

06-002

PROCESS OF ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE MAINTENANCE AND STORAGE SYSTEMS APPLIED TO OIL OLIVE FACTORY .(ALMAZARA).

Hermos-Orzáez, Manuel Jesús⁽¹⁾; Gago-Calderón, Alfonso⁽²⁾; Armenteros Ruiz, Francisco José⁽³⁾

⁽¹⁾Universidad de Jaén/Ayuntamiento de Fuengirola (Málaga), ⁽²⁾Universidad de Málaga, ⁽³⁾Universidad de Jaén

This study analyzes and presents improvement proposals associated with the handling and storage systems of the Cooperativa San Isidro, an olive oil extractor located in the town of Los Villares (Jaén). We describe the processes associated with the manufacture, grinding and storage of the finished product, focusing on the process of maintenance and storage, a key stage in the logistics process. Analyzed the processes as a whole, we observe that this factory uses a high efficiency extraction system, detecting that the processes of handling and storage of the bottled oil are obsolete, compromising this the results of the company. One analyzed to the current maintenance and storage systems and their deficiencies, we present a methodology applied using different multicriteria decision techniques (Electra II, AHP) to make the proposal of alternatives that improve this situation. It is at this point, where the improvement alternatives that optimize the maintenance and storage of virgin olive oil bottling and palletizing are presented. Performing a technical and economic viability analysis and selecting the alternative that as a whole and according to the selection criteria defined, improve the supply chain of the company, according to the results obtained with the application of the proposed method

Keywords: Storage; Multicrterial; AHP; Electra; SWOT,

PROCESO DE ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANUTENCIÓN Y ALMACENAJE APLICADOS A UNA FÁBRICA ACEITERA (ALMAZARA).

Este estudio analiza y presenta propuestas de mejora asociada a los sistemas de manutención y almacenaje de la Cooperativa San Isidro, fábrica extractora de aceite de oliva situada en la localidad de los Villares (Jaén). Describimos los procesos asociados a la fabricación, molienda y almacenaje del producto terminado, centrándonos en el proceso manutención y almacenaje, etapa clave del proceso logístico. Analizados los procesos en su conjunto, observamos que esta fábrica utiliza un sistema extracción de alta eficiencia, detectando que los procesos de manutención y almacenaje del aceite embotellado están obsoletos, comprometiendo esto los resultados de la empresa. Una analizados a los sistemas de manutención y almacenaje actuales y sus deficiencias, presentamos una metodología aplicada utilizando distintas técnicas de decisión multicriterio, (Electra II, AHP) para realizar la propuesta de alternativas que mejoren dicha situación. Es en este punto, donde se presentan las alternativas de mejora que optimicen la manutención y almacenaje del aceite de oliva virgen embotellado y paletizado. Realizando un análisis técnico y económico de viabilidad y seleccionando la alternativa que en su conjunto y conforme a los criterios de selección definidos, mejore el “supply chain” de la empresa, conforme a los resultados obtenidos con la aplicación del método propuesto.

Palabras clave: Almacenaje; Multicrterio; AHP; Electra; DAFO;

Correspondencia: Manuel Jesús Hermoso Orzáez mhorzaez@ujaen.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Los almacenes son un aspecto clave de las cadenas de suministro modernas Frazelle (2002). Muchas grandes compañías están orientadas al suministro directo a clientes, lo que implica una adaptación del diseño a las necesidades de los mismos Xiao and Hu (2017). El almacenamiento de los productos fabricados en un centro de producción adquiere un papel relevante dentro del conjunto de sus operaciones, especialmente desde la perspectiva de los costes logísticos Van den Berg (1996). De esta forma se aprecia la necesidad de tener almacenes diseñados para reducir los tiempos requeridos por los clientes, Harrison and Van Hoek (2005). En base a este principio se han desarrollado de una serie de criterios y métodos de diseño y dimensionamiento de almacenes a lo largo de la historia Van der Geer et al. (2010).

Rowley (2000) y Christopher and Towill (2001) abordan el problema en base a las necesidades operativas y tecnológicas de la empresa revisadas con la información de los costes económicos asociados. Estos estudios resaltan como muy beneficioso mantener un inventario estratégico en los puntos de desacoplamiento de la cadena de suministro para hacer frente a problemas de fabricación ajustada, como cuellos de botella, especialmente en mercados volátiles. Higginson and Bookbinder (2005) defienden que el suministro y la distribución pueden ser lo suficientemente complejas como para que haya una necesidad de que los bienes se consoliden en la explotación de inventario en los centros de producción especialmente si se tratase de una demanda dispersa.

Sin embargo, muchos autores observan la falta de una base teórica sólida en estas metodologías de diseño como Rouwenhorst et al. (2000) o Goetschalckx et al. (2002) que remarcan la inexistencia de "Una metodología integral basada en la ciencia para el diseño general de los sistemas de almacenamiento". De este modo las directrices analizadas anteriormente no son aplicables a todas las industrias. Thomas and Meller (2015) intentan resolver este problema enfocando el diseño en base a la reducción del impacto de sus costes de operación sin que afecte al servicio al cliente, en base al análisis del equipamiento requerido, la distribución interna del almacén y sistemas de mantenimiento.

El coste de inventario asociado a los almacenamientos de productos de mediano tamaño y peso hace necesario plantear un modelo que permita tomar decisiones en la fase de diseño de almacenes. Cifras de los EE. UU. indican que los costos de operación en los almacenes destinados a estos productos representan alrededor del 22% de los costes empresariales de logística Establish (2005), mientras que los estudios realizados en Europa ofrecen una cifra similar, en torno al 25% ELA / AT Kearney, (2004). Pudiendo llegar los costes de almacenaje e inventario a representar en torno 50% de los costes logísticos totales de una empresa, que a su vez suponen entorno al 30% de los costes totales de fabricación. (Cardós-Carboneras, M. 2003)

Todo esto nos lleva a plantear la necesidad de optimizar la capacidad de almacenamiento de los almacenes en la fase de diseño conforme a la política de almacenamiento dedicado, partiendo de un análisis previo y posterior toma de decisiones, utilizando técnicas de decisión multicriterio. (Lee, & Elsayed, 2005).

