

# PROCESO DE ALMACENES DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

Carlos Gustavo  
**Grimolizzi**



**UTN.BA**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES





# Proceso de almacenes

## Diseño y dimensionamiento

Carlos Gustavo Grimolizzi

edUTecNe

Buenos Aires, 2025

Grimolizzi, Carlos Gustavo

Proceso de almacenes: diseño y dimensionamiento / Carlos Gustavo Grimolizzi ; Editado por Fernando Cejas. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8992-66-2

1. Logística. 2. Diseño. 3. Almacenamiento. I. Cejas, Fernando, ed. II. Título.

CDD 658.785

Diseño de interior y tapa: Fernando Cejas



Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: Ing. Rubén Soro

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaria Cultura y Extensión Universitaria: Ing. Federico Olivo

Aneiros



Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires

Decano: Ing. Guillermo Oliveto.

Vicedecano: Ing. Andrés Bursztyn.



edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando Cejas

Dirección General: Mg. Claudio Véliz

Dirección de Cultura y Comunicación: Ing. Pablo Lassave

Queda hecho el depósito que marca  
la Ley N° 11.723

© edUTecNe, 2025

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ)

Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-8992-66-2



*Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.*

*Agradecimientos*

*A mi hijo Charly*

*Al Ing. Ricardo Stifter por el tiempo  
dedicado a la corrección y por sus aportes.*

*Al Lic. Lucas Lahitte por el aporte en  
almacenes y la Inteligencia Artificial*

*Al Ing. Pablo Lassave por su inestimable  
colaboración para la edición de este libro*

Capítulo 1  
Cadena de suministros

Capítulo 2  
Proceso de abastecimiento

Capítulo 3  
Unidad de carga logística

Capítulo 4  
Pallets

Capítulo 5  
Contenedores

Capítulo 6  
Diseño y dimensionamiento de almacenes

Capítulo 7  
Sistemas de almacenamiento

Capítulo 8  
Sistemas de almacenamiento en bloques

Capítulo 9  
Sistemas de almacenamiento de acceso directo

Capítulo 10  
Sistemas de almacenamiento para pequeñas piezas

Capítulo 11  
Conclusiones

# Introducción

---

El almacenar productos es una actividad realizada por la humanidad desde que se estableció en forma sedentaria. Comenzó con en el guardado de alimentos para tiempos de escasez y se extendió luego a otros productos, como las herramientas para la agricultura y las armas para las guerras.

El concepto de almacenes como apoyo de producción y ventas comienza con los sistemas productivos modernos que derivaron de la segunda revolución industrial y tomaron una importancia relativa con el desarrollo de la línea de producción.

Podemos decir entonces que, en los inicios, la misión de los almacenes era el apoyo de los procesos principales de una industria, centrándose en los siguientes conceptos:

- ✓ Ser el respaldo a las variaciones de producción y ventas
- ✓ Preservar los activos (bienes de cambio) de la empresa

Esta misión se mantuvo con pocas variantes hasta los años 70 del siglo pasado, cuando la industria automotriz japonesa introdujo el concepto de *just in time*. Entonces, los almacenes comenzaron a ser tomados como un subsistema de producción y la gestión de dimensionamientos de stocks adquirió una gran importancia.

A partir de los años 90, con el desarrollo y la implementación de las nociones de cadena de valor y cadena de abastecimiento, se generó un cambio de paradigma en dicha misión. Ser el soporte de producción y ventas ya no alcanzaba para que los productos tuvieran diferenciación y ventajas competitivas en los nuevos mercados.

Se expandieron, por estos años y los subsiguientes, nuevas tecnologías de negocios como el B2B (*business to business*) y P2B (*platafom to business*). Ya en los años 2000, se desarrolla globalmente el B2C (*business to client*) de la mano con la digitalización de las operaciones que nos llevan a la cuarta revolución industrial o Industria 4.0, que cambiaron radicalmente la relación cliente/proveedor. De la forma tradicional, focalizada en el producto, se derivó la inclusión de nuevos servicios como la facilidad de

compra, la personalización del producto y entrega, la disponibilidad de stock y la velocidad en la entrega.

Este conjunto de cambios redefinió la misión de almacenes ya que la gestión dejó de ser una actividad de soporte para convertirse en un proceso con entidad propia, dado que interactúa con flujos físicos y de información de casi todos los eslabones de la cadena de suministro y fundamentalmente con el más relevante de esta que es el cliente.

Con la visión puesta en la gestión de almacenes como un proceso, surgió la necesidad de estructurar nuevas actividades con el objetivo de satisfacer distintas demandas de servicios que generaron los nuevos modelos de negocios. Como resultado se introdujeron actividades como:

- Servicios con valor agregado

Se dejó de ser el lugar de almacenaje, preparación de pedidos y despacho a clientes (externos e internos). En cambio, se incluyen la recepción, preparación y despacho clasificado y personalizado de los pedidos a clientes.

- Mejora continua

La preparación de pedidos es la actividad del almacén que demanda mayor tiempo y recursos, con lo que la mejora continua es de fundamental importancia para el proceso de cara a los clientes. Es necesario un estudio de los sistemas de almacenamiento y los equipos de manejo de productos para alcanzar el objetivo de la empresa.

- Unitarización de cargas

La forma del manejo de los productos tiene requerimientos diferentes para fabricante, distribuidor, transportista, minorista y cliente. El proceso de almacenes debe diseñar y personalizar los embalajes para satisfacer los requerimientos de los diferentes eslabones de la cadena. Estos diseños impactan directamente en los costos de distribución del producto por lo que deben ser estudiados cuidadosamente.

- Creación de valor financiero

El manejo de los stocks no solo es facultad de la logística, sino que debe incorporar al proceso de almacenes para generar una visión sistémica que pueda crear valor. Esto permitirá consolidar los flujos físicos, de información, la programación y los pronósticos de los productos con el resto de los eslabones de la cadena de suministros.

- Mejora de la productividad

La idea de “hacer más rápido con menos recursos” ya no es suficiente en los modelos de negocios de siglo XXI, sino que se debe desarrollar el concepto de satisfacer al cliente en el tiempo requerido con los óptimos recursos humanos y materiales.

Finalmente, los nuevos modelos de negocios del tipo industrial y de servicios que permitan una mayor diferenciación de los productos deben incluir el desarrollo de la responsabilidad social empresarial. Este requiere incorporar nuevos criterios en la definición de los procesos de la cadena de abastecimiento, y los almacenes no pueden estar exentos de ellos.

- Gestión sustentable

Identificar soluciones, regenerar la cultura de los procesos, manejando y minimizando los impactos sociales y de medio ambiente.

- Cuidado de riesgos en salud, seguridad y medio ambiente

Definir, implementar y controlar políticas activas y procesos que las involucren, de manera de tener estos tres conceptos presentes en cada una de las actividades y tareas del proceso.

- Demostración de transparencia

Aplicando el concepto de diligencia debida, que es hacer la gestión de acuerdo con los procedimientos establecidos por las leyes y buenas prácticas durante todo el ciclo de vida del proyecto. La diligencia debida consiste en identificar las debilidades de los procesos para corregirlas y detectar los riesgos implicados, generando acciones concretas para mitigarlos, de forma que se cumpla con el marco legal vigente en el lugar de desarrollo del proyecto.

La gestión de almacenes se convierte en un proceso complejo y con identidad propia, que toma real importancia como un eslabón de la cadena de suministros, lo que lleva a reformular la misión para este nuevo paradigma.

Considerando todos los roles que se fueron incorporando a la visión actual del proceso de almacenes para los nuevos parámetros de los negocios, se puede definir una nueva misión:

*“Apoyar con éxito a la cadena de suministros gestionando de manera sustentable y agregando valor de manera eficaz y eficiente los productos para el eslabón subsiguiente, sea este otra etapa de proceso productivo o el cliente.”*

# Capítulo 1

## Cadena de suministros

*“En el Futuro, la competencia no se dará de empresa a empresa, sino más bien de cadena de suministros a cadena de suministros.”*

*Michael Porter*

# Cadena de valor

---

Para diseñar un proceso de almacenes alineado con la misión actualizada, es fundamental comprender el funcionamiento de las cadenas de valor y de suministro. Esto nos permitirá identificar con precisión los roles que debe cumplir dicho proceso. A partir de ese entendimiento, será posible integrar adecuadamente el diseño de instalaciones, equipos y actividades, con el objetivo de optimizar los resultados.

Desde una perspectiva competitiva, el valor de un producto o servicio puede definirse como la cantidad en unidades monetarias que los compradores están dispuestos a pagar por él. Este valor se relaciona con el equilibrio entre el precio, la calidad y la satisfacción que el producto ofrece.

El éxito de una organización se alcanza cuando el valor monetario del producto supera los costos necesarios para generarlo. La diferencia entre ambos constituye el margen.

Es importante señalar que, al hablar de productos, nos referimos tanto a bienes como a servicios.

Una empresa es lucrativa si el valor que impone el mercado excede los costos implicados en crear el producto. Por consiguiente, la generación de valor es clave en la gestión de las organizaciones ya que permite cumplimentar los objetivos fundamentales de estas:

- ✓ Satisfacción del cliente
- ✓ Ventajas sobre la competencia
- ✓ Retorno a los inversores

La cadena de valor es un modelo teórico desarrollado por Michel Porter en su libro *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior* (Grupo Patria Cultural, 2002). En él, Porter clasifica las actividades de una organización que generan valor al cliente final y consecuentemente a la propia organización. En base a este análisis, la organización puede aumentar el margen, generando una ventaja competitiva.



FIG.1.1 CADENA DE VALOR DE PORTER

## Actividades centrales

Son las actividades que generan valor al producto. Dado que la cadena de valor es aplicable tanto a la producción de bienes como a la prestación de servicios, estas actividades se definen de forma general y deben adaptarse a las características específicas de cada organización.

- ***Intralogística***

Comprende la gestión y administración de los insumos, desde su recepción y almacenamiento, hasta su distribución o traslado a las unidades productivas y, posteriormente, el retorno al almacén con el producto terminado, donde se prepara para su entrega al cliente. Una mayor eficiencia en esta actividad contribuye a aumentar el valor generado en el producto o servicio.

- ***Operaciones***

Es el proceso productivo para la fabricación del producto o las tareas para la prestación del servicio. Son las actividades de generación de valor por excelencia. Naturalmente cualquier mejora de estos procesos afecta fuertemente la generación de valor.

- ***Logística externa***

Este proceso abarca desde el almacenamiento del producto terminado hasta su entrega al consumidor final, incluyendo el transporte y los centros de distribución intermedios. En la cadena de valor de los servicios, este proceso puede estar presente o no, dependiendo de la naturaleza del servicio.

Dado su alto costo, es una actividad sometida con frecuencia a procesos de reingeniería orientados a la optimización del valor generado.

- **Marketing y ventas**

Este es, quizás, el proceso más intangible en la generación de valor, ya que involucra actividades como la publicidad, la preventa y la venta, las cuales son difíciles de cuantificar y equilibrar en términos de su contribución al valor del producto o servicio.

- **Servicios de postventa**

Involucran la instalación, puesta en marcha y garantía del producto en el cliente, la generación de valor en este proceso tiene un fuerte apoyo en la generación de confianza y la fidelización del cliente.

## Actividades de apoyo

Las actividades de apoyo son aquellas que, si bien no generan valor directamente como lo hacen las actividades centrales, brindan soporte a estas y pueden intervenir de forma puntual o a lo largo de toda la cadena de valor.

La optimización de estas actividades no genera valor por sí misma, pero sí impacta de manera directa en la eficiencia y efectividad de las actividades centrales, y, por ende, en la generación de valor final.

- **Abastecimientos**

El abastecimiento no se limita únicamente a las funciones de compras y almacenes, sino que forma parte integral del proceso de *supply chain*, actuando directamente en la generación de valor. La aplicación de buenas prácticas en este proceso puede mejorar tanto los costos como la calidad en cada una de las actividades centrales. Además, en los procesos B2B y P2B, la *supply chain* es considerada una actividad central para la creación de valor.

- **Desarrollo de ingeniería**

Este soporte consiste en el desarrollo del *know-how* relacionado con la producción o prestación de servicios. Esto incluye los procesos de ingeniería básica, ingeniería de detalle y construcción, junto con la

tecnología asociada necesaria para su ejecución. Asimismo, abarca el uso de tecnologías informáticas que respaldan la implementación y operación eficiente de dichos procesos.

- **Recursos humanos**

Comprende las actividades de reclutamiento, contratación, capacitación, desarrollo, servicios, incentivos y remuneraciones. Estas actividades brindan soporte a lo largo de toda la cadena de valor. Las políticas a largo plazo en estas áreas, junto con un adecuado balance en los gastos de las demás actividades, pueden contribuir de manera significativa a mejorar la generación de valor a lo largo de toda la cadena.

- **Infraestructura de la organización**

Dentro de este proceso incluimos a las actividades de dirección, planificación, administración, finanzas, calidad, legales, y relaciones institucionales. Cada una de estas podrá aportar en forma global mejoras a la cadena de valor.

Hemos desarrollado los procesos centrales y de soporte del modelo de Porter. Analizando las actividades de cada uno de estos, vemos que gran parte de ellas tienen una relación directa con el proceso de almacenes.

## Generadores de valor

Porter define, para las actividades de la cadena de valor, un conjunto de factores que tienen incidencia especial sobre los costos o sobre el valor generado.

Los generadores de valor más importantes son:

- ✓ Las políticas estratégicas de la organización
- ✓ La visibilidad entre las actividades de la cadena
- ✓ La ubicación de la organización
- ✓ Las lecciones aprendidas
- ✓ Las políticas públicas

Además, cada organización puede tener uno o varios generadores de valor particular para su actividad.

## Generadores de costos

Los costos de una actividad en la cadena de valor de una organización restan la rentabilidad y deben ser optimizados.

Los generadores de costo de la cadena de valor más importantes son:

- ✓ Economías de escala
- ✓ La capacitación inadecuada
- ✓ El incorrecto uso de la capacidad instalada
- ✓ La mala o escasa vinculación entre las distintas actividades
- ✓ El grado de integración
- ✓ Las políticas de la empresa
- ✓ La cadena de suministros

## Ventaja competitiva

Para definir una ventaja competitiva en una organización, se deberá establecer la cadena de valor del proceso analizado.

El proceso se inicia con la identificación las actividades necesarias del proyecto y dentro de estas se toman aquellas que aporten valor. Esta identificación es compleja y debe ser rigurosa para que sea efectiva. Una vez identificadas, se deben clasificar en centrales y de soporte, estableciendo la relación entre estas.

El relacionamiento de actividades facilitará la visión de ineficiencias como:

- ✓ Los condicionamientos de costos entre actividades
- ✓ Demoras en el cumplimiento al cliente
- ✓ Servicio de postventa ineficiente
- ✓ Disminución del margen

La optimización de las interrelaciones debe hacerse desde una perspectiva sistémica con el fin de obtener un balance en cada una de las actividades del proceso analizado.

La ventaja competitiva se puede alcanzar con la reingeniería de relaciones de las actividades seleccionadas de dos formas:

- ✓ Por su optimización
- ✓ Por su coordinación

El objetivo de la reingeniería es fundamentalmente:

- ✓ Aumentar la diferenciación de nuestros productos frente a los clientes
- ✓ Mejorar el margen del producto

## Sistema de valor

La cadena de valor es complementada por Porter con el concepto de Sistema de Valor, que busca identificar la creación de valor dentro del proceso, teniendo en cuenta los distintos actores que lo componen. El uso de este esquema permite identificar la importancia relativa de cada actor dentro del valor total para el cliente, así como establecer tendencias sobre el cambio en la importancia estratégica de cada uno de ellos.

