión inicial es muy alta y puede generar mayores dificultades a la hora de diseñar el almacén. Por otra parte, las instalaciones automatizadas no son flexibles frente a acontecimientos como un aumento de actividad puntual no previsto.

7. Cronograma de actividades

Un cronograma es un calendario de actividades en el que se especifica la duración y el orden de estas dentro de un proyecto. Para llevar a cabo la implementación del almacén, se va a llevar a cabo el siguiente cronograma de actividades para organizar mejor el proceso de planificación y de este modo que sea más rápido y eficiente, y esté en funcionamiento a la mayor brevedad posible.

Como se ha comentado anteriormente, el proceso de diseño del almacén cuenta con varias etapas. En primer lugar, se ha de revisar los datos y estimar las ventas, calculando los stocks máximos y mínimos requeridos, con estos datos, como se ha realizado en el presente trabajo, se diseñan los medios de manutención y los medios de almacenamiento para cada una de las posibles configuraciones. Una vez analizadas las diferentes configuraciones, se seleccionará la mejor de ellas para ser presentada ante la dirección. Una vez aceptada la propuesta se puede proceder a la elaboración del almacén, la cual podría tardar en construirse unas ocho semanas, teniendo en cuenta que ya se tiene la localización del terreno y los permisos requeridos. Una vez que el almacén está construido, la implementación de los procesos y la puesta en marcha suele ser un trabajo costoso, y al principio poco productivo, aunque necesario.

Por último, señalar que todas las actividades pasan por varias revisiones de los diferentes técnicos de la empresa (arquitectos e ingenieros); estos tienen la responsabilidad de controlar y corregir todas las actividades llevadas a cabo, tanto en las que se basan en cálculos de volumen necesarios como a la hora de construir el almacén.

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

ACTIVIDADES/ Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	13-14	15-16	17-18	15
Revisión y recopilación de datos sobre ventas y stock de años anteriores															
Estimación y previsión de ventas anuales															
Realización de diagramas y gráficas para observar demanda estacional															
Cálculo de stock máximos y mínimos requeridos															
Análisis de los diferentes stocks (picking, reserva...) utilizando el análisis ABC															
Diseño del almacén (decidir sobre métodos tradicionales o convencionales)															
Diseño del almacén (huecos, estanterías, posición de cada familia...)															
Realizar varias iteraciones hasta llegar a la solución óptima															
Presentación de la mejor opción a la directiva															
Ajustes necesarios															
Toma de decisión final															
Construcción del almacén e implementación de los procesos															
Control y mejoras															Siempre

Ilustración 20. Cronograma de actividades, elaboración propia

8. Análisis plazo de recuperación primera y segunda configuración

Una vez realizados todos los cálculos para cada configuración, desde el volumen necesario, los medios de manutención que serán utilizados, su coste, el nivel tanto de inversión inicial como de gasto anual, etc.... se realizará un último estudio: el plazo de recuperación. Toda la información previamente analizada es muy valiosa para la empresa, pero cabe destacar la importancia de incluir una comparativa en términos económicos como lo es el Payback.

Teniendo en cuenta unos ingresos iguales, independientemente del diseño del almacén puesto que las ventas serán las mismas, se trabajará directamente con la inversión y los pagos, por otro lado, se va a trabajar solamente con estos datos ya que el ingreso no va a ser generado por almacén, sino que viene dado por la empresa, por lo que puede ser un dato confuso. Una empresa con ingresos altos puede tener un plazo de recuperación bueno para una mala inversión, al igual que puede pasar que una inversión buena para una empresa con ingresos bajos dará un plazo de recuperación alto.

Los pagos se calculan restando los costes menos la amortización anual, ya que las amortizaciones no suponen un desembolso de dinero, por lo tanto, no se incluyen en la salida netas de dinero.

El resultado es el siguiente:

Tabla 53. Payback primera y segunda configuración

	Primera configuración	Segunda configuración	Marginal
Inversión (€)	2.128.917,30 €	1.612.817,07 €	516.100,23 €
Costes (€/año)	511.166,00 €	455.343,00 €	55.823,00 €
Amortización (€/año)	112.298,84 €	128.104,32 €	- €
Pagos (€/año)	398.867,16 €	327.238,68 €	71.628,48 €

Como se puede observar, la segunda configuración supera a la primera en todos los sentidos, tiene una inversión menor y los pagos que se realizan son menores, por lo tanto, no era necesario comparar estas dos alternativas, ya que a simple vista se observa que la segunda configuración va a tener un plazo de configuración más corto, concretamente si se divide la inversión marginal entre los pagos marginales, el resultado es de 7 años y 3 meses antes.

9. Conclusión

Finalmente, llegados a este punto y tras haber realizado dos configuraciones del almacén, uno más tradicional y otro automatizado, se ha decidido elegir el segundo y presentárselo a los directivos de la compañía para su implementación. Se ha llegado a la conclusión de no realizar ninguna iteración más por la increíble mejora observada en la segunda configuración frente a la primera. Observando detalladamente todas las métricas en las que se basa la decisión como el Payback, inversión inicial incluyendo medios de manutención entre otros y coste anual incluyendo suministros y salarios, se ha determinado que no existe ningún cambio radical que permita reducirlas y encontrar una opción mejor.

Con el objetivo de comparar los datos de las dos configuraciones, en la siguiente tabla se muestran las métricas consideradas más importantes para una mejor comprensión.