Se pretende con este estudio, aplicar una metodología al diseño de almacenes en fábricas orientadas a la producción y almacenamiento de aceite de oliva virgen. Para ello utilizaremos como caso de estudio para la aplicación del método propuesto la Fábrica de Aceite de Oliva San Isidro, situada en la localidad de los Villares (Jaén). Donde se observa, que frente a un sistema de recepción y producción eficiente, la gestión de los productos terminados asociada a los procesos de manutención y almacenaje debilitan la cadena logística de la empresa.

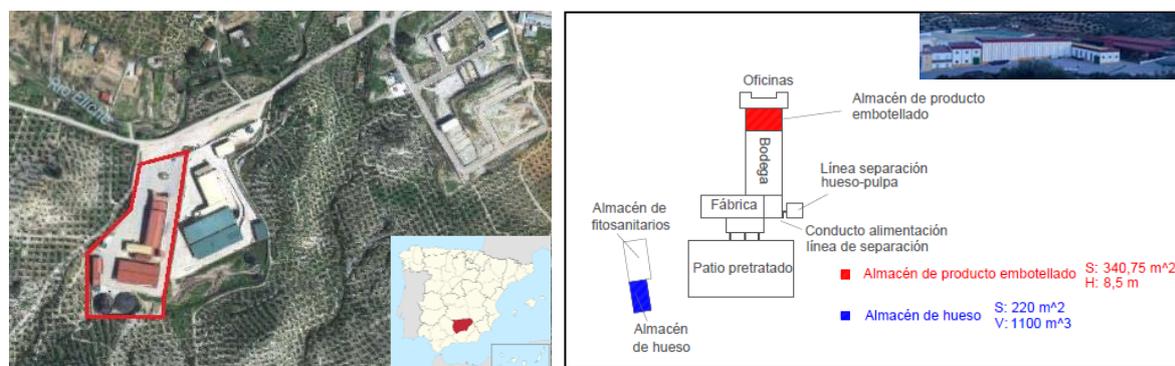
Considerando lo anteriormente comentado, la finalidad de este trabajo no es más que analizar en profundidad los sistemas de almacenamiento actual, buscando diferentes alternativas para su mejora, mediante el diseño de un método de selección apoyado en técnicas multicriterio, consiguiendo así elevar la eficiencia en la gestión del almacén, con la repercusión económica que esto conlleva. (Roux, 2003)

2. Objetivos, antecedentes y localización.

El objeto de este trabajo es analizar los sistemas de mantenimiento y almacenaje de productos terminados (Aceite envasado en garrapas de plástico de 1 y 5 litros) y paletizado en cajas de cartón y agrupados en Europaletas ISO 800 x 1200 mm, que esta fábrica emplea, observando su metodología actual y buscando una alternativa de mejora.

La cooperativa objeto de estudio será la S.C.A San Isidro, situada en el término municipal de Los Villares de Jaén, en el kilómetro 1,5 de la Carretera Antigua de Martos. La totalidad de sus instalaciones se encuentran en esa ubicación, ocupando una superficie total de 29.358 m². (Figura 1)

Figura 1: Emplazamiento y plano de planta Fábrica Aceitera S.C.A San Isidro (Lo Villares (Jaén))



La fábrica como cooperativa fue fundada en el año 1956, sufriendo varias reformas y traslados, siendo la última en el año 2004, cuando las instalaciones fueron trasladadas a las afueras de la localidad y modernizadas para mejorar la eficiencia de estas. En la actualidad las instalaciones de la cooperativa ocupan 30.000 m² y cuenta con alrededor de 800 socios y entre 15 y 20 trabajadores en nómina. (S.C.A San Isidro Los Villares 2011). Su capacidad de molturación es de 350.000 Kg de aceituna/día. Y cuenta actualmente con una bodega o almacén para Aceite envasado de 4.500.000 Kg de aceite de oliva virgen extra. Con una media de 13.021.259 kg de aceituna al año (dato medio 5 últimas campañas).

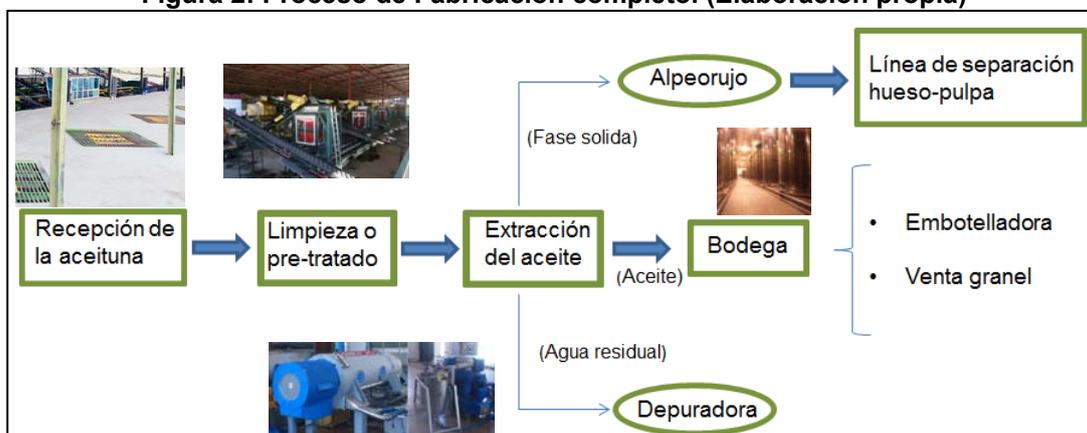
Se persigue con este trabajo estudiar las posibilidades de aumentar la eficiencia en la capacidad de almacenamiento, planteando como objetivos (Astals-Coma, 2009):

- Reducción de los tiempos y de los trayectos de las operaciones de mantenimiento.
- Configuración de un sistema de almacenaje que optimicen la mantención y almacenaje del aceite.
- Implantación de un sistema de almacenaje con capacidad y características adecuadas para el producto almacenado.
- Automatización en la medida de lo posible de los procesos de mantención y almacenaje, con vista a la reducción de costes.