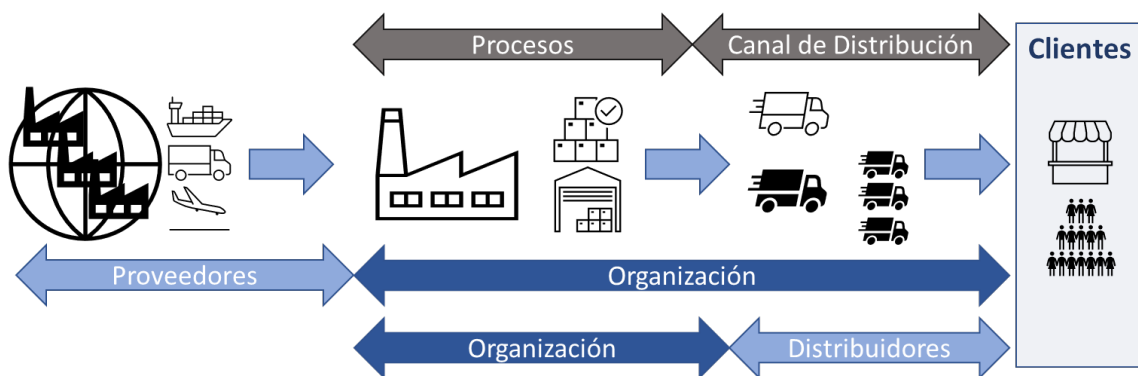


FIG.1.2 SISTEMA DE VALOR DE PORTER

## Claves para el éxito de la cadena de valor

Los cambios deben ser liderados por los referentes de la organización y deberán cambiar la cultura de manera de modificar los siguientes principios:

Principios de la Organización	Tradicional	Cadena de Valor
<b>Objetivos</b>	Precio	Valor
<b>Producto</b>	Estándar	Diferenciado
<b>Estructura de la Organización</b>	Silos	Integrada
<b>Mejoras</b>	Por Departamento	Por Proceso
<b>Control</b>	Por Departamento	Por Proceso
<b>Información</b>	No Compartida	Compartida

TABLA 1.1 PRINCIPIOS ORGANIZACIONALES

# Cadena de suministros

---

Hacia el final de los años '70, Keith Oliver — entonces consultor senior de Booz Allen Hamilton Consulting— propuso en un modelo organizacional que integraba los procesos de diseño, proveedores, abastecimiento, fabricación, comercialización, distribución, ventas y posventa en forma de cadena, en contraposición a los tradicionales silos funcionales. Estos conceptos fueron plasmados en el libro *Supply chain management: logistics catches up with strategy* (1982), coescrito con Michael D. Webber.

Desde entonces, se han formulado numerosas definiciones sobre lo que constituye una cadena de suministro. En términos generales, podemos decir que la administración de la cadena de suministro es:

*Comprar, contratar y distribuir productos a clientes internos y externos, con el mayor nivel de servicio compatible con un buen control de activos, una optimización de inventarios y costos de distribución.*

La gestión de la cadena de suministros ha evolucionado de una simple función operativa a un componente estratégico esencial dentro de las organizaciones modernas. Esta nueva perspectiva permite a las empresas optimizar el flujo de materiales y de información no solo dentro de sus propias operaciones, sino también a lo largo de toda la red de actores involucrados, desde proveedores hasta clientes finales. En este sentido, Katariina Kempainen (2003) sostiene que “el gerenciamiento de la cadena de suministros permite tener una visión estratégica acerca del manejo de los materiales y su flujo dentro de todos los procesos de la compañía tanto internos como externos, es decir traspasando las fronteras corporativas, buscando la eficiencia para ser más rentable cada eslabón de la cadena”. Esta afirmación subraya la necesidad de una coordinación transversal que trascienda los límites organizacionales para maximizar la rentabilidad de cada integrante del sistema logístico<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Kempainen, K., & Vepsäläinen, A. P. J. (2003). Trends in industrial supply chains and networks. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(8), 701–719.

Los integrantes de la cadena de suministro deben basar sus relaciones en la confianza, que se genera a partir del compromiso de los equipos de trabajo y la puesta en común de la información.

En el ámbito de los mercados empresariales, la confianza mutua entre compañías es fundamental para establecer relaciones comerciales sólidas y sostenibles. En el artículo "Customer value propositions in business markets", publicado en marzo de 2006 en la revista *Harvard Business Review*, Narus Anderson y Wouter Van Rossum definen esta confianza como "la creencia de una empresa en que otra compañía realizará acciones que producirán resultados positivos para la empresa y que no tomará acciones inesperadas que produzcan resultados negativos" (2006: 93). Esta perspectiva destaca la importancia de la previsibilidad y la fiabilidad en las interacciones empresariales, elementos esenciales para la colaboración efectiva y el éxito a largo plazo en el entorno competitivo actual<sup>2</sup>.

Los procesos productivos y de servicios tradicionales utilizados durante gran parte del siglo XX se basaban en sistemas estancos, organizados uno a continuación del otro, sin compartir demasiada información entre ellos. A este tipo de organización se lo denominó "sistema de silos".

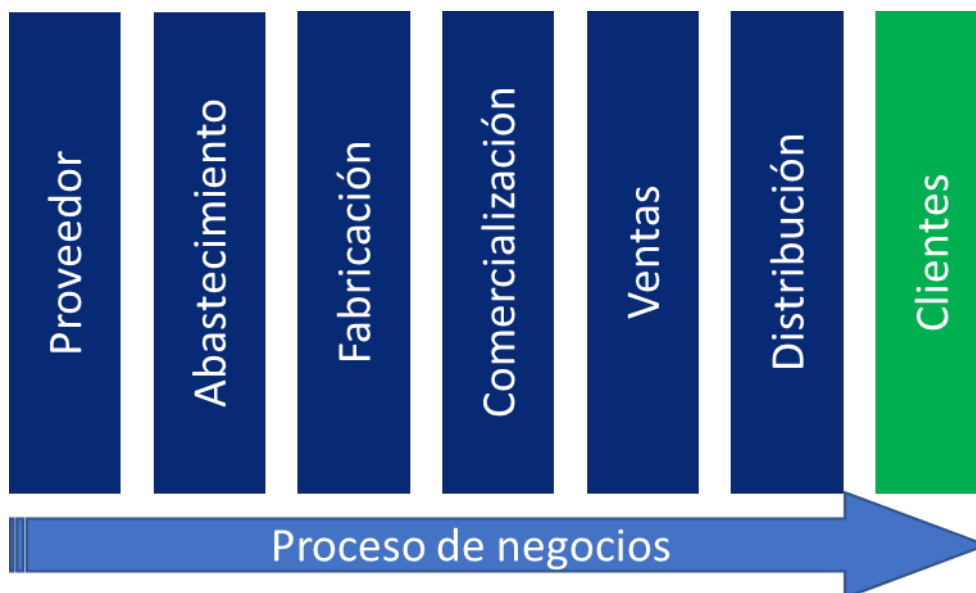


FIG.1.3 ORGANIZACIÓN CON FUNCIONES TIPO SILOS

<sup>2</sup> Anderson, J. C., Narus, J. A., & van Rossum, W. (2006). Customer value propositions in business markets. *Harvard Business Review*, 84(3), 90–99

A mediados de los años 90, con el comienzo de los negocios B2B y P2B, el funcionamiento integrado de la cadena de suministros comenzó a ser un factor que agregaba valor y diferenciaba los productos, pasando del esquema de gestión de silos a una cadena con integración de funciones.

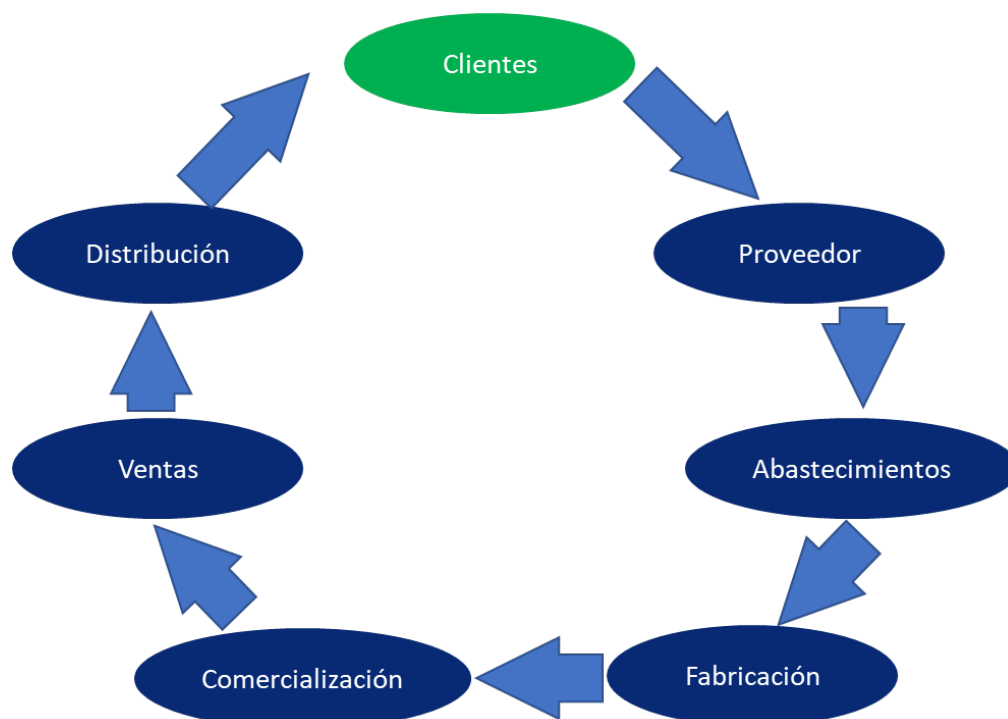


FIG.1.4 ORGANIZACIÓN CON PROCESOS TIPO CADENA DE SUMINISTROS

El pasar de una estructura de silos a una cadena de suministros implica que la empresa rompa con los paradigmas de las estructuras tradicionales, cambiando el foco organizacional.

Organización con funciones tipo Silos		Organización con Cadena de Suministros
Funciones	→	Procesos
Productos	→	Clientes
Ingresos	→	Rentabilidad
Inventarios	→	Información
Transacciones con el Cliente	→	Relaciones con el Cliente

TABLA 1.2 CONCEPTOS ORGANIZACIONALES

# Definiendo la cadena de suministros

Para el diseño de la cadena de suministros en una organización seguiremos los siguientes parámetros:

1. Definición del alcance:
  - a) Identificación de los niveles de servicio requeridos por el mercado;
  - b) Definición de objetivos por productos y segmentos de mercado;
  - c) Elaboración de acuerdos de nivel de servicios para clientes industriales;
  - d) Elaboración de planes para períodos acotados de tiempo.
  
2. Diseño del proceso cadena de suministros:
  - a) Diseño de la red de actividades (involucrando a los sectores específicos) que involucra la cadena de abastecimiento;
  - b) Determinación del flujo físico desde los proveedores a los clientes;
    - i) Definición del plan (convenientemente anual) de compras, producción y distribución por grupo de productos o productos individuales, según su complejidad, sea de transporte como de criticidad;
    - ii) Establecimiento de revisiones bimestrales o trimestrales del plan de compras, dependiendo de los mercados cliente/proveedor;
    - iii) Identificación de las restricciones que potencialmente afecten a la cadena tanto en proveedores y producción como en distribución;
    - iv) Desarrollo de un plan logístico que involucre a proveedores, centros de producción, centros de distribución y clientes;

- c) Determinación del flujo de información, desde los proveedores a los clientes;
  - i) Proyección de la demanda, desde los clientes hasta los proveedores, utilizando sistemas MRP;
  - ii) Determinación del exacto plazo de entrega de cada una de las actividades de la cadena;
  - iii) Utilización de sistemas de información del tipo ERP y MDM “Máster Data Management”.

La información es uno de los componentes más importantes de la cadena. Se debe tener en cuenta que la visibilidad y oportunidad de la información es casi más importante que la información misma.

### 3. Desarrollo de la de estructura y los procesos gerenciales:

- i) Diseño de un gerenciamiento transversal del proceso y no por actividades, es decir, del tipo matricial;
- ii) Diseño de indicadores para la medición de gestión, tiempos de gestión y satisfacción de clientes y proveedores;
- iii) Establecimiento de relaciones con clientes y proveedores orientadas al “ganar-ganar”;
- iv) Orientación de la cadena de suministros hacia alcanzar el nivel de satisfacción de cliente establecido por la organización;
- v) La efectividad y eficiencia de la cadena de suministros es más relevante que la de cada actividad en particular.

Cuando diseñamos la cadena de suministros en una organización, debemos realizar un trabajo en equipo con los diversos responsables de cada actividad involucrada en esta, siguiendo un esquema que nos permita optimizar la relación costo-rentabilidad de la actividad a realizar.

# Administración de riesgos en la cadena de suministros

Una de las situaciones más comunes que se presentan en el gerenciamiento de la cadena de suministros es la incertidumbre que presenta el comportamiento de los mercados, la oferta y la logística internacional. A esto se le suman, en diferentes países, las incertidumbres de tipo institucional, problemas de macroeconomía, factores climáticos, o sanitarios, como la pandemia de Covid-19 de los años 2020-2021.

La mayoría de estos factores impacta directamente en la gestión, el diseño y el dimensionamiento de los almacenes, lo que implica la necesidad de realizar análisis de riesgos tanto en la etapa de elaboración como en la de operación.

Podemos dividir el riesgo en dos tipos: sistémico y no sistémico. El primero está determinado por factores externos a la organización, sobre los cuales no es posible ejercer una influencia directa, como los factores atmosféricos, la inflación o los ciclos macroeconómicos, entre otros.

En cambio, los riesgos no sistémicos derivan de la propia actividad de la organización y pueden ser gestionados mediante acciones orientadas a su mitigación.

A continuación, se detallan los factores que considero de mayor relevancia en el análisis de riesgos no sistémicos para la administración de la cadena de suministro:

- Sincronización del suministro y la demanda:

Cada organización debe establecer estándares confiables para el pronóstico de la demanda y asociar a este las políticas de suministro. Los sistemas de modelización resultan de gran utilidad para definir los parámetros de abastecimiento, de modo que se mitigue el riesgo financiero asociado a dichos pronósticos.

- Niveles y rotación de inventarios:

Las variaciones e incertidumbres en los pronósticos suelen compensarse mediante el aumento de los niveles de inventario de materias primas, componentes y productos terminados. Esta medida implica costos de inmovilización, con su consecuente impacto financiero. Un control estricto del índice de rotación de inventarios permitirá mitigar estos riesgos.

- Plazos de Entregas

Los picos de demanda, los tiempos de transportes, los plazos de entrega son también fuentes de riesgo en la cadena de suministros.

- Tercerizaciones

Las tercerizaciones, tanto locales como internacionales, si bien se enfocan en la reducción de costos, requieren una evaluación y desarrollo de los proveedores como socios estratégicos, ya que estos pasan a formar parte directa e integral de la cadena de suministro de la organización.