Tabla 54. Tabla resumen costes en las dos configuraciones

	Primera configuración		Segunda configuración	
	<i>Uds</i>	<i>Inversión</i>	<i>Uds</i>	<i>Inversión</i>
Superficie de la nave (m ²)	4149	1.659.600 €	1777	710.797 €
Servicios generales		114.098 €		48.867 €
Medios de manutención		26.140 €		250.000 €
Salarios		218.000 €		123.000 €
Inversión total		2.128.917 €		1.612.817,07 €
Coste anual		511.166 €		455.343 €

Como se puede ver, todas las métricas destacadas mejoran en la segunda configuración reduciendo el coste, reduciendo a más de la mitad la inversión en la superficie de la nave, y por consecuente los servicios generales. Además, la automatización permite reducir los salarios puesto que se necesitarán 7 almaceneros en la primera configuración y en la segunda tan solo 2. Con todo ello, la inversión total se reduce a casi la mitad en la segunda iteración respecto a la primera, pese a que el coste de manutención sea más de nueve veces superior por el alto precio de instalar un miniload.

Finalmente, por todos los motivos expuestos anteriormente, se concluye que la mejor configuración de este almacén de ferretería es la segunda, utilizando medios automatizados y será la que se presente a la gerencia de la empresa. Se ha tomado la decisión de no realizar nuevas configuraciones por dos motivos principales. El primero se basa en la mejora conseguida en optimización de costes y de espacio en la segunda iteración versus la primera; y la segunda

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

en que tras analizar los datos no se encuentra donde se podrían reducir sustancialmente los costes.

Bibliografía.

- David Nicolás Espinoza Dextre et al. (2020) CAPACIDAD ORGANIZACIONAL Y PARTICIPACIÓN DE MERCADO DE LAS MICROS Y PEQUEÑAS EMPRESAS FERRETERAS DE TARAPOTO. Tzhoecon. [Online] 12 (4), (consultado 29-05-2021)
- Mecalux.es. 2021. *Almacenamiento automático: tipos y características*. [online] Disponible en: <https://www.mecalux.es/blog/almacenamiento-automatico> (consultado 02-06-2021)
- Tymbia Solutions SL. 2021. *Apilador Eléctrico 1200kg a 2810mm STD, Apilador eléctrico de 1200k...* [online] Disponible en: <https://www.tymbia.com/es/producto/1411-apilador-electrico-1200kg-a-2810mm-std-apiladores-electricos-m102020049> (consultado 05-06-2021)
- Rementeriamaquinaria.com. 2021. *Carretilla retráctil de la serie ESR | Rementeria*. [online] Disponible en: <https://www.rementeriamaquinaria.com/carretilla-retractil-de-la-serie-esr/> (consultado 25-06-2021)
- Femxa, M., 2021. *Método ABC de la clasificación de productos*. [online] www.cursosfemxa.es. Disponible en: <https://www.cursosfemxa.es/blog/metodo-abc-clasificacion-productos> (consultado 29-05-2021)
- Mecalux.es. 2021. *La carretilla elevadora contrapesada*. [online] Disponible en: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/carretillas/carretilla-elevadora-contrapesada> (consultado 15-05-2021)
- Racking, A., 2021. *Almacenes Autoportantes | AR Racking*. [online] Ar-racking.com. Disponible en: <https://www.ar-racking.com/es8/sistemas-almacenaje/almacenes-automatizados/palets/autoportantes> (consultado 18-06-2021)
- Racking, A., 2021. *Estanterías Compactas Drive In / Drive Through | AR Racking*. [online] Ar-racking.com. Disponible en: <https://www.ar-racking.com/es/sistemas-almacenaje/estanterias-industriales/paletizacion/compactas-drive-in> (consultado 18-06-2021)
- Noega Systems. 2021. *Sistema convencional de almacenaje o rack selectivo*. [online] Disponible en: <https://www.noegasystems.com/blog/almacenaje/sistema-convencional-de-almacenaje> (consultado 09-06-2021-2021)
- Ingenieria Industrial Online. 2021. *Sistema de almacenamiento dinámico | Ingenieria Industrial Online*. [online] Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-almacenes/sistema-de-almacenamiento-dinamico/> (consultado 21-06-2021)
- PoliformaT : Castellano : DGA. Disponible en: https://poliformat.upv.es/access/content/group/GRA_11509_2020/Clases%20teoría/Cap%204%20Medios%20de%20Almacenamiento_2020.pdf (consultado 12-05-2021)

DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE FERRETERÍA CON 10.000 ARTÍCULOS

- Manupack. 2021. *Transpaleta estándar 2500Kg.* - Manupack. [online] Disponible en: <https://manupacksl.com/product/transpaleta-estandar-2500kg/> (consultado 14-06-2021)
- VerifID. 2021. *VerifID | Métodos de inventarios.* [online] Disponible en: <https://verifid.net/blog/m%C3%A9todos-de-inventarios> (consultado 11-06-2021)
- VerifID. 2021. *VerifID | Métodos de inventarios.* [online] Disponible en: <https://verifid.net/blog/m%C3%A9todos-de-inventarios> (consultado 11-06-2021)
- Hualpa Zúñiga, A. M. & Suarez Roldan, C. (2013) Ubicación y dimensionamiento como parámetros en el diseño de almacenes: revisión del estado de arte. *Ingeniería*. 18 (1),.
- Querol Soler, J. (2015) *DISEÑO DEL ALMACÉN CENTRAL DE UN MAYORISTA DE ARTÍCULOS DE BAZAR*. Universitat Politècnica de València.
- Navarro Navarro, H. J. & Cardós Carboneras, M. J. (2011) *Diseño de un almacén central de distribución de suministros industriales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.