3.Descripción del Proceso y Planteamiento del problema del almacenamiento.

En el esquema adjunto Figura 2, se muestran las diferentes fases o actividades desde la recepción del producto hasta su almacenamiento final, mostrando el proceso desde un punto de vista global

Figura 2: Proceso de Fabricación completo. (Elaboración propia)



El aceite producido se almacena temporalmente en la bodega 44 depósitos o bidones de acero inoxidable de 3,5 m de diámetro y 12 metros de altura, teniendo la cooperativa una capacidad total de almacenamiento de 4.500.000 kg de aceite, una capacidad suficiente para años de grandes cosechas donde se alcanzan los 4.000.000 kg de aceite.

Aunque realmente el problema que intentamos resolver lo planteamos en la embotelladora situada en la nave existente entre las oficinas de la cooperativa, y la bodega. En esta nave, de 340,75 m², en la que se encuentra la embotelladora, se dedica el espacio restante como almacén del producto embotellado en botellas de 5 litros y 1 litro, empaquetadas y apiladas en palets, (tipo Euro palets ISO 1 de 800 x 1200 mm), existiendo también un espacio dedicado al almacenamiento de material de picking. (Ver figura 3). Almacenamiento a un solo nivel.

Observando que las principales deficiencias que presenta el almacén de la planta embotelladora son:

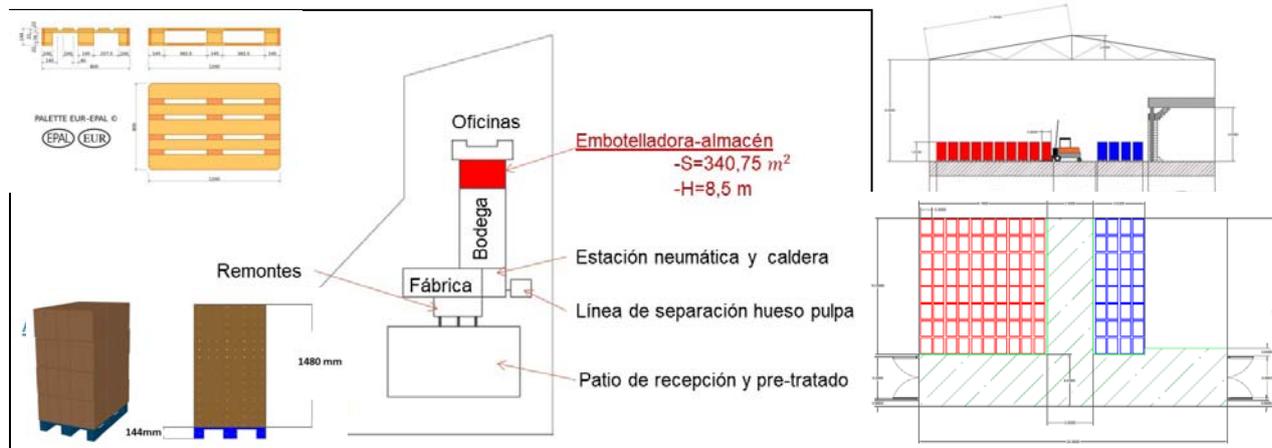
- Poca rotación de stock
- Poco aprovechamiento del espacio vertical
- Posibilidad de deterioro o caducidad del producto
- Grandes pasillos de manutención
- Capacidad de almacenamiento insuficiente

La productividad de la embotelladora se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Márgenes de la Página

PRODUCTIVIDAD SEMANAL DE LA EMBOTELLADORA	
Envases de 5 litros	70.875 l/semana
Envases de 1 Litro	19.440 l/semana
Litros/semana	90.315 l/semana
Kg/semana	82.186,65 kg/semana

Figura 3: Detalle en planta y alzado del almacén de la embotelladora de aceite y Europalet (1 sólo nivel de almacenamiento en bloque actual y carretilla elevadora).



Paletización botellas de 5 litros

Si analizamos el paletizado de las cajas con envases de 5 litros, podremos observar que cada palet contiene 4 niveles de cajas, estando compuesto cada uno de estos niveles por 15 cajas. El peso y capacidad de cada unidad palet completa es el siguiente:

- CAJAS : 15 cajas/nivel x 4 niveles = 60 cajas
- LITROS : 60 cajas x 15 litros/caja = 900 litros
- KILOS 900 litros x 0,91 kg/litro = 819 kilos

Paletización botellas de 1 litro

Al igual que con la paletización de los envases de 5 litros, los recipientes de 1 litro se empaquetan en cajas de 15 botellas que a su vez serán colocadas en paletas del tipo Europaleta ISO 1 de 800 x 1200 mm, teniendo este una vez cargado las mismas dimensiones que el caso anterior y la siguiente cantidad de producto:

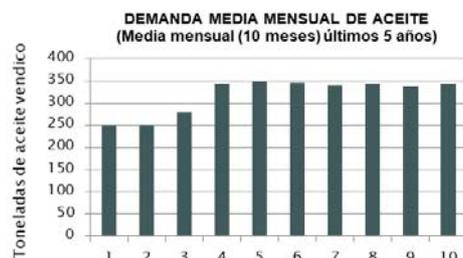
- CAJAS : 9 cajas/nivel x 5 niveles = 45 cajas
- LITROS : 60 cajas x 15 litros/caja = 675 litros
- KILOS : 675 litros x 0,91 kg/litro = 614,25 kilos

El aceite, es un producto que al igual que cualquier otro producto alimentario mantiene una fecha de caducidad, esto junto con la necesidad de vaciar las bodegas para la campaña siguiente, hace que el producto tenga que ser vendido entre los meses de Enero y Octubre.