## La cadena de suministros y el desarrollo de productos

La cadena de suministros se encuentra íntimamente ligada al proceso de desarrollo de un producto, siendo necesaria su participación desde el inicio de este proceso. Las etapas de desarrollo de un producto son:

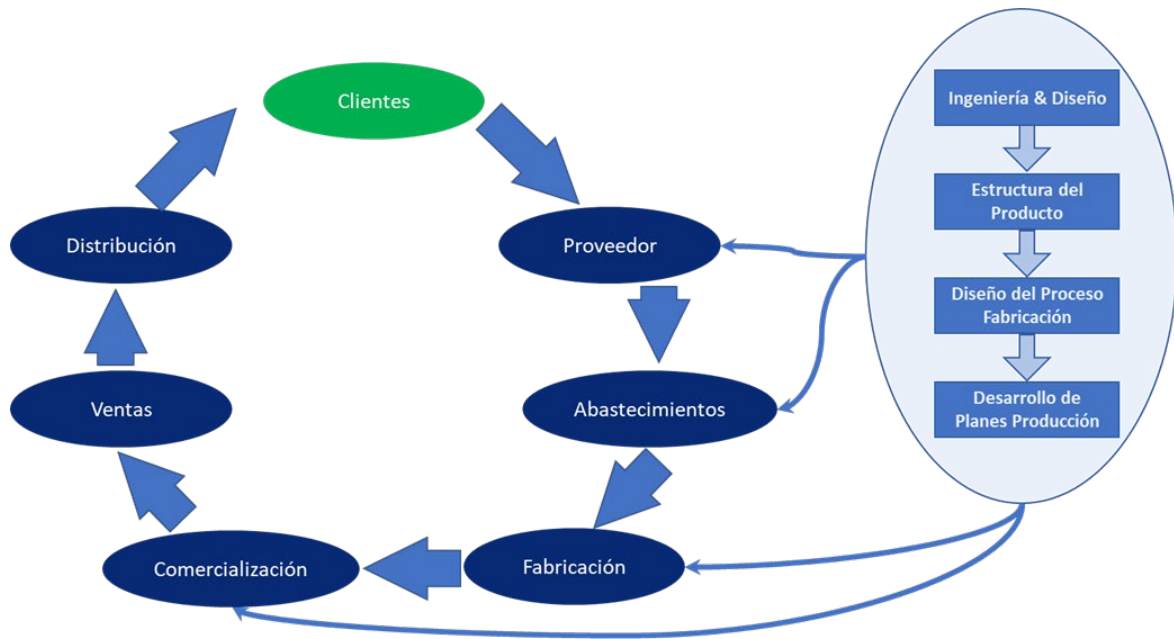
- ✓ Ingeniería y diseño
- ✓ Estructura del producto
- ✓ Diseño del proceso de fabricación
- ✓ Desarrollo de los planes de producción

<b>Etapa del diseño</b>	<b>Acciones de diseño</b>	<b>Acciones de la cadena de suministros</b>
<b>Ingeniería y diseño</b>	Definición de las fuentes de aprovisionamiento de los materiales	Desarrollo y evaluación temprana de proveedores
<b>Estructura del producto</b>	Definición de qué partes se fabrican internamente y cuáles se tercerizan	Desarrollo de proveedores/socios estratégicos  Relevamiento de los volúmenes de materiales por los materiales
<b>Diseño del proceso de fabricación</b>	Definición de las fuentes de aprovisionamiento de los equipos	Compra de maquinarias  Definición de tipo y tamaño de los almacenes  Definición y compra de los equipos de movimiento de materias
<b>Desarrollo de los planes producción</b>	Definición de planes de producción	Desarrollo de los programas de compras y contrataciones  Desarrollo de los programas del proceso de almacenes  Desarrollo de los programas logísticos

TABLE 1.3 ETAPAS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO

En cada una de las etapas descritas deberán tomarse decisiones que tendrán un fuerte impacto en la cadena de suministro. La participación temprana del área de cadena de suministro en el desarrollo de productos permite adecuar dichas decisiones, de manera que se optimicen los costos del proyecto.

A continuación, se detallan las acciones que involucran a la cadena de suministro en las distintas etapas del desarrollo de productos.



**FIG. 1.5 CADENA DE SUMINISTROS Y PROCESO DE DISEÑO**

La integración de la cadena de abastecimiento en la etapa de diseño no es común en muchas industrias, pero la creciente competitividad y la búsqueda de mejores resultados han llevado a un número cada vez mayor de empresas a colaborar en las etapas de diseño de productos.

## Costos de la cadena de suministros

La cadena de abastecimiento tiene una importante incidencia en el costo de los productos, por lo que es necesario determinarla correctamente para lograr un adecuado gerenciamiento. Además, nos permitirá analizar los ahorros potenciales y mejorar la rentabilidad del producto.

Con la transformación del sistema de silos hacia la cadena de suministro, se han desarrollado diversos estudios sobre la incidencia de los costos de abastecimiento y distribución en el producto, considerando que el cliente no percibe estos costos.

Después de revisar diversos estudios empresariales y académicos, como los realizados por British Gas plc o la Universidad de Texas en Dallas (UT Dallas), entre otros, podemos estimar que la incidencia de la cadena de suministro varía entre el 20% y el 25%, dependiendo del tipo de industria y producto.

Además, algunos de estos estudios permitieron desglosar los costos dentro de la cadena de suministro, integrando los tipos de industria y productos para analizar la incidencia de cada una de las actividades y aplicar estrategias para la reducción de estos costos.

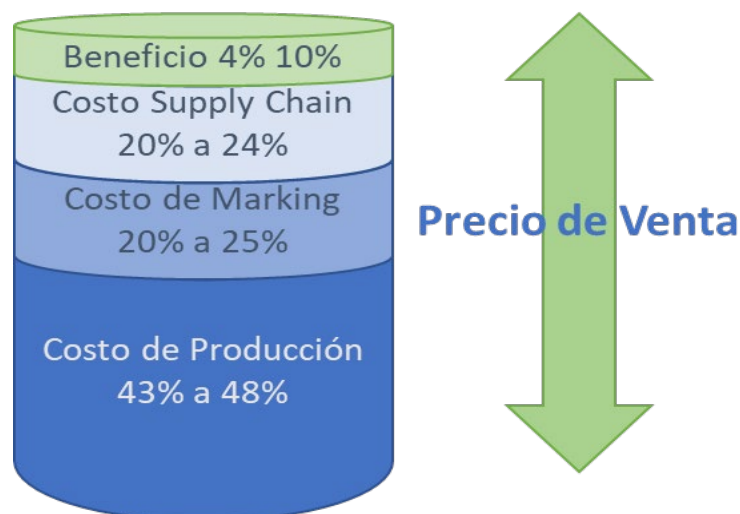


FIG.1.6 INCIDENCIA DE CADENA DE SUMINISTROS EN EL PECO DE VENTA

Para el desglose de los costos de la cadena de suministros se consideraron los siguientes parámetros de análisis:

Costos	Conceptos
<b>Abastecimientos</b>	Corresponde a la actividad propia de compra y evaluación de proveedores, la administración, instalaciones y <i>feed</i> de los sistemas informáticos
<b>Inventarios</b>	Stock Costo financiero, seguros, tasas e impuestos de los productos
<b>Operación de almacenes</b>	Administración, operación, tasas, seguros e impuestos
<b>Logísticos</b>	Procesamiento de pedidos Forecast de demanda Transporte y tráfico
<b>Servicios al cliente</b>	Servicio al cliente Logística inversa

TABLA 1.4 CONCEPTOS DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTROS

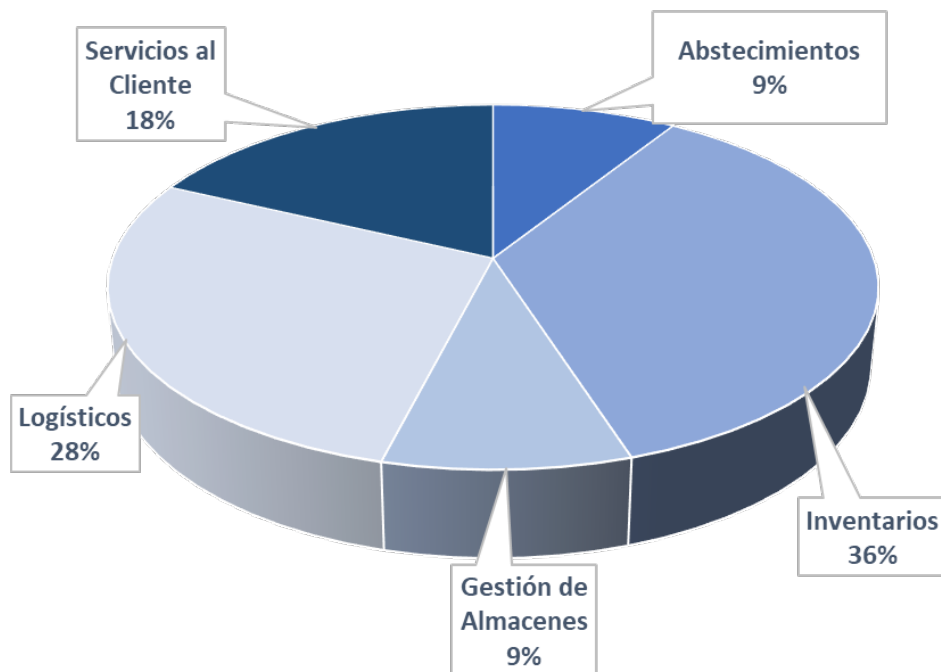


FIG.1.7 DESAGREGADO DE COSTOS DE CADENA DE SUMINISTROS

Un complemento importante para el análisis de costos de la cadena de suministro es la curva de frontera de eficiencia, basada en la capacidad de respuesta del proceso.

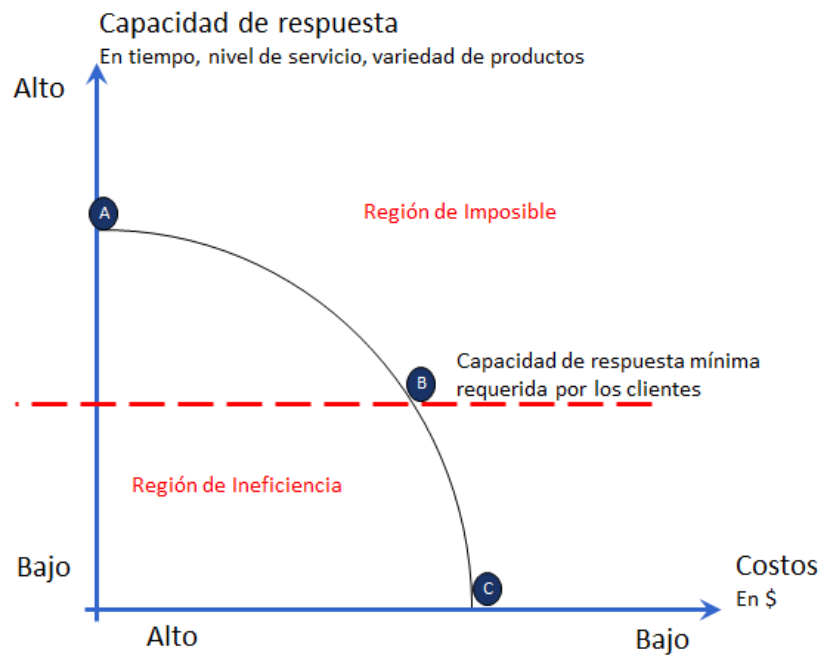


FIG. 1.8 FRONTERA DE EFICIENCIA DE CADENA DE SUMINISTROS

La curva A-C de la Fig. 1.8 representa la frontera de eficiencia de la cadena de suministro. Todos los puntos sobre ella corresponden a combinaciones eficientes entre la capacidad de respuesta y los costos de la cadena en estudio. Cualquier otra combinación de puntos resulta ineficiente, dentro de la curva, o imposible, fuera de ella.

Sin embargo, cuando trabajamos con clientes, son ellos quienes determinan el nivel mínimo de respuesta aceptable para el producto o servicio que se les ofrece. En el gráfico, esto está representado por la línea de trazos, lo que reduce la frontera de eficiencia al tramo de la curva A-B. Esto implica que la eficiencia que se puede obtener en el tramo B-C no sea aceptada por el mercado, convirtiéndola también en ineficiencia.

## Resultados y beneficios de la cadena de suministros

El diseño y la operación adecuados de la cadena de suministro introducen mejoras en la rentabilidad de los productos que deberán ser alcanzables en plazos acotados. Richard Thompson, especialista en *supply chain management* de Ernst & Young Consulting, define áreas clave de mejora para un correcto gerenciamiento de la cadena de suministro:

- Incremento de rentabilidad

El gerenciamiento adecuado de la cadena de abastecimiento se focaliza en la mejora de procesos con su consecuente reducción de costos operativos, que impactan directamente en la rentabilidad de los productos.

- Reducción del capital circulante

El proceso optimizado permite incrementar el índice de rotación del stock de productos, es decir que estos permanecerán menos tiempo inmovilizados en el almacén, con lo cual el ciclo del capital circulante es menor y, por consiguiente, se puede disminuir en monto.

- Optimización de los activos fijos

La optimización del proceso permite reducir los activos fijos, como, por ejemplo, determinar el número y el dimensionamiento adecuado de los almacenes o definir la tercerización de procesos no centrales. De esta manera, la disminución de los bienes de uso contribuye a mejorar la rentabilidad global de la empresa.

- Disminución del ciclo del producto

La optimización de los procesos incluye la disminución de los ciclos de compras y de venta y los plazos de entrega. Esto, sumado a las mejoras en la rotación de inventarios, nuevamente genera un incremento de rentabilidad.

# **Capítulo 2**

## **Proceso de abastecimiento**

# Proceso de abastecimiento

En el diseño del proceso de almacenes, se tomará como referencia el modelo conceptual de cadena de suministro (fig. 1.4). Siguiendo la filosofía de este modelo, se establecerán relaciones entre todos los procesos que intervienen directa o indirectamente. Este proceso forma parte del eslabón de abastecimiento dentro de la cadena e interactúa, en mayor o menor medida, con el resto de los eslabones.

## Gestión de abastecimientos

La gestión de abastecimientos es un proceso que involucra directamente a los siguientes eslabones de la cadena de suministro: proveedores, abastecimiento, distribución y clientes. De manera indirecta, también se relaciona con los procesos de ventas, comercialización y fabricación.

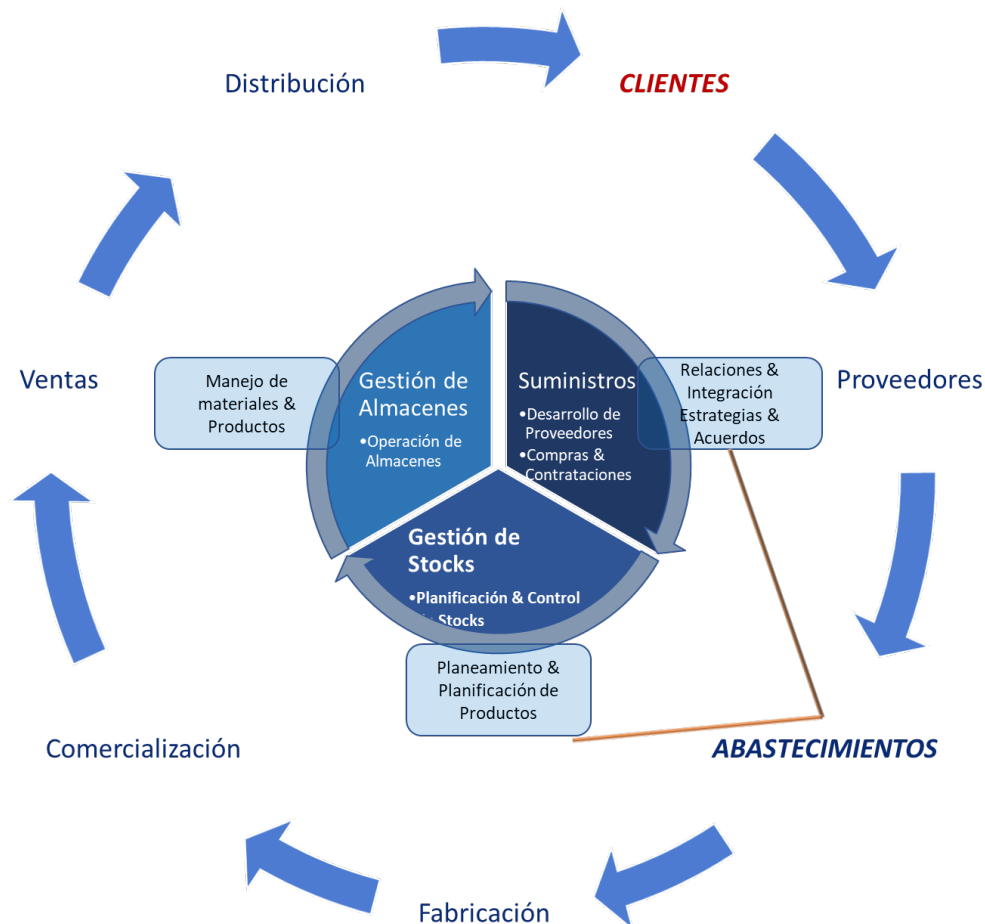


FIG.2.1 PROCESO DE ABASTECIMIENTO

La gestión de abastecimiento (fig. 2.1) comprende los procesos para gestionar los materiales y productos de un proyecto industrial o de servicios:

- ✓ Gestión de suministros
- ✓ Gestión de stocks
- ✓ Gestión de almacenes

## Gestión de suministros

El proceso de suministros consta de dos partes: una estratégica, que consiste en evaluar, seleccionar y establecer relaciones con los proveedores; y otra operativa, centrada en la gestión de compras y contrataciones necesarias para el funcionamiento normal del proyecto. La actividad estratégica de suministros, dentro de la gestión de abastecimiento en la cadena de suministro (*supply chain*), implica incorporar a los proveedores como nuevos socios de la organización. Esto significa establecer relaciones de colaboración que incluyan el intercambio de programas, conocimientos técnicos, información sensible y, en algunos casos, la asunción compartida de riesgos, con el objetivo de lograr una integración efectiva del proceso.

Sin embargo, debido a la cantidad, características e importancia de los proveedores, no es factible establecer asociaciones estratégicas con todos ellos, ya que esto demandaría esfuerzos y recursos desproporcionados. Por esta razón, es necesario segmentarlos en función de criterios como el costo, la importancia estratégica y los volúmenes de provisión.

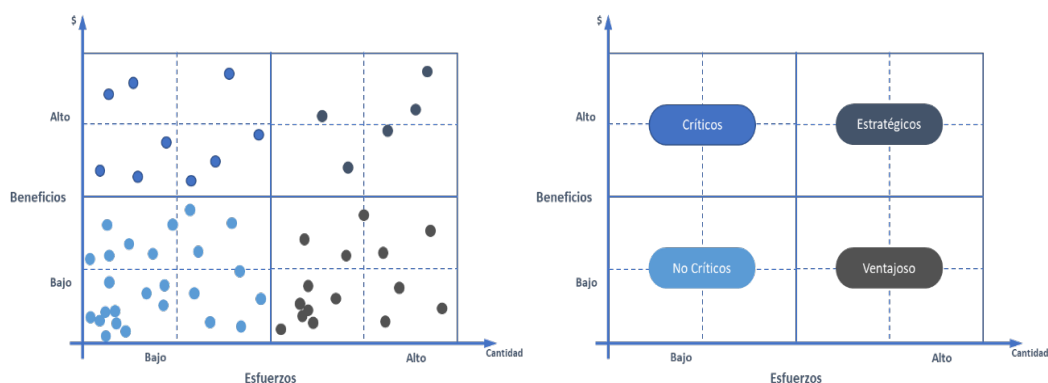


FIG.2.2 SEGMENTACIÓN DE PROVEEDORES

En la figura 2.2 se representan los cuatro segmentos característicos, definidos a partir de dos variables: la cantidad y el costo de los productos suministrados. Para cada uno de estos segmentos, la tabla 2.1 establece las estrategias y tipos de relación que deben desarrollarse con los proveedores.

El objetivo es fomentar relaciones constructivas y de colaboración que contribuyan a la reducción de costos, a la mejora del rendimiento operativo y al cumplimiento de los plazos establecidos.

	<b>Materiales</b>	<b>Estrategias</b>	<b>Relaciones</b>
<b>Proveedores no Críticos</b>	Bajo riesgo/costo	Transaccionales /automatizadas	Costo de cambio del proveedor o del producto no relevante
	Especificaciones estándar	Pedidos por el usuario	Contacto en función de la puntualidad de entrega
<b>Proveedores ventajosos</b>	Productos estandarizados adquiridos en grandes cantidades	Consolidación de volumen	A veces se realizan reuniones
	Riesgo bajo a moderado para la organización en caso de falta de suministro	Racionalización con reducción de los proveedores	Mejoras de las relaciones por medio de la racionalización de la base de suministro
<b>Proveedores críticos</b>	A menudo la demanda es mayor que la oferta	Mayor énfasis en las relaciones	Reuniones regulares, con acuerdos de largo plazo, 3-5 años
	Compras de bajo volumen	La seguridad del suministro es un tema clave	Formación de equipos guiados por compradores
<b>Proveedores estratégicos</b>	Aportan mayor valor representando la mayor parte del costo del producto	Alianzas o sociedades a largo plazo	Colaboración con riesgo y retribución compartidos
	Su falta de suministro tiene un impacto serio en la producción	Pocos proveedores con una cooperación estrecha	Alineamiento de los objetivos de negocios

TABLE 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS RELACIONES CON PROVEEDORES

Los rubros de materiales y servicios a manejar por el proceso de suministros dentro de un proyecto comprenden:

- ✓ Materiales productivos.
- ✓ Materias primas, semielaborados y piezas terminadas.
- ✓ Materiales MRO (mantenimiento, reparaciones y operaciones).  
Estos son los insumos para el mantenimiento, repuestos de máquinas, herramientas manuales, combustibles y lubricantes, EPP (elementos de protección personal), elementos de seguridad, materiales de ferretería, materiales para el cuidado del medio ambiente.
- ✓ Bienes de capital.
- ✓ Maquinarias, equipos e instalaciones para los procesos productivos.
- ✓ Insumos de administración.  
Implica insumos de oficina, software y hardware
- ✓ Servicios  
Energía, agua, comunicaciones, consultoría, mano de obra tercerizada, servicios de obra y otros. Dependiendo de cada organización, cada uno de los servicios se pueden clasificar en principales o generales.

## Proceso de almacenes

Llamamos proceso de almacenes a la gestión de stock y a la operación de almacenes. Aunque ambas actividades están claramente diferenciadas, constituyen el insumo principal para definir y dimensionar la localización física, el tipo de almacén, el diseño de las instalaciones, los sistemas de almacenaje y los sistemas de manejo de materiales.

### Gestión de stocks

En el diseño de la gestión de stock interviene la estrategia de producción del proyecto, ya que esta define la variedad y cantidad de productos a gestionar. Sin embargo, lo más relevante es el momento en que debe disponerse del producto. Estas metodologías impactan directamente en la planificación de la gestión de stock.

La utilización de modelos de simulación facilita la elaboración de programas de abastecimiento y distribución.

## Planificación de materiales

La función principal de la planificación de stock es garantizar la disponibilidad de productos en los puntos de producción o consumo, en la clase, cantidad y calidad especificadas, de manera que el proceso productivo o de servicios no se vea interrumpido.

Como se mencionó anteriormente, los métodos de producción son determinantes en esta planificación, siendo los sistemas *push* y *pull* los más utilizados.

El sistema *push* consiste en producir el bien antes de que se concrete la venta, lo que exige una alta precisión en la estimación de la demanda. Este enfoque requiere una mayor capacidad de almacenamiento, agilidad en la gestión de almacenes y el soporte de herramientas informáticas como el MRP (plan de requerimientos de materiales) y el SGA (sistema de gestión de almacenes).

Por su parte, el sistema *pull* ajusta la producción a la demanda real, es decir, se produce únicamente cuando la venta del producto ya ha sido concretada. Este modelo se basa en el concepto de *lean logistics*, cuyo objetivo es reducir los costos asociados a procesos que no generan valor dentro de la cadena de suministro. Aunque este enfoque reduce las necesidades de almacenamiento, exige una cadena de suministro altamente integrada y eficiente. Se apoya, además, en el sistema logístico *just in time*.

La elección entre uno u otro sistema depende, en general, de las características del producto y de su mercado. Por ejemplo, cuando la demanda es previsible y el valor del producto es relativamente bajo, se suele adoptar el sistema *push*. En cambio, para productos de alto costo o altamente personalizados, resulta más conveniente aplicar el sistema *pull*. Cabe destacar que, en ciertas industrias como la automotriz, es común la combinación de ambos enfoques.

## Planificación en función de la demanda

Los métodos de planificación de materiales se basan en dos variables:

- ✓ Certeza de la demanda: derivada de la precisión del plan de ventas;

- ✓ Tiempo de aprovisionamiento/producción: llamado también *lead time*, que comprende el tiempo de la gestión de compra o producción y el plazo de entrega del proveedor o propio.

El objetivo de esta planificación es mantener niveles óptimos de stock de materiales, insumos y productos, con el fin de evitar los costos de inmovilización.

Dado que no todos los materiales y productos tienen las mismas características de demanda y de gestión de reposición, no es posible contar con un modelo de planificación único. Por otro lado, no es práctico desarrollar un modelo de planificación para cada material involucrado en el proyecto, por lo que se recomienda estratificar según las variables que tengan mayor impacto en el abastecimiento.

En general, la estratificación de productos para la planificación se realiza en función de las variables de demanda y de *lead time*. En la figura 2.2 se muestran las dos variantes de planificación.

- Planificación por reposición continua:  
Baja/media incertidumbre de demanda y bajo/medio *lead time*.
- Planificación por stock estratégicos:  
Media alta/alta incertidumbre de demanda y medio/alto *lead time*.

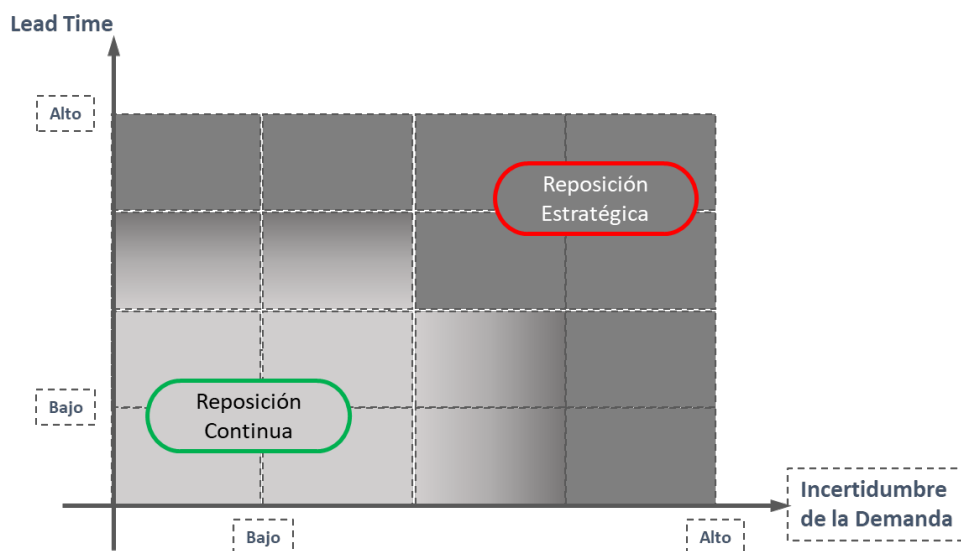


FIG.2.3 ESTRATIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE PLANIFICACIÓN

## Planificación por reposición continua

De acuerdo con las características definidas en la figura 2.3, se ubica la planificación por reposición continua. Básicamente, existen dos tipos de planificación, que dependen de la certidumbre de la demanda.

- Modelo determinista o abastecimiento por lote:  
Este modelo asume una demanda conocida y regular durante el período de tiempo considerado, con plazos de entrega conocidos y confiables. Como premisas para desarrollar el modelo, se establece que no se permiten quiebres de stock y que los costos son continuos.
- Modelo no determinista o demanda fluctuante  
En este modelo, la demanda no puede ser determinada con certidumbre o el grado de fluctuación es elevado. En estos casos, es necesario definir un stock de seguridad para garantizar que no se produzca un quiebre de stock debido a variaciones en la demanda.

## Método abastecimiento por lote

Este modelo se puede graficar de la siguiente forma.  $Q_0$  es el máximo stock almacenado.

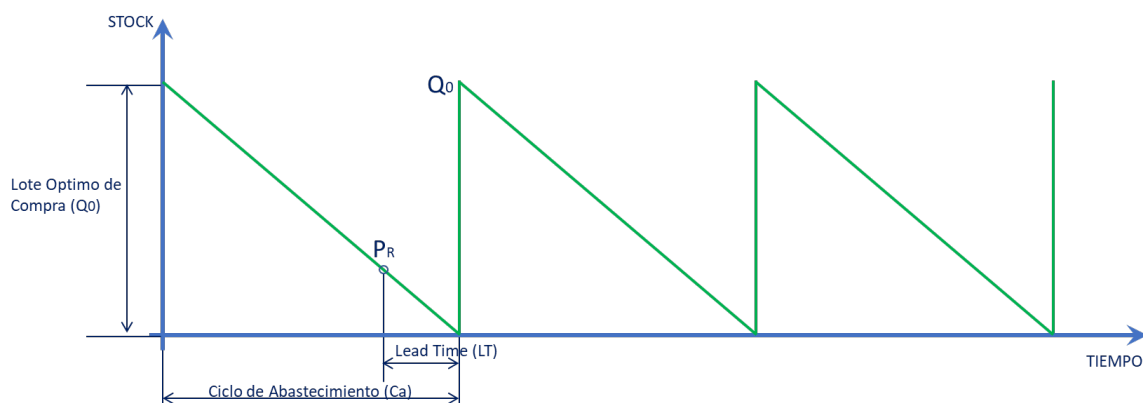


FIG. 2.4 ABASTECIMIENTO POR LOTE

Para la aplicación de este método se tomará un período de tiempo llamado horizonte de planificación, que usualmente es de un año.

La determinación de  $Q_0$  se hará en función de los costos de abastecimiento que implican:

- Costo unitario de almacenamiento anual (C1) que implica:
  - ✓ Capital inmovilizado y su costo financiero;
  - ✓ Costo de infraestructura de almacenaje (edificio, servicios y mano de obra);
  - ✓ Obsolescencia y deterioro del producto.
- Costo de pedido (C2) que implica:
  - ✓ Costo de colocar una orden de compra (mano de obra, servicios e infraestructura);
  - ✓ Costos logísticos.