Considerando lo anteriormente dicho, sabiendo que la producción media de cooperativa ronda los 3.500.000 litros de aceite (3.185.000 kg de aceite) y considerando datos de años anteriores aportados por la propia empresa, se estima que la demanda sigue la siguiente distribución.

Como se puede observar, la demanda de este producto (elaborada con la media de los últimos 5 años) no es constante, esto es debido a que es un producto cuyo precio fluctúa continuamente debido principalmente a la previsión de la cuantía de cosechas futuras. No obstante, este gráfico (Figura 4) se aproxima a la realidad del mercado actual, donde las ventas comienzan bajas en los meses de enero y febrero, aumentando poco a poco hasta conseguir una cierta estabilidad.

Figura 4: Detalle de toneladas medias mensuales de aceite vendido en la serie de los últimos 5 años (elaboración propia)



Considerando lo anteriormente dicho, se busca una demanda semanal media (X_s) de (1):

$$X_s = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i)}{10 \text{ meses} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}}} = 79.625 \text{ kg de aceite} \quad (1)$$

Lo que supone, que en principio estamos en una situación muy limitada y próxima a la capacidad máxima de almacenamiento. De forma que suponiendo que la demanda no es constante, existiendo picos de demanda como mostraba el gráfico anterior, debemos de calcular un stock mínimo de seguridad para el dimensionamiento del almacén, de manera que aseguremos el servicio en un 99%. Para ello se utilizará la metodología seguida por el Manual De Logística Integral. (Anaya-Tejero, 2000).

Como primer paso, para el cálculo del stock de seguridad, y conociendo la demanda mensual de producto, calcularemos la demanda media y la desviación típica que presenta esta serán:

Demanda media mensual "X" la obtendremos de la siguiente expresión (2):

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i)}{10 \text{ meses}} = \frac{3185 \text{ tn}}{10 \text{ meses}} = 318.5 \text{ tn} \quad (2)$$

Desviación estándar de la demanda mensual (3)

$$\sigma = \sqrt{\left[\frac{1}{N-1} * \sum_{i=1}^N (x_i - X)^2\right]} = 41,51 \quad (3)$$

Donde:

N=10 meses

X= Demanda Media

Xi = Demanda de cada mes

De forma que el stock mínimo de seguridad para un nivel de servicio del 99%, para lo que "Z" toma el valor de 2,49 sería (4):

$$Q = Z * \sigma \quad (4)$$

De forma que $Q = 103,36$ t de aceite, lo que supone que tengamos que plantearnos para poder atender adecuadamente la demanda de aceite nuestros clientes una ampliación de la capacidad del almacenamiento, o cambios en los sistemas de almacenamiento, teniendo en cuenta que el almacén actual (*Almacenamiento en bloque a un solo nivel, con sistema de mantenimiento con carretillas elevadoras* (tabla2) no garantizaría el nivel de servicio requerido. (tabla 3 y figura 3)

Tabla 2. Características de la carretilla elevadora utilizada actualmente

Fabricante:	NISSAN
Modelo de carretilla:	FD02A20Q
Motor:	Diésel
Carga máxima:	2.000 kg
Altura de elevación de la horquilla:	5,00 m
Peso neto:	2.989 kg
Longitud de la horquilla:	1,10 m

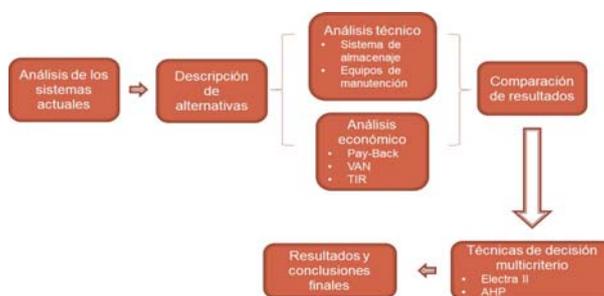
Tabla 3. Características del sistema de almacenamiento actual

Aprovechamiento superficial	57,68%	143,85 m ²
Aprovechamiento volumétrico	11,01%	233,61 m ³
Capacidad de almacenamiento	112 palets	85.176 kg de aceite
Ratio palet/m ²	112 palets/ 249,4 m ²	0,45 palets/m ²
Capacidad de almacenamiento requerida	103.360,00 kg de aceite	

4. Metodología y/o Caso de estudio.

Una vez planteado el problema estudiaremos las posibles soluciones y propondremos un Método que basado en la combinación de vario modelos o técnicas de Decisión Multicriterio ELECTRA II (Fernandez et al, 2017) y AHP (Baudry et al, 2018) (Bunruamkaew , 2012), nos permita seleccionar, combinando criterios cuantitativos y cualitativos y considerando distintos pesos para cada uno de ellos, la alternativa óptima, y que mejor se adapta a las necesidades de almacenamiento de la fábrica. (Masuleón-Torres, 2003). Esquemáticamente el proceso Metodológico propuesto con nuestro estudio, lo representamos en la figura 4.