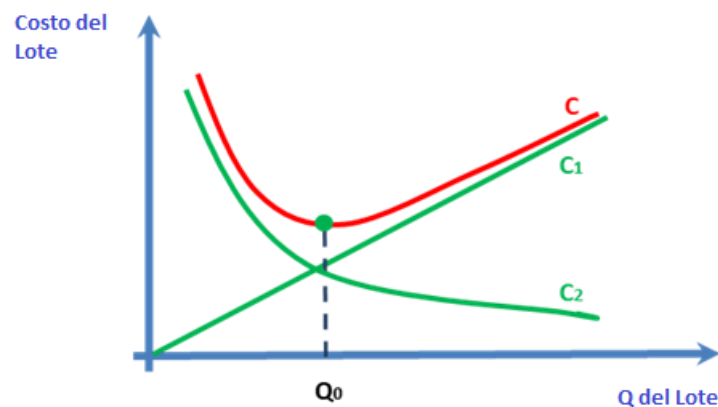


FIG. 2.5 COSTO TOTAL ASOCIADO AL TAMAÑO DE LOTE

En el gráfico de la figura 2.5, en el eje de ordenadas se representa la cantidad de unidades del lote y en el eje de abscisas, el costo correspondiente. Se observa que, a medida que aumenta el número de unidades del lote, el costo de almacenamiento (C1) incrementa, mientras que el costo de pedido (C2) disminuye por el mismo motivo. El objetivo del método es alcanzar el valor mínimo de la curva C, que resulta de la suma de los costos C1 y C2.

La determinación del lote óptimo de compra (Q0) se obtiene mediante la siguiente fórmula, donde Qt representa la cantidad total del período considerado.

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 * Q_t * C_2}{C_1}}$$

(Ec. 2.1)

El punto de reposición  $P_R$  se alcanzará cuando el stock llegue al número de unidades previstas para ser consumidas durante el período del *lead time*, como se muestra en la figura 2.4.

### Caso práctico N° 1

Un distribuidor de elementos de protección personal tiene una demanda anual estable y continua de 108.000 unidades de un protector auditivo endoaural con cordel. El *lead time* de entrega del fabricante oscila entre 10 días y el plazo de colocación del pedido de compra es de 1 día. Se debe determinar el lote óptimo de compra, para la gestión.

- ✓ Costo unitario del producto: 0,82 um
- ✓ Costo unitario anual de almacenamiento: 0,085 um
- ✓ Costo del pedido de compra: 84,84 um

Aplicando la Ec.2.1 tenemos:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 * 108.000 * 84,84}{0,905}}$$

$$Q_0 = 4.500$$

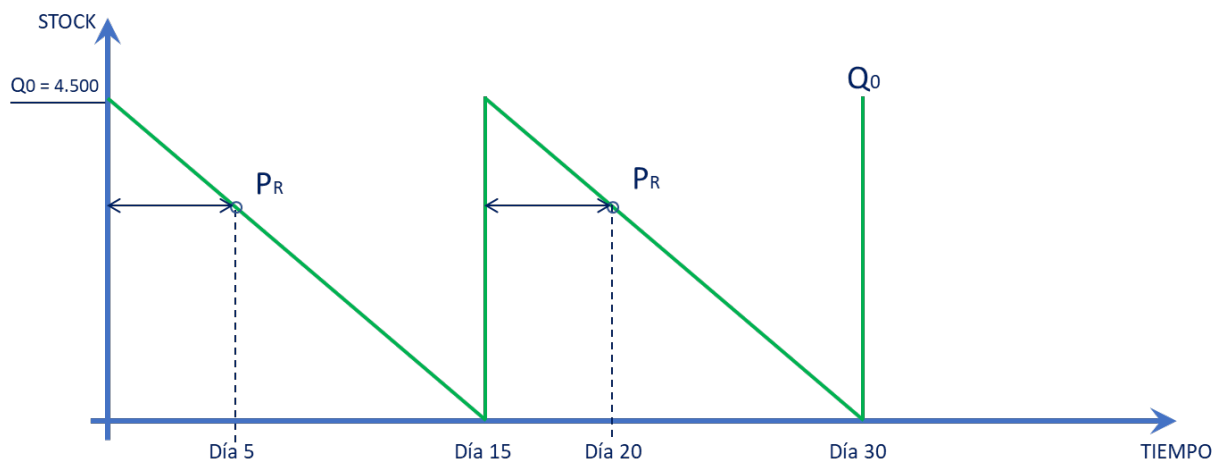


FIG. 2.6 PLANIFICACIÓN DETERMINÍSTICA – CASO PRÁCTICO 1

## Stock con demanda fluctuante

### Método de inventario permanente

El objetivo de la planificación es evitar los quiebres de stock en un escenario de fluctuación de demanda. Esto implica controlar el stock en forma continua y lanzar el pedido de compra con una cantidad  $Q_0$ , o sea el lote económico de compra, en el punto en el que stock alcanza la cantidad  $Q_p$  (punto de reaprovisionamiento).

El factor clave para el éxito del modelo es el control constante de los niveles de stock, lo que permite definir de manera precisa el punto de reaprovisionamiento.

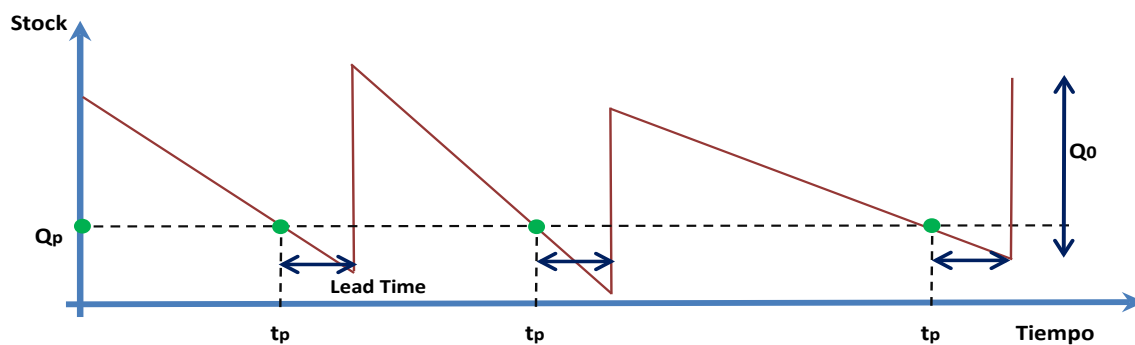


FIG.2.7 PROGRAMACIÓN DE DEMANDA FLUCTUANTE

La planificación para demanda fluctuante debe determinar los siguientes parámetros:

- ✓ La cantidad para pedir en cada reposición de stock
- ✓ El stock óptimo de seguridad
- ✓ El punto de pedido

En la figura 2.8 observamos el punto de quiebre, que es cuando el producto se agota en el ciclo de planificación, y lo representamos como  $Q_r$ , mientras que  $Q_s$  es el disponible durante el ciclo.

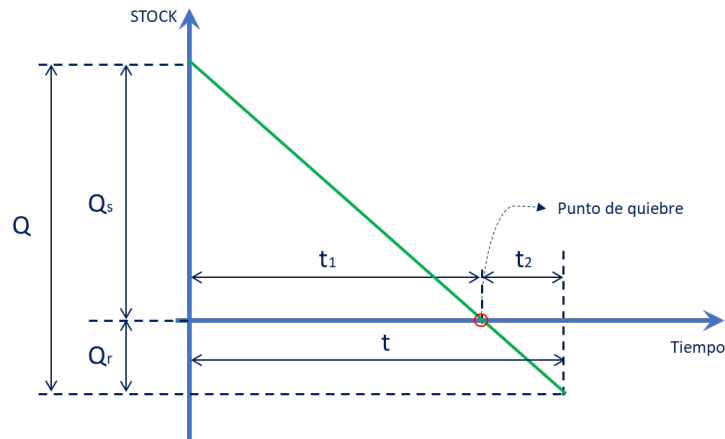


FIG. 2.8 DEMANDA CON QUIEBRE DE STOCK

El modelo buscará determinar el lote mínimo de Compra  $Q_0$ . Y nuevamente se hará a través del cálculo de costo mínimo, pero en este caso a los costos  $C_1$  y  $C_2$  se le deberá sumar el costo de quiebre de stock ( $C_3$ ) durante el período  $t_2$ .

La determinación del lote óptimo de compra  $Q_0$  estará dado por la siguiente fórmula:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Q_T C_2}{TC_1} * \frac{C_1 + C_3}{C_3}}$$

(Ec.2.2)

Para determinar el stock de seguridad en el modelo de inventario permanente, como se ve en la figura 2.9, este se puede dividir en dos partes:

- ✓ El stock desde el que llega el pedido de compra hasta el punto de reaprovisionamiento  $Q_1$ ;
- ✓ El stock desde el punto de reaprovisionamiento hasta que llega el pedido de compra  $Q_2$ .

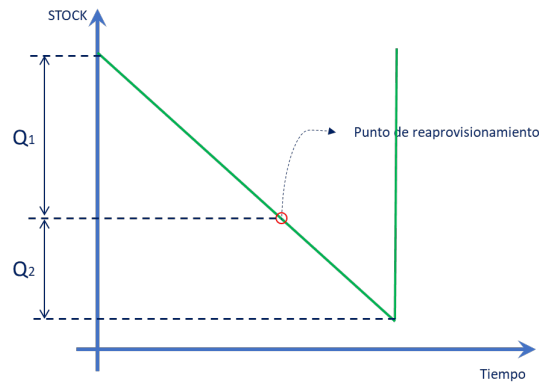


FIG. 2.9 STOCKS PARA DEMANDA FLUCTUANTE

El stock  $Q_2$  solo es posible determinarlo probabilísticamente y está dividido en dos partes: una es la demanda media esperada en este período; la otra es el stock de seguridad para evitar los quiebres.

$$Q_2 = D_m + Q_s$$

(Ec.2.3)

El stock de seguridad estará determinado por  $n$  veces el desvío estándar de la demanda del período de reaprovisionamiento. Al número  $n$  se lo conoce como la variable  $Z$  (en términos de estadística) y es el valor por calcular para definir el stock de seguridad  $Q_s$ .

En la optimización del valor  $Z$  intervienen el costo de mantenimiento del stock de seguridad y el costo de quiebre, cuyo valor viene dado por:

$$\Phi'_Z = \frac{C_s * p * \sigma * q}{Q * C_r}$$

(Ec.2.4)

La tabla de distribución normal  $\Phi_Z$  tiene asociados los valores de  $\Phi_Z$ ,  $\Phi'_Z$  y  $Z$ , por lo que con el valor obtenido en la Ec.2.4 se obtiene el valor de  $Z$ .

Siendo el stock de seguridad:

$$Q_s = Z * \sigma$$

(Ec.2.5)

El punto de pedido es cuando se llega al stock de reaprovisionamiento determinado como  $Q_2$ , por lo tanto, este será el calculado mediante la Ec.2.3

## Stocks de seguridad

Los planes de ventas pueden verse afectados por condiciones externas fuera del control de los procesos de la empresa. Si las ventas aumentan, los stocks se consumirán más rápidamente de lo previsto, lo que provocará un quiebre en el sistema productivo y de ventas. Por otro lado, la demora en la entrega de materiales e insumos por parte de los proveedores, más allá del plazo establecido, provocará la falta de estos productos en el proceso productivo.

La mitigación de los riesgos provocados por los imprevistos mencionados se lleva a cabo mediante el uso del stock de seguridad, que es una reserva de materiales y productos destinada a garantizar la continuidad del sistema productivo y de ventas durante un período de tiempo determinado.

Como hemos descrito, el stock de seguridad implica la inmovilización de una cantidad específica de materiales como contingencia ante los factores mencionados. Esto conlleva el mantenimiento del capital inmovilizado, lo que genera un costo asociado al almacenamiento de los productos.

La definición de los volúmenes del stock de seguridad para cada material o producto depende del tiempo de cobertura necesario para mitigar las demoras en el abastecimiento o los incrementos en la demanda. Para ello, se deben considerar varios factores, tales como:

- ✓ Impacto de nivel de servicio del quiebre de stock
- ✓ Impacto económico del quiebre de stock
- ✓ Variaciones de los *leads time* de los proveedores
- ✓ Variaciones de los planes de ventas
- ✓ Costo unitario del producto

Finalmente, el nivel del stock de seguridad resultará de un análisis de una matriz de riesgo donde se evalúa la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los factores expuestos.

## Planificación de stocks estratégicos

Cuando nos enfrentamos a materiales cuya demanda presenta un alto grado de incertidumbre y el lead time correspondiente es elevado, tanto en términos de compra como de entrega, la estrategia de aprovisionamiento no puede limitarse a los modelos de planificación masiva. En este caso, el enfoque adecuado es un tanto más complejo. La primera acción para gestionar estos materiales es definir su criticidad en el proceso productivo, a lo que debemos añadir las siguientes consideraciones:

- ✓ El costo del material, por sus implicancias en el capital circulante inmovilizado;
- ✓ La disponibilidad del material en el mercado;
- ✓ Gestión con los proveedores de manera de lograr confiabilidad para los acuerdos estratégicos de abastecimiento;
- ✓ *Lead time* de los proveedores.

Los modelos de pronósticos de demanda fluctuante son de una gran ayuda, pero cuando nos enfrentamos a una alta variabilidad de la demanda, nos encontramos con desvíos medios considerables que hacen que estos tengan un rendimiento menor a lo esperados en términos económicos de administración de materiales.

Estas situaciones requieren de acompañar dichos modelos de pronósticos con metodologías de aprovisionamiento no convencionales, de manera de complementar la demanda del material de manera económicamente eficiente.

En general, una metodología efectiva para el aprovisionamiento de estos materiales es establecer un acuerdo estratégico con un proveedor, con quien se pueden definir condiciones de compra y entrega prioritaria, con el objetivo de lograr resultados eficientes en la gestión de los mismos.

Una variante de estos acuerdos estratégicos son los contratos en consignación, en los cuales el proveedor pone a disposición un stock determinado y solo se paga por el material cuando es consumido. En este tipo de acuerdo, al asegurar la compra al proveedor, se comparten los costos financieros asociados al abastecimiento de la demanda.

## Gestión de operación de almacenes

Esta gestión debe llevar a cabo actividades de recepción, almacenaje y despacho de los productos en una planta industrial, desarrollando de manera óptima los flujos físicos y de información asociada de los productos. Además, es responsable de una óptima selección y operación de los sistemas de almacenamiento y manejo de materiales.

Este proceso se lleva a cabo mediante cinco actividades principales, que corresponden a las áreas funcionales en las que se divide un almacén. Estas áreas gestionan el flujo físico de los materiales y procesan la información asociada para su control.

El diseño del proceso de almacenes debe vincular las actividades principales con los espacios físicos y el flujo de los productos, tanto para la fabricación como para los productos terminados, de manera que las tareas inherentes sean lo más seguras y eficientes posibles.

Las actividades principales del proceso son:

- Recepción
- Almacenamiento
- Preparación de pedidos (*picking*)
- Despacho
- Logística inversa/servicios al cliente (reclamos)

El proceso de almacenes forma parte del eslabón de abastecimiento de la cadena de suministros (figura 2.1), que no solo se gestiona de manera integrada internamente, sino que también debe estar conectado con los proveedores y clientes.

En las nuevas modalidades de comercialización, como las plataformas B2B, P2B y B2C, las demandas en cuanto a niveles de satisfacción de los clientes y la diferenciación en los servicios han implicado un aumento en la velocidad de respuesta y la precisión en el completamiento de los pedidos. Esto ha convertido en objetivos clave de la gestión de preparación de pedidos conceptos como "entrega inmediata", "cero faltante" y "cero errores".

El logro de estos objetivos solo podrá alcanzarse mediante un diseño óptimo del proceso y un sistema de gestión de almacenes (SGA) adecuado, que integre la actividad de almacenes con los requerimientos de los clientes.

El sistema SGA maneja la distribución de las referencias dentro del almacén, asegurando el control de la operación, minimizando errores y pérdidas de inventario. A su vez, permite que cada operario gestione su tarea mediante un dispositivo portátil (*hand helds*) en tiempo real. El SGA recibe la información del sistema central de la empresa, el ERP, mediante interfaces. Del ERP, obtiene las órdenes de compra para la recepción de los productos necesarios para la producción y las notas de ventas para la preparación de los pedidos a los clientes.

Con la información de las órdenes de compra, el SGA permite al área de recepción controlar los productos recibidos. Una vez aprobado su ingreso, el mismo sistema asigna las posiciones de almacenamiento. En la preparación de los pedidos a clientes, el SGA determina las prioridades de salida según las notas de venta, crea las rutas de recolección de manera eficiente y genera la información necesaria para la documentación de despacho de los productos. Todas las transacciones realizadas en el SGA son transmitidas, a través de la misma interfaz, al ERP en tiempo real, de manera que la planificación de compras y ventas se mantenga actualizada. Las funcionalidades de todo SGA responden a los siguientes parámetros:

- Operativos
  - ✓ Recepción de materiales
  - ✓ Reposición de *picking*
  - ✓ Preparación de pedidos
  - ✓ Despacho de órdenes
- De control
  - ✓ Gerenciamiento de las actividades
  - ✓ Administración de la rotación
  - ✓ Trazabilidad
  - ✓ Inventarios cíclicos
- Mediciones y reportes
  - ✓ Medición de indicadores operativos
  - ✓ Productividad
  - ✓ Reportes de gestión

## Flujo físico

El flujo físico corresponde al manejo de los materiales en sus unidades de carga y constituye el eje central del proceso de operación de almacenes. En la figura 2.10 se observa que todo flujo físico está acompañado por información en tiempo real, lo que facilita el control y la planificación del stock, optimizando así el funcionamiento del resto de la cadena de suministros. La falta de control puede derivar en quiebres de stock, lo que genera caídas en el nivel de servicio tanto a clientes externos como internos.

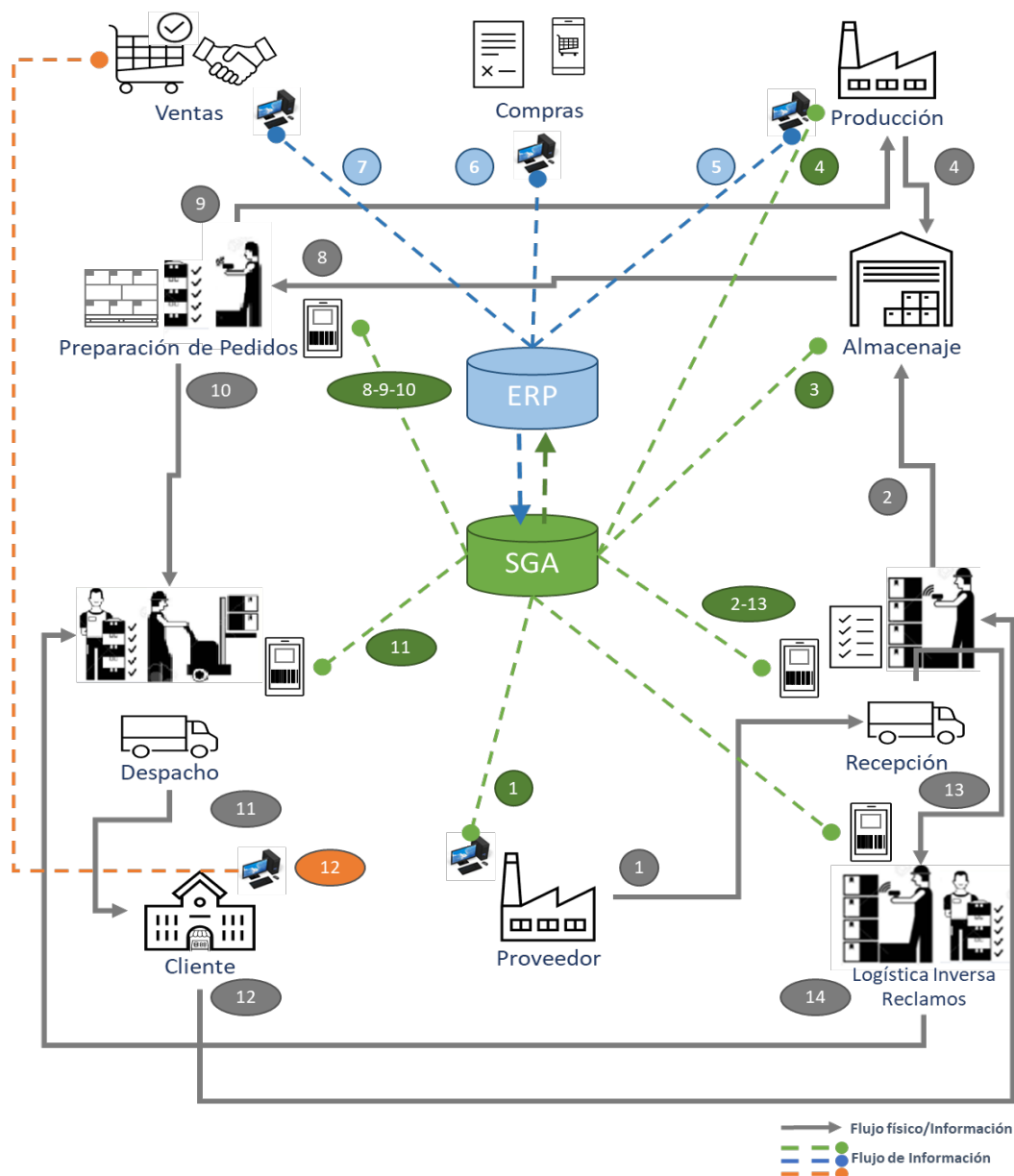


FIG. 2.10 FLUJO FÍSICO Y DE INFORMACIÓN DEL PROCESO DE ALMACENES

Ref.	Origen	Flujo Físico	Flujo de Información
1	Proveedor	Materiales Materias Primas Insumos	Aviso de Entrega Lista de Empaque Remito
2	Recepción		Ingreso de los materiales a stock de libre disponibilidad OK de mercadería para el pago
3	Almacenaje	-----	Estado de Stock en tiempo real
4	Producción	Semielaborados Producto para la venta	Ingreso de los productos a stock de libre disponibilidad
5	Producción	-----	Pedido de materiales para producción
6	Compras	-----	MRP Pedidos de Compra
7	Ventas	-----	Pedido de venta Reclamo del cliente
8	Preparación de pedidos [Recolección]	Materiales Materias primas Insumos Semielaborados Productos para la venta	Salida a consumo por producción o venta
9		Materiales Materias primas Semielaborados Insumos	Cancelación del pedido de materiales para producción
10		Productos para la venta	Cancelación del pedido de productos para la venta Orden de entrega
11	Despacho	Productos para la venta Reposición de reclamos	Aviso de entrega Lista de empaque Remito
12	Cliente	Producto reclamado	Pedido de compra Reclamo
13	Recepción	Producto en reclamo	Ingreso al sistema de reclamos Orden de reclamo
14	Logística inversa - Reclamos	Producto con reclamo solucionado	Resolución de reclamo Orden de entrega

TABLA 2.2 FLUJOS FÍSICOS Y DE INFORMACIÓN

El dimensionamiento de los espacios de cada sector del almacén debe estar vinculado al diseño del proceso de almacenes, al flujo de los productos y a los equipos utilizados para su manejo, con el fin de lograr un orden en la circulación y evitar congestiones.

Para analizar los flujos en el proceso de almacenes, es necesario definir los tipos de unidades de carga que se utilizarán para el manejo de los productos, ya que el tiempo, la mano de obra y los equipos requeridos para manipular un pallet con 25 cajas es significativamente menor que el necesario para manipular cada caja en forma individual. En el capítulo 3 se abordará en detalle la selección de las unidades de carga.

Analizando la figura 2.10 en función del origen de los flujos de productos, podemos agruparlos en las siguientes categorías dentro del proceso, con el objetivo de optimizar su manejo:

- Flujo de llegada [1 – 4 – 12]

Estos flujos pueden tener origen externo a la planta, es decir, provenir de proveedores y clientes, o ser internos, generados desde el área de producción.

En el primer caso, la coordinación presenta ciertas restricciones y depende de los acuerdos que se puedan establecer con los proveedores para evitar congestiones y demoras en las operaciones. En cuanto a los flujos generados por los clientes, en general deberían tener poca incidencia en el proceso. Según las buenas prácticas en gestión de almacenes, los valores de logística inversa no deberían superar el 2,4 % de los pedidos despachados. Además, la coordinación con estos clientes suele ser limitada, ya que se trata principalmente de la gestión de reclamos.

Por otro lado, los flujos internos provenientes de producción son totalmente programables y, por lo general, se realizan durante los horarios de menor actividad del flujo externo.

- Flujos en la preparación de pedidos [8 – 9 – 10]

Vienen dados por la conformación de los pedidos y el número de estos. Es decir, los factores que generan estos flujos son:

- ✓ Número de pedidos por unidad de tiempo a procesar
- ✓ Número de ítems diferentes por pedido

- ✓ Cantidades por ítems de pedido
- ✓ Tipo de presentación del producto del ítem, envase/embalaje
- ✓ Consolidación del pedido

En general, esta actividad es la que mayores recursos demanda y generalmente es crítica de cara al cliente y producción. Tiende a manejarse de manera más independiente del resto del proceso.

- Flujos internos del almacén [2 – 13 – 14]

Los podemos clasificar en dos tipos: los derivados del estibado de los productos provenientes de recepción y producción; y los generados por la atención de reclamos de clientes. La actividad interna del almacén se trata de hacer fuera de los horarios pico del manejo de flujos de origen o con destino externo.

- Flujos de salida [11]

Al igual que en el caso de los entrantes, la programación es relativa, ya que depende de las restricciones de los transportistas y clientes. Pero, como siempre, dependiendo de los volúmenes se deberá realizar acuerdos de manera de optimizar el conjunto del proceso del almacén.

El diseño y dimensionamiento del almacén, junto con la selección de los equipos de movimiento de materiales, condicionarán todos los flujos físicos que se realicen en su interior. Por lo tanto, estas tareas de diseño y selección deben abordarse de forma paralela para maximizar la eficiencia de todo el proceso.

En la figura 2.11 se presenta un modelo balanceado convencional de los flujos del proceso de almacenes, diseñado para dos turnos de operación de ocho horas cada uno.

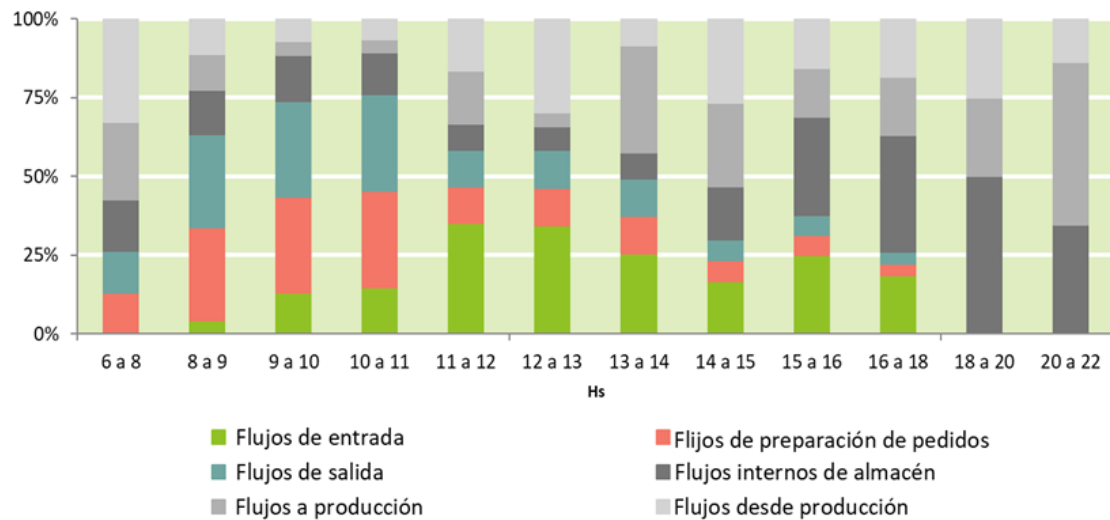


FIG. 2.11 FLUJOS DEL PROCESO DE ALMACENES

Todas las referencias que se gestionan dentro del almacén deben ser consideradas en el estudio de los flujos físicos y del espacio necesario durante la etapa de diseño. En particular, para el análisis se toma en cuenta el conjunto compuesto por el producto, la unidad de carga logística y las cantidades que ingresan o egresan del proceso, ya que este conjunto determinará el volumen cúbico requerido, los sistemas de almacenamiento y los equipos de manejo de materiales a utilizar.

Generalmente, los almacenes albergan una gran cantidad de referencias, por lo que es recomendable aplicar el “análisis de Pareto”, dado que, como regla general, el 80 % de los movimientos y del espacio ocupado corresponde al 20 % de los productos.

A menudo, las referencias identificadas en el Pareto por volumen almacenado no coinciden con las del Pareto por flujos, por lo que ambos deben combinarse en el análisis de dimensionamiento del almacén. En los gráficos de Pareto de la figura 2.12 puede observarse que, en general, las referencias se distribuyen en diferentes categorías. Por ejemplo, la Referencia\_3 es la de mayor flujo en el Pareto de movimientos de entrada/salida, mientras que, en cuanto a volumen de stock, se encuentra clasificada como nivel C.