Figura 4: Esquema de Metodologia empleada para la selección de alternativas



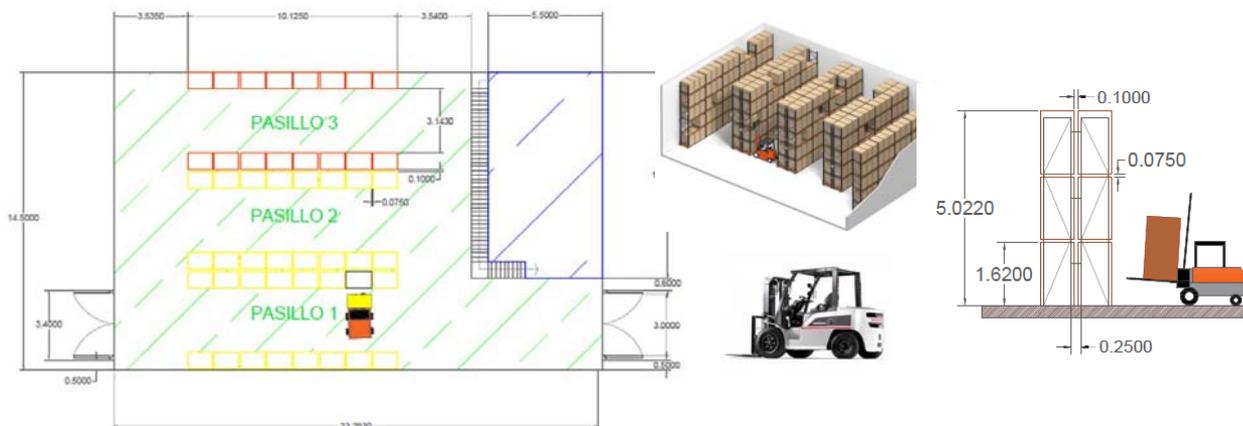
4.1 Descripción de alternativas

Básicamente planteamos en nuestro caso de estudio 3 alternativas, que cumplen con la normativa (UNE-EN 15629:2009, Anexo II R.D 1215:1997 y Anexo VII.3 del R.D 485/1997)

- Alternativa 1: Estanterías convencionales asistidas por carretilla elevadora convencional (Figura 5)
- Alternativa 2: Estanterías compactas asistidas por carretilla elevadora estrecha. (Figura 6)
- Alternativa 3: Estanterías dinámicas asistidas por transelevador y carretilla elevadora convencional. (Figura 7)

Alternativa 1: Estanterías convencionales asistidas por carretilla elevadora

Figura 5: Plano de planta y esquema de almacenamiento Alternativa 1.



Las características de almacenamiento de esta alternativa 1 las describimos en la Tabla 4.

Tabla 4. Características del sistema de almacenamiento. Alternativa 1

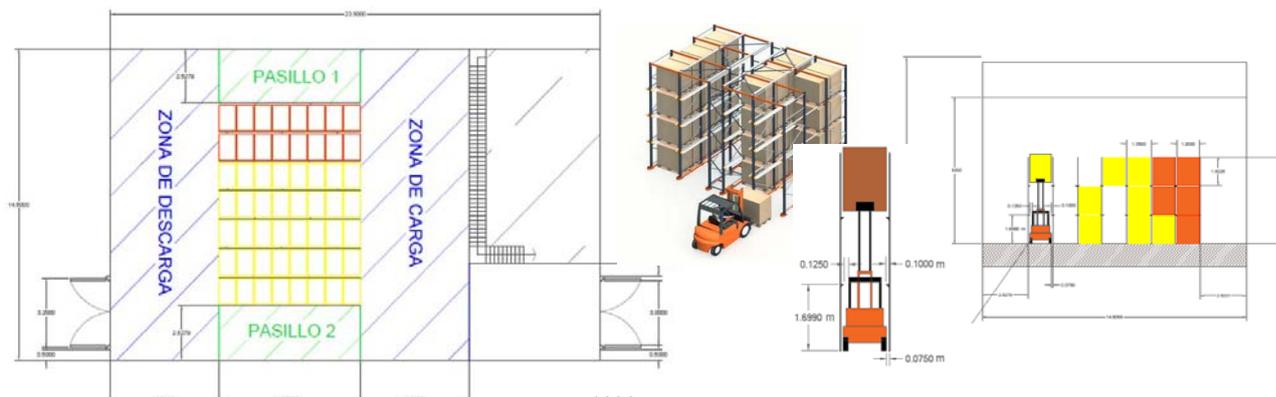
Aprovechamiento superficial	23,55 %	58,752 m²
Aprovechamiento volumétrico	12 %	245,871 m ³
Capacidad de almacenamiento	144 palets	108.108,00 kg de aceite
Ratio palet/m ²	144 palets/ 249,4 m ²	0,58 palets/m ²
Capacidad de almacenamiento requerida	103.360,00 kg de aceite	

Las principales características de este sistema serían: (Lerher, 2016).

- Aumento de la capacidad
- Menor aprovechamiento superficial
- Mayor aprovechamiento volumétrico (3 niveles)
- Grandes pasillos de manutención (3 – 3,5 m)
- Equipos de manutención carretilla elevadora actuales

Alternativa 2: Estanterías compactas asistidas por carretilla elevadora

Figura 6: Plano de planta y esquema de almacenamiento Alternativa 2.



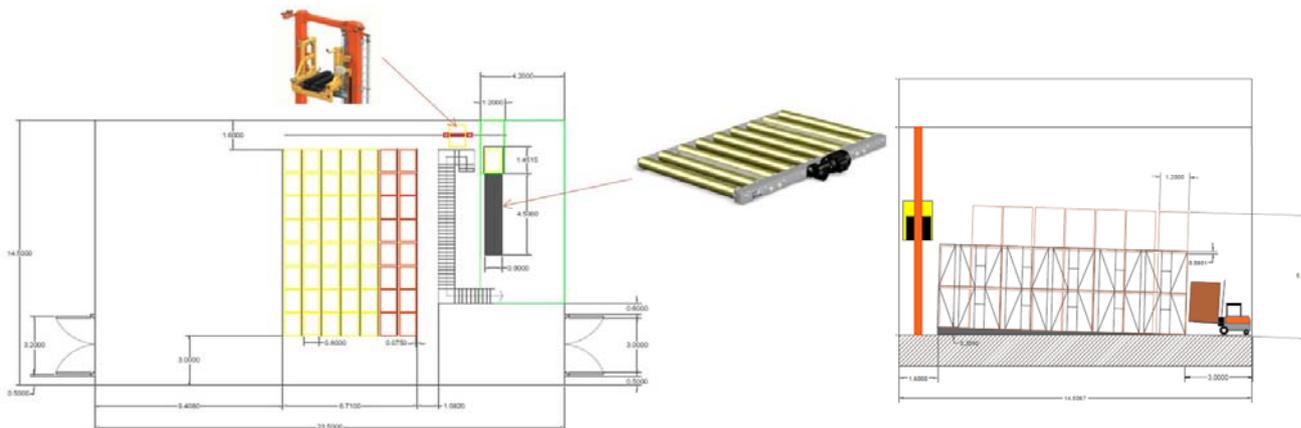
Aprovechamiento superficial	29,71 %	74,12 m²
Aprovechamiento volumétrico	18,11 %	377,78 m ³
Capacidad de almacenamiento	180 palets	135.135,00 kg de aceite
Ratio palet/m²	180 palets/ 249,4 m ²	0,72 palets/m ²
Capacidad de almacenamiento requerida	103.360,00 kg de aceite	