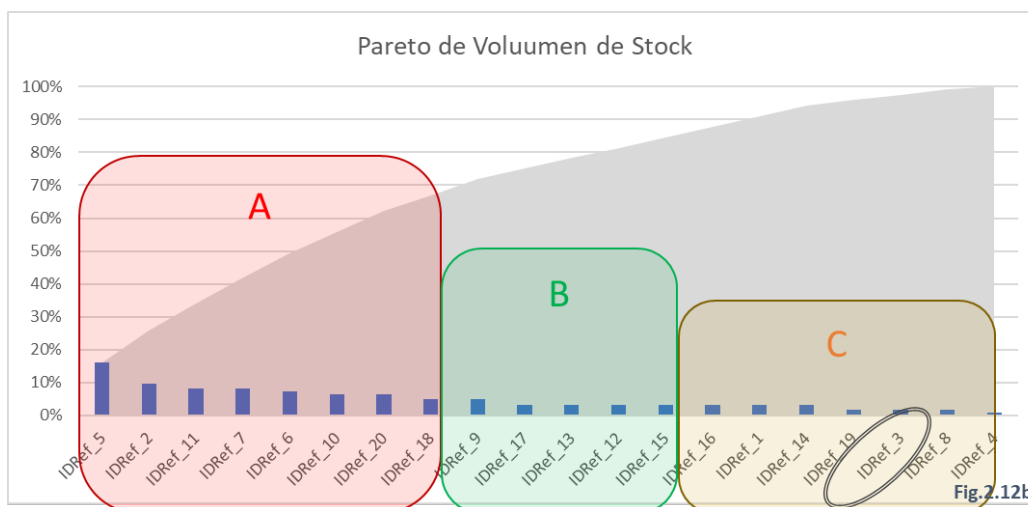
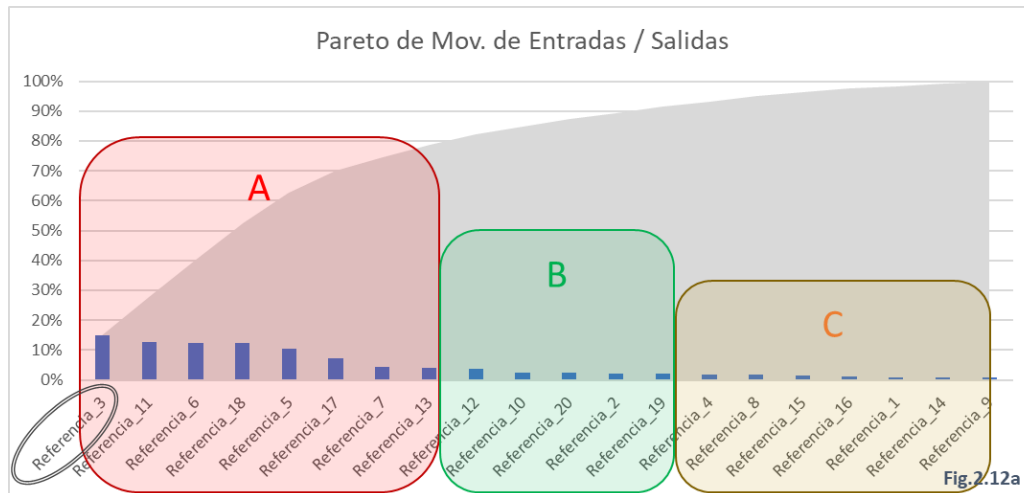


FIG. 2.12 PARETO DE FLUJOS Y VOLUMEN POR REFERENCIAS EN EL ALMACENES

## Recepción de almacenes

Es la actividad mediante la cual se controlan y registran todos los materiales que ingresan al almacén, ya sea provenientes de los proveedores o del área de producción, cada uno con distintos niveles de control. Además, este ingreso se registra en el sistema de gestión para permitir los controles logísticos, contables, de producción y ventas.

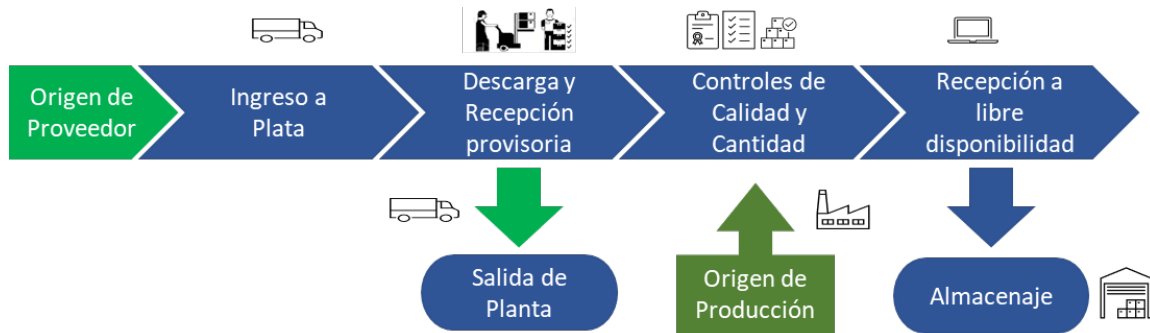


FIG. 2.13 TAREAS DE RECEPCIÓN EN ALMACENES

- Ingreso a planta

Las tareas que debe realizar la función de recepción de almacenes ante el ingreso a planta de transportistas con materiales de proveedores incluyen programar, dirigir y ordenar la entrada y salida de los camiones al área de descarga. La actividad comienza con el envío, al área de control de ingresos a planta, de la información de los transportistas con avisos de recepción autorizados para el día.

Previamente, se deben clasificar y programar todos los avisos de recepción recibidos, en función del volumen de mercadería y del tamaño de los bultos a descargar, definiendo en cada caso el muelle de recepción asignado a cada transportista. Cuando las cargas presentan pesos o dimensiones extraordinarias, puede que se requieran equipos especiales para su manejo que no estén disponibles en el almacén o en la planta. En esos casos, será necesario programar y coordinar la contratación temporal de dichos equipos.

La falta de previsión en esta actividad puede generar congestión en el tráfico de ingreso, permanencia y salida de la planta, con las consecuentes demoras en la recepción y entrega de materiales y productos.

- Descarga y recepción provisoria

Cuando el vehículo del transportista arriba al muelle de descarga correspondiente es recibido por el personal de recepción, quien controlará:

- ✓ La documentación correspondiente a la entrega
  - ↪ Lista de embarque donde constan los datos del proveedor, transportista, cantidad de bultos y números de precintos de seguridad.
  - ↪ Pedido de compra para la referencia
  - ↪ Remito de entrega de la mercadería
  - ↪ Certificados y/o informes de calidad
- ✓ El Estado de la mercadería
  - ↪ Verificación de los precintos y apertura de estos en presencia del transportista
  - ↪ Estado de los embalajes

En función de lo verificado, se acepta o rechaza el envío. De aceptarse, se descarga la mercadería y se da la recepción provisoria de esta. Para finalizar con la tarea se le entrega la documentación de recepción provisoria al transportista, juntamente con la orden de salida de planta. La mercadería recibida es transportada al área de Control de Recepción.

- Controles de calidad y cantidad

Esta tarea comprende abrir, separar, revisar y contar/pesar el material recibido, controlar la documentación de calidad, hacer las mediciones y ensayos correspondientes.

En primera instancia, se verifica que las cantidades indicadas en el remito de entrega se correspondan con las unidades físicas recibidas. De no corresponderse, se pasa a reclamo de recepción. Cuando las cantidades son correctas se continúa con el control de calidad de recepción.

Para agilizar los procesos, siempre que sea posible, los controles de calidad de los materiales deben hacerse en el proveedor, quedando al Control de Calidad de Recepción el análisis y proceso de los certificados de calidad.

- Recepción a libre disponibilidad

Esta tarea tiene dos variantes:

- ✓ Productos de acuerdo con lo solicitado, tanto en cantidad como en calidad: se genera la tarea de dar el ingreso

definitivo de los productos al almacén de libre disponibilidad, trasladar estos a las posiciones de almacenamiento asignadas por el SGA y aprobar el ingreso para el inicio de la gestión de pagos;

- ✓ Productos sobrantes o faltantes respecto a la documentación recibida, productos deteriorados con fallas de calidad: se inicia la gestión de reclamos comunicándole la situación al proveedor para su resolución, no se autoriza el inicio de la gestión de pagos y los productos se ingresan al stock de material observado, cuya ubicación está separada de los productos de libre disponibilidad.

La secuencia lógica del flujo de materiales va desde la recepción al almacenamiento, y luego a producción. Sin embargo, en muchos casos, debido a características particulares de los materiales —como su tamaño o peso— o por requerimientos específicos de los programas de producción, estos pueden ir directamente al proceso productivo desde la recepción. Por lo tanto, esta posibilidad debe contemplarse en el diseño del proceso.

Otra alternativa que debe considerarse en el diseño de la actividad de recepción es la recepción anticipada en la planta del proveedor. En este caso, al llegar el material al destino final, solo se registra su ingreso al stock de libre disponibilidad.

### **Buenas prácticas para la recepción de materiales**

Toda buena práctica es el resultado de experiencias compartidas en los procesos de gestión de diversas industrias, que permiten optimizar las actividades y mejorar la productividad. Podemos mencionar:

- ✓ La comunicación anticipada de la entrega, que permite organizar y programar el tráfico dentro de la planta y el flujo de los materiales y tareas dentro del almacén.
- ✓ La utilización de espacios destinados a los materiales en conflicto (calidad, cantidad, diferencias) para que no queden en el área de control generando congestión o en pasillos dificultando la circulación, con el riesgo de seguridad asociado.

- ✓ La clasificación de los materiales para el transporte según la ubicación asignada en el almacén, de manera de optimizar los recorridos para cumplimentar esta tarea.
- ✓ El no procesamiento de materiales en las plataformas de descarga, ya que implica riesgos de seguridad y demoras para las siguientes recepciones.
- ✓ Dentro de lo posible, la combinación de las recepciones con los despachos a producción, de manera de minimizar el uso de los equipos de manejo de materiales.
- ✓ El procesamiento del material recepcionado en el día dentro del mismo día, ya que posponerlo impide tener los stocks en tiempo real.
- ✓ La identificación clara del material en conflicto para evitar confusiones en su ubicación.
- ✓ La minimización o eliminación del manejo manual de cargas.

## Almacenaje

La actividad de almacenaje no solo brinda soporte para satisfacer las necesidades del cliente y el proceso productivo, sino que también implica una gestión eficiente del tiempo, al evitar demoras en la entrada de materiales y productos al sistema productivo o en su salida hacia el consumo. Además, incluye la función de protección física de estos materiales.

Para lograr un almacenaje eficiente, es fundamental clasificar los materiales y productos de manera que se optimice el uso del espacio, se minimice el manejo, se preserve la integridad de los productos y se maximice la seguridad. Los sistemas de gestión de almacenes (SGA) son herramientas clave para alcanzar un almacenamiento óptimo.

- Optimizar espacios

Implica definir en primera instancia si los materiales se pueden almacenar con o sin cobertura. Por otro lado, se recomienda evitar la subutilización de los espacios cúbicos, es decir, colocar unidades de carga en lugares de un volumen mayor al necesario.

- Minimizar el manejo

La distribución dentro del local de almacenamiento deberá hacerse por el ABC de rotación de los productos y materiales. Otro tipo de distribución es agrupar los materiales por similitud de uso o de venta, de manera de facilitar también la preparación de pedidos.

- Preservar la integridad

Los materiales perecederos deben tener especial locación dentro del almacén, no solo por si requieren acondicionamiento controlado, sino por la identificación y facilidad de acceso.

El sistema de almacenamiento debe garantizar la seguridad patrimonial de los productos, lo que implica que debe minimizar los riesgos de pérdida y deterioro de estos.

- Maximizar la seguridad

Los materiales pesados y voluminosos deberán tener fácil acceso de los equipos de manejo y la mano de obra, permitiendo que las maniobras se realicen con la máxima seguridad

## Preparación de pedidos

La preparación de pedidos o *picking* es la actividad por la cual se recolectan y embalan los productos para la salida de los almacenes, esto incluye las tareas de extracción, acondicionamiento y embalaje de los productos para los clientes externos e internos. La tarea se inicia en el SGA a través de las órdenes de pedido de producción o de las notas de venta.

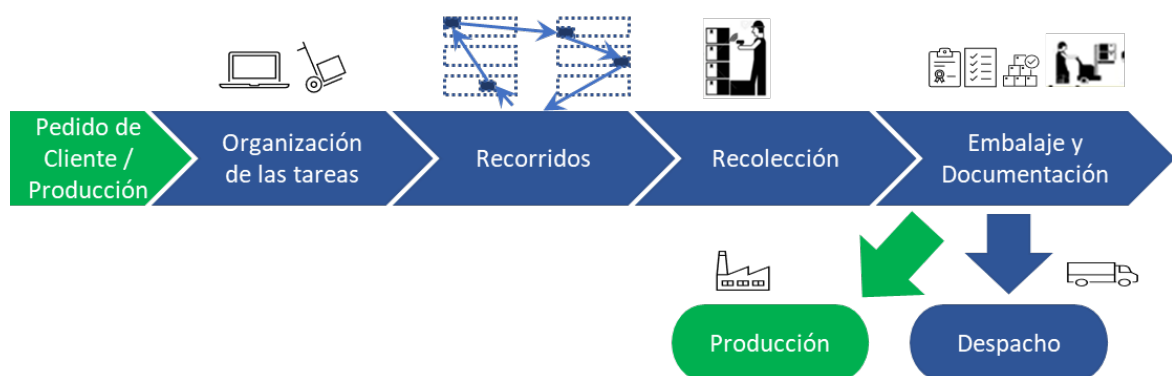


FIG. 2.14 TAREAS DE PREPARACIÓN DE PEDIDOS

- Organización de tareas

El SGA recibe la información del sistema MRP, incluyendo las órdenes de producción y las notas de venta, y las clasifica según el orden de prioridad de entrega y la disponibilidad de los productos. Posteriormente, se generan las órdenes de recolección, especificando el recorrido y el orden de *pickeo*.

- Recorridos

El operario de recolección recibe las órdenes a él asignadas en su dispositivo de recolección *hand held* y prepara los equipos de manejo de materiales y recolección del pedido como carretillas, carros, pallets, cajas, etc., teniendo en cuenta el volumen y cantidad de los productos de cada pedido a preparar.

- Recolección

Con el equipo de manejo de materiales seleccionado, el operador:

- ✓ Comienza el recorrido, llegando hasta el punto de ubicación del primer producto de la orden.
- ✓ Hace el posicionamiento en altura; lee con el dispositivo de lectura el código de la posición de manera de cargar en el SGA la transacción; realiza la extracción, el recuento de la cantidad necesaria; ubica los productos sobre el elemento de transporte interno.
- ✓ Confirma la extracción del ítem de la orden.
- ✓ Consulta en el SGA la siguiente ubicación y producto a recolectar, hasta completar la orden de recolección.
- ✓ Confirma la finalización de la orden, para que los stocks se actualicen en tiempo real.
- ✓ Lleva la orden finalizada al área de embalaje.

- Embalaje y documentación

Si los materiales corresponden a una orden de producción, no requieren embalaje y, generalmente, se mantienen en los mismos elementos de transporte utilizados durante el *pickeo*. En estos casos, la documentación generada es un *packing list* asociado a la orden de producción.

Para los productos correspondientes a un pedido de cliente, se preparan con el embalaje adecuado, se precintan, pesan y etiquetan. Además, se emite la documentación necesaria para el despacho, incluyendo los remitos de entrega y el *packing list* para el transportista.

Una vez finalizada esta tarea, los productos embalados deben trasladarse a las áreas de despacho o producción. Dependiendo de la organización y el volumen de productos, esta tarea puede ser realizada por personal de embalaje, despacho o almacén, asignado específicamente para ello.

Las tareas de mayor duración son los recorridos y la extracción, que se realizan en simultaneo, ya que, si bien el SGA ha bajado los tiempos considerablemente, en un alto porcentaje de almacenes se realizan de forma manual.

En la figura 2.15 se muestra una distribución relativa promedio de los tiempos de cada una de las tareas de preparación de pedidos tomadas en promedio en distintas industrias de productos de consumo masivo.