Las principales características de este sistema serían: (Li, Moghaddam & Nof, 2016)

- Mejores ratios de almacenamiento
- Diferenciación y especialización de la zona de carga y descarga
- Inversión en nuevos Equipos de manutención carretilla elevadora
- Mejor rotación de stock. Sistema FIFO (First In First Out). (*El primero en entrar es el primero en salir*)

Alternativa 3: Estanterías dinámicas asistidas por transelevador y carretilla elevadora convencional

Figura 7: Plano de planta y esquema de almacenamiento Alternativa 3.



describimos en la tabla 6. El transelevador MTB0, elegido es un modelo económico y con un consumo bajo. Es un tipo de transelevador bicolumna diseñado para almacenes de pequeño tamaño como el que nosotros analizamos. las describimos en la tabla 7

Tabla 6. Características del sistema de almacenamiento Alternativa 3

Aprovechamiento superficial	29,71 %	74,12 m²
Aprovechamiento volumétrico	18,11 %	377,78 m ³
Capacidad de almacenamiento	168 palets	127.754,00 kg de aceite
Ratio palet/m ²	168 palets/ 249,4 m ²	0,67 palets/m ²
Capacidad de almacenamiento requerida	103.360,00 kg de aceite	

Tabla 7. Características técnicas del transelevador MTB0

Altura máxima	18.000 mm
Peso máximo en toda altura	1.500 kg
Dimensiones de carga máximas	1.300 x 1.100 x 2.400 mm
Velocidad de traslación máxima	120m/min
Velocidad elevación máxima	38 m/min

Las principales características de este sistema serían:

- Ratios similares sistema compacto / Sistema FIFO
- Manutención por gravedad /Automatización del almacenaje/ Agilización de la manutención/Reducción tiempo de manutención
- Reducción accidentes de trabajo/Mayor control de inventario /Mayor rotación de stock

4.2 Análisis de Rentabilidad Económico y financiero.

Al realizar el análisis de rentabilidad económica y financiera utilizando como datos de partida la Inversión necesaria a realizar en cada alternativa (Estanterías, montaje e inversiones en equipos de manutención) (MECALUX 2017). Introduciendo los gastos asociados a la manutención (personal, combustibles, mantenimiento, etc), suponiendo como ingresos los beneficios obtenidos por venta de aceite al aplicar cada sistema. Y considerando como indicadores de rentabilidad económica y financiera el Periodo de Retorno (Pay-back), El valor actual Neto de la inversión (VAN) y la TIR (Tasa interna de rentabilidad). (Zevgolis, Mavrikos, & Kaliampakos, 2004). Suponiendo unos costes de capital entorno al 9% (tipo TAE o TIN año 2017). Para inversión a 10 años máximo, obtenemos los resultados de la tabla 8.

Tabla 8. Análisis comparativo de rentabilidad

Periodos = 10/Tasa = 9,02	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Inversión (€)	32.640,00	39.480,00	154.880,00
Gastos por periodo (€)	263.957,00	258.514,50	243.530,63
Incremento del beneficio (€)	278.250,00	278.250,00	278.250,00
Pay-Back (Años)	2,28	2	4,46
VAN (€)	59.006,89	87.064,26	67.741,02
TIR (%)	43	49	18

4.3 Análisis comparativo entre las distintas alternativas

A continuación, estudiamos comparativamente los tres sistemas. (Tabla 9)

Tabla 9. Análisis comparativo entre sistemas de almacenamiento

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tiempos de manutención	Largos	Medios	Cortos
Control de inventario	Bajo	Medio	Alto
Rotación de stock	Baja	Alta	Muy Alta
Aprov. superficial	23,55%	29,71%	29,71%
Aprov. Volumétrico	12%	18,11%	18,11%
Capacidad	108.108,00 kg /144 palets	135.135,00 kg/180 palets	127.764,00 kg/168 palets
Ratio palet/m2	0,58	0,72	0,67
PRI(Años)	2,28	2	4,46
VAN	59.006,89 €	87.064,26 €	67.741,02 €
TIR	43%	49%	18%

5. Resultados.

Aplicando el Método propuesto, basado en la combinación de vario modelos o técnicas de Decisión Multicriterio (ELECTRA II y AHP) y combinando criterios cuantitativos y cualitativos y considerando distintos criterios y pesos consensuados previamente con la Gerencia y dirección Técnica del Fábrica (Tabla 10). (Ishizaka, & Siraj, 2018)

Tabla 10. Criterios de selección y distribución de pesos

Criterios	Pesos
F1 Rentabilidad Económica de la inversión	30 %
F2 Optimización manutención (reducción de tiempos de manutención	30 %
F3 Rotación stock y control de inventarios	20 %
F4 Aprovechamiento espacio (Superficial y volumétrico)	10 %
F5 Gastos por periodo (operativos, manutención, etc.)	10 %

Obtenemos los siguientes resultados

5.1 Método ELECTRA II

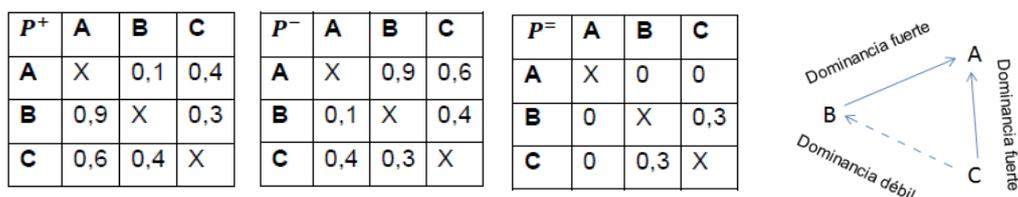
Aplicando el Método técnicas de Decisión Multicriterio (ELECTRA II) partimos de la matriz (Tabla 11). (Fontana, & Nepomuceno, 2017).

Tabla 11. Valoración de criterios y distribución de pesos (ELECTRA II

Criterios	Pesos	A(alternativa 1)	B(alternativa 2)	C (alternativa 3)
F1	30 %	7	10	6
F2	30 %	5	7	10
F3	20 %	6	10	10
F4	10 %	7	9	9
F5	10%	10	8	9

Calculamos las matrices ($p+$, $p-$, $p=$) y de la relación de dominancias (figura 8)

Figura 8: Relación de Dominancias y Matrices $p+$, $p-$, $p=$



Con este método el sistema más óptimo para su implantación es el sistema de almacenamiento con estanterías dinámicas (C), quedando el sistema de estanterías compactas en segundo lugar (B) y el sistema convencional en tercer puesto (A). Tabla 12

Tabla 12. Valoración Alternativas (ELECTRA II)

Alternativa	Posición
C (alternativa 3)	1
B (alternativa 2)	2
A (alternativa 1)	3

5.2. Método AHP.

Se trata de una herramienta que ayuda a la toma de decisiones cuando hay varias opciones condicionadas por diferentes criterios, para su puesta en práctica se ha seguido un caso práctico de la universidad a distancia de Madrid. (De La Peña, 2015) y en otros estudios (Wang, Luo, & Hua, 2017) (Baudry et al, 2018) (Bunruamkaew, 2012). Con la utilización de este método queremos avalar el resultado obtenido con el método ELECTRA II.

Si consideramos el peso dado a cada uno de los criterios en una escala de cero a diez, considerando 30% como 10 en esta escala, los diferentes criterios tendrán el siguiente valor.(Tabla 13).

Tabla 13. Valoración Alternativas (AHP)

Criterios	Valor
F1	10
F2	10
F3	6,7
F4	3,3
F5	3,3

Teniendo en cuenta todo esto nos quedaría la siguiente tabla, donde se recogen los datos necesarios para el análisis. (Tabla 14)

Tabla 14. Valoración de criterios y distribución de pesos (AHP)

Alternativa	F1	F2	F3	F4	F5
A Convencional	10	5	6	7	10
B Compacta	5	7	10	9	8
C Dinámica	2	10	10	9	9
Pesos de los Criterios	10	10	6,7	3,3	3,3

Calcularemos la matriz normalizada y el vector promedio de las diferentes alternativas para cada criterio utilizado, calculando también el vector promedio obtenido de la comparación de los diferentes criterios entre sí. Calculamos la matriz de comparación por pares de criterios y finalmente la suma-producto para cada opción planteada.

Figura 9: Matriz de comparación por pares de criterios, matriz normalizada, vector de ponderación y resultados de suma producto para cada alternativa

	F1	F2	F3	F4	F5
F1	1	1	3,3	6,7	6,7
F2	1/1=1	1	3,3	6,7	6,7
F3	1/3,3=0,303	1/3,3=0,303	1	3,4	3,4
F4	1/6,7=0,149	1/6,7=0,149	1/3,4=0,294	1	1
F5	1/6,7=0,149	1/6,7=0,149	1/3,4=0,294	1/1=1	1
SUMA	2,601	2,601	8,188	18,8	18,8

MATRIZ NORMALIZADA				
0,384	0,384	0,403	0,356	0,356
0,384	0,384	0,403	0,356	0,356
0,116	0,116	0,112	0,180	0,180
0,057	0,057	0,035	0,053	0,053
0,057	0,057	0,035	0,053	0,053

VECTOR PROMEDIO
0,376
0,376
0,143
0,051
0,051

	F1	F2	F3	F4	F5	TOTAL
A	0,736	0,122	0,111	0,200	0,410	0,370
B	0,557	0,229	0,444	0,400	0,260	0,393
C	0,229	0,648	0,444	0,400	0,326	0,430
Ponderación	0,376	0,376	0,143	0,051	0,051	

Con este método el sistema más óptimo para su implantación es el sistema de almacenamiento con estanterías dinámicas (C), quedando el sistema de estanterías

compactas en segundo lugar (B) y el sistema convencional en tercer puesto (A). Tabla 15. (Macharis, et al., 2004)

Tabla 15. Valoración Alternativas (AHP)

Alternativa	Posición
C (alternativa 3)	1
B(alternativa 2)	2
A (alternativa 1)	3

Figura 10: Análisis DAFO de la alternativa ganadora. Sistema de estanterías Dinámicas con transelevador automático de cargas



6. Conclusiones.

Para el almacenamiento del producto embotellado, dada la ineficiencia del sistema implantado actualmente se propusieron tres alternativas de mejora. Cada una de ellas puede aportar al almacén una serie de ventajas, por lo que tomar una decisión acertada y coherente no es sencillo. Es por ello que se ha utilizado una metodología apoyada en la valoración de los resultados aplicados a dos técnicas de Decisión Multicriterio (ELECTRA II y modelo AHP), siendo el resultado de ambas que el sistema más idóneo para la optimización de los sistemas de manutención y almacenaje del aceite embotellado es el sistema de almacenamiento con estanterías dinámicas. Utilizando como equipo de manutención un transelevador bicolumna por el lado de carga de los estantes y una carretilla elevadora convencional, para la descarga de estos. Se trata de un sistema que aunque requiere una inversión superior aporta unas ventajas que lo hacen destacar, agilizando y automatizando el almacenaje y manutención de las cargas. Permitiendo satisfacer las fluctuaciones de la demanda con un nivel de confianza del 99 %.

Gracias a la implantación de este sistema de manutención y almacenaje para el aceite embotellado, se consiguen los objetivos planteados al inicio de este trabajo, optimizando no solo los procesos de almacenamiento sino también los procesos de manutención de las cargas. Completamos el resultado final de nuestro estudio con la elaboración de un Análisis DAFO de la alternativa ganadora. (Zhai, 2017). (Figura 10)

7. Bibliografía

- Anaya-Tejero, J.J.(2000). *Logística Integral. La Gestión operativa de la empresa*. Madrid. España. Ediciones ESIC.
- Astals-Coma, F. (2009). *Almacenaje, manutención y transporte interno en la industria*. Barcelona. España. Edicions UPC
- Baudry, G., Macharis, C., & Vallee, T. (2018). Range-based Multi-Actor Multi-Criteria Analysis: A combined method of Multi-Actor Multi-Criteria Analysis and Monte Carlo simulation to support participatory decision making under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 264, 257-269.

- Bunruamkaew, K. (2012). Do AHP analysis in Excel. Division of Spatial Information Science. Graduate School of Life and Environmental Sciences. University of Tsukuba
- Cardós-Carboneras, M. (2003). *Manutención y almacenaje: diseño, gestión y control*. Valencia. España. Ediciones Universidad Politécnica Valencia, D.I..
- Christopher, M., & Towill, D. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31, 235-246.
- De La Peña E,F.D. (2015). *Caso práctico del Método AHP para toma de decisiones multicriterio*. Madrid. España. Universidad a distancia de Madrid, UDIMA.
- Establish Inc./Herbert W. Davis & Co. (2005). Logistic cost and service 2005. In Proceedings of Council of Supply Chain Managers Conference.
- España, Anexo II R.D 1215:1997. Real decreto por el que se establecen las disposiciones mínimas de salud y seguridad de los trabajadores para utilizar los equipos de trabajo. (BOE 1997)
- España, Anexo VII.3 del R.D 485/1997. Establece la necesidad de señalar las diferentes zonas de trabajo, así como las zonas peligro y de tránsito de vehículos. (BOE 1997).
- ELA European Logistics Association/AT Kearney Management Consultants (2004). Differentiation for Performance. Deutscher Verkehrs- Verlag GmbH
- Fernandez, E., Figueira, J. R, Navarro, J., & Roy, B. (2017). Electre TRI-nB: A new multiple criteria ordinal classification method. *European Journal of Operational Research*, 263, 214-224.
- Fontana, M. E, & Nepomuceno, V. S. (2017). Multi-criteria approach for product classification and their storage location assignment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88, 3025-3216.
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. McGraw-Hill.
- Goetschalckx, M., McGinnis, L., Bodner, D., Govindaraj, T., Sharp, G., & Huang, K. (2002). A systematic design procedure for small parts warehousing systems using modular drawer and bin shelving systems. In Proceedings of International Material Handling Research Colloquium.
- Harrison, A., & Van Hoek, R. (2005). *Logistics Management and Strategy*, 2nd ed. In: Langevin, A. L., & Riopel, D. (Eds.), *Logistics Systems: Design and Optimization*. Springer (pp. 67–91).
- Higginson, J. K., & Bookbinder, J. H. (2005). Distribution centres in supply chain operations. In *Logistics Systems: Design and Optimization* (pp. 67-91). Boston: Springer
- Ishizaka, A., & Siraj, S. (2018). Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. *European Journal of Operational Research*, 264, 462-471.
- Lee, M. K., Elsayed, E. A. (2005). Optimization of Warehouse Storage Capacity Under a Dedicated Storage Policy. *International Journal of Warehouse Storage Capacity Under a Dedicated Storage Policy*, 43, 1785-1805
- Lerher, T. (2016). Travel time model for double-deep shuttle-based storage and retrieval systems. *International Journal of Production Research*, 54, 2519-2540.
- Li, J., Moghaddam, M., & Nof, S. Y. (2016) Dynamic storage assignment with product affinity and ABC classification-a case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84, 2179-2194
- Macharis, C., Springael, J., Brucker, K., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, 153, 307-317
- Masuleón-Torres, M. (2003). *Sistemas de almacenaje y picking*. Madrid. España. Ediciones Díaz de Santos.

- «Mecalux.» Catálogo estanterías compactas. s.f.
<https://www.mecalux.es/estanteriasmetalicas-industriales/estanterias-palets/estanterias-compactas-palets> (último acceso: 18 de Septiembre de 2017).
Mecalux. s.f. <https://www.mecalux.es/estanterias-metalicas-industriales/estanteriaspalets/> estanterias-dinamicas-palets-fifo (último acceso: 18 de Septiembre de 2017).
- Roux, M. (2003). *Manual de Logística para la gestión de almacenes*. Barcelona. España. Gestión 2000, D. L.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G., Mantel, R., & Zijm, W. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122, 515–533.
- Rowley, J. (2000). *The principles of warehouse design*, 2nd ed. The Institute of Logistics & Transport.
- Thomas, L. M., & Meller, R. D. (2015). Developing design guidelines for a case-picking warehouse. *International Journal of Production Economics*, 170, 741-762.
- UNE-EN 15629:2009. Esta norma europea proporciona las directrices para el diseño de los diferentes sistemas de estanterías metálicas. (AENOR 2009)
- Van den Berg, J. P. (1996). A literature survey on planning and control of warehousing systems. Working Paper, LPOM- 96-12, University of Twente.
- Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. 2010. The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.
- Wang, Y. M., Luo, Y., & Hua, Z. (2017). On the extent analysis method for Fuzzy AHP and its applications. *European Journal of Operational Research*, 186, 735-747.
- Xiao, K., & Hu, X. (2017). Study on maritime logistics warehousing center model and precision marketing strategy optimization based on fuzzy method and neural network model. *Polish Maritime Research*, 24, 30-38.
- Zevgolis, I. E., Mavrikos, A.A., & Kaliampakos, D.C. (2004). Construction, storage capacity and economics of an underground warehousing-logistics center in Athens, Greece. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19, 165-173.
- Zhai, H. (2017). Research on the logistics of cross-border e-commerce in Shanghai based on SWOT Theory. *In Proceedings of the International Conference on Management Science and Engineering (MSE)*