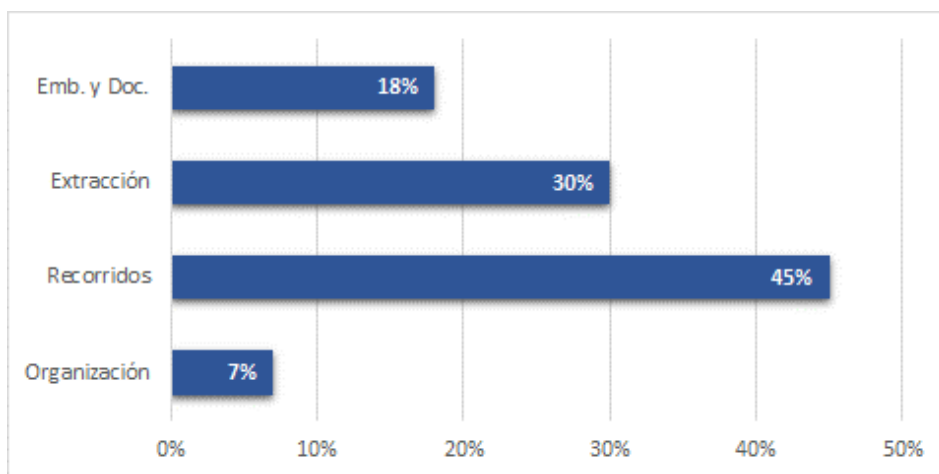


FIG. 2.15 DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE TIEMPOS DE LAS TAREAS

## Sistemas para la extracción de productos

El flujo de materiales y la mano de obra durante las tareas de extracción representan, en general, tres cuartas partes del tiempo total de la actividad de *picking*, como se muestra en el gráfico de la figura 2.15.

En consecuencia, se han explorado diversas formas de reducir los tiempos en estas tareas, lo cual es posible mediante la introducción de la automatización en los sistemas de almacenes. Actualmente, existen tres tipos de procesos para la recolección de pedidos:

- Flujo hombre-producto:

Es un sistema manual, en el que el operario es el que se mueve por todo el almacén hacia cada referencia que deba recoger para preparar el pedido.

Dependiendo del tipo y volumen de los productos y los sistemas de almacenamiento, se puede hacer el *picking* a nivel de suelo, en estanterías para pallet, en cuyo caso se deberá utilizar un equipo para el movimiento, o en estanterías de pequeñas piezas donde la extracción se hace en forma manual. El *picking* en altura se realiza en distintos niveles de estanterías y se necesita siempre un apilador.

Flujo producto-hombre:

El operario permanece en el puesto de *picking* y es un dispositivo o una máquina quien le lleva la referencia para preparar el pedido. Estos son almacenes verticales, carruseles o automáticos.

- Flujo mixto:

En un depósito se pueden instalar sistemas de almacenaje combinados con principios de funcionamiento diferentes, cada uno para un tipo de familias producto concreto.

## Métodos de recolección de pedidos

Independientemente de que la actividad de preparación de pedidos sea programada en forma manual o mediante un SGA, la extracción de los productos se realiza mediante tres métodos básicos:

- Extracción por cada pedido

A cada operador se le asigna un único pedido debiendo completar todas las líneas de este para recibir otra asignación. Las referencias son colocadas directamente en el embalaje para el despacho, evitándose la clasificación por pedidos al momento del embalaje. La

mayor ventaja de este método radica en la exactitud del completamiento del pedido.

- Extracción por referencias

A cada operador se le asignan varios pedidos, con un gran número de referencias comunes. La extracción de cada referencia se realiza para todos los pedidos y la clasificación para cada uno de estos puede hacerse directamente in situ o en a la zona embalaje. Un factor determinante para tener en cuenta en este método es el volumen cúbico que generarán el conjunto de pedidos del lote de preparación.

Este método aumenta significativamente la productividad, pero también generará más controles en la clasificación para asegurar la calidad del completamiento del pedido.

- Extracción por zonas

El almacén se organiza en zonas de *pickeo*, y cada operador se encarga exclusivamente de la extracción de las referencias almacenadas en su zona asignada. La recolección de los pedidos se realiza en grupos, siguiendo un proceso secuencial: primero se completa el grupo de pedidos en una zona, luego se pasa a la siguiente hasta completar la totalidad del pedido. Como alternativa, la recolección puede llevarse a cabo de manera simultánea en todas las zonas del almacén.

Este método ofrece la ventaja de reducir el tráfico y la congestión dentro del almacén gracias a la operación zonificada. Sin embargo, puede generar mayor congestión de referencias en la zona de consolidación y embalaje.

## Buenas prácticas para la preparación de pedidos

La eficiencia en la preparación de pedidos es crucial para alcanzar los niveles de servicio exigidos por los clientes, lo que convierte esta actividad en un área clave de atención en la mejora de procesos, inversión en sistemas de gestión e infraestructura, no solo en el ámbito de los almacenes, sino en toda la cadena de suministros.

Al realizar el análisis de costos del proceso de almacenes, se observa que la actividad de preparación de pedidos es la más costosa. Según estudios realizados en diferentes procesos de almacenes a principios de los años 2000, esta actividad genera un costo considerablemente mayor que el resto de las operaciones del proceso, como se puede ver en la figura 2.16.

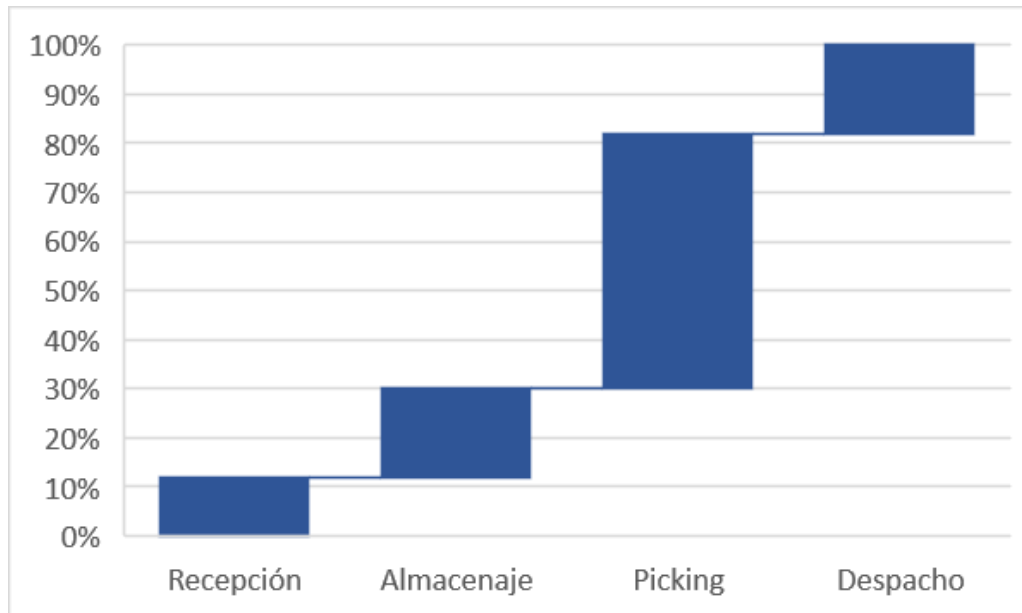


FIG. 2.16 DISTRIBUCIÓN MEDIA DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE ALMACENES

### Acciones para realizar en la optimización del proceso de *picking*

- Determinación de un mapa de calor para el almacén, basado en la frecuencia de *pickeo* de los productos. En este mapa, las zonas con mayor frecuencia de *picking* se representan en rojo, las de frecuencia media en amarillo y las de baja frecuencia en verde, como se muestra en la figura 2.17a. Una vez identificados los puntos de calor, se reordenan las referencias en el almacén para que los productos en las zonas rojas tengan los mejores accesos y la menor distancia entre la estantería, la recepción y el despacho. Esto permitirá minimizar los recorridos durante la extracción de productos, tal como se ilustra en la figura 2.17b.

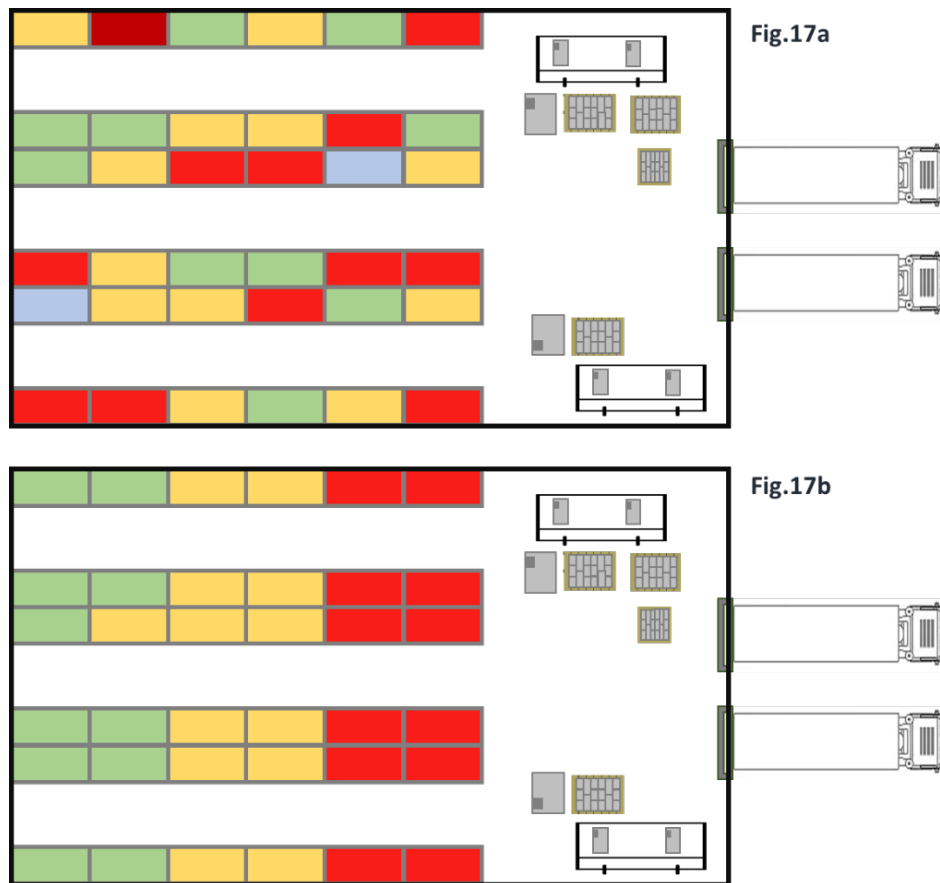


FIG. 2.17 MAPA DE CALOR PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS

- ✓ Las referencias similares o complementarias que generalmente se solicitan en un mismo pedido se deberán almacenar juntas.
- ✓ La información presentada en la pantalla del equipo lector para el *pickeo* debe ser sencilla de leer y los datos a ingresar por el operador deben ser mínimos, si es posible solo la confirmación de la operación.
- ✓ La identificación de las referencias, tanto en las estanterías, embalaje y producto mismo debe ser claras y accesibles sin riesgo para el operador.
- ✓ En lo posible, los pasillos de recolección deben ser diferentes a los de abastecimiento a fin de evitar congestionamiento.
- ✓ Los operadores son los responsables de la exactitud y el completamiento de los pedidos, deberán ser capacitados para una gestión eficiente.
- ✓ Los equipos de manejo de materiales que utilizará el operador deben estar diseñados para minimizar accidentes y maximizar la productividad. Debe definirse un programa de revisión y mantenimiento.

## Despacho de almacenes

Es la actividad por en la cual los productos solicitados por los clientes lleguen a destino en los tiempos solicitados y en buen estado. Las tareas asociadas al despacho son:

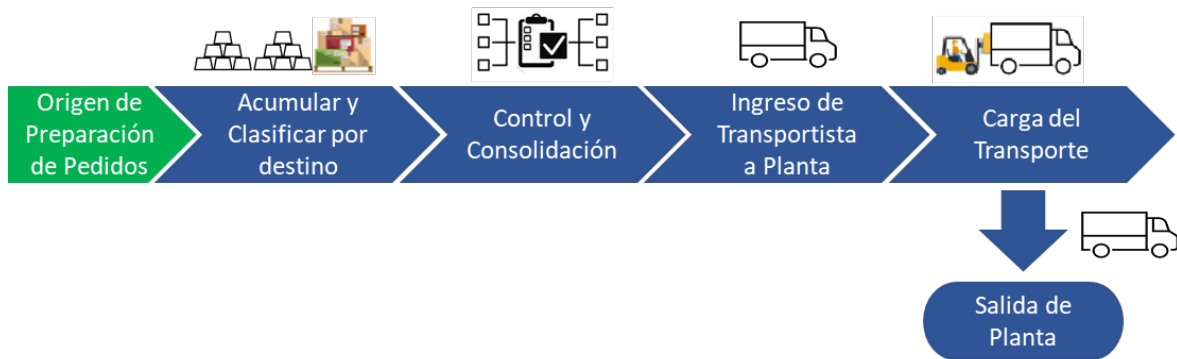


FIG. 2. 18 TAREAS DE DESPACHO EN ALMACENES

- Acumular y clasificar

Los pedidos preparados se organizan, por lo general, de dos maneras: por destino o por transportista. La clasificación se realiza según el orden de salida asignado a los transportistas, considerando los horarios de carga y la asignación de los muelles correspondientes.

- Control y consolidación

Se verifica que la documentación de salida coincida con las unidades de carga correspondientes a los pedidos. La consolidación de estos se realiza en función de las zonas geográficas y los transportistas asignados. Posteriormente, se emite la orden de carga al transportista para el retiro de la mercadería y se envía el aviso de entrega al cliente.

- Ingreso del transportista a planta

De igual modo que Recepción, Despacho debe enviar a la función control de ingresos a planta la información de los transportistas y las ordenes de carga autorizados en el día.

- Carga del transporte

Cuando el vehículo del transportista arriba a la puerta de carga correspondiente, es recibido por el personal de despacho. Antes de proceder a la carga, el transportista debe controlar el estado de los embalajes y precintos de la carga a retirar. Asentada la conformidad del transportista, se carga la mercadería en el camión, y se entrega la documentación asociada juntamente con la orden de salida.

## **BUENAS PRÁCTICAS PARA EL DESPACHO**

- Utilizar la paletización como unidad de carga logística, esto facilitará y agilizará las maniobras de carga.
- Utilizar estanterías para ordenar y clasificar las cargas.
- Despachar las cargas más voluminosas en primer lugar.
- Las cargas que se ubican en las dársenas deben ser las primeras en despachar, ya que la permanencia de cargas en las dársenas puede provocar accidentes y congestiónamiento.
- La documentación del pedido debe estar lista y en mano del despachante cuando el transporte atraca en la dársena.

# **Capítulo 3**

## **Unidad de carga logística**

# Unidad de carga logística

---

El Material Handling Institute (MHI) —asociación profesional estadounidense dedicada a la industria del manejo de materiales, la logística y la cadena de suministro— ha desarrollado una serie de principios para la planificación del manejo de materiales. Entre ellos, se incluye el de unitarización de carga.

## Principio de unitarización de carga

Las cargas unitarias deben tener un tamaño y peso adecuados, y estar configuradas de manera que permitan un flujo eficiente del material. Para lograrlo, es necesario considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Siempre que sea posible, las cargas deben evitar ser manipuladas de forma unitaria y manual. En su lugar, deben consolidarse en unidades superiores que permitan su manejo con un menor número de movimientos y mediante el uso de equipos mecánicos apropiados.
- ✓ Las unidades de carga de menor tamaño deben alinearse con las estrategias de manufactura. No obstante, siempre que sea posible, deberían consolidarse para facilitar su almacenamiento, transporte y distribución.
- ✓ La unitarización de cargas compuestas por distintos ítems debe estar alineada con la estrategia de ventas y distribución de la empresa.
- ✓ Es importante considerar en el diseño que las cargas pueden variar en tamaño y peso a lo largo del proceso.

## Definición de la unidad de carga logística (UCL)

La unidad de carga logística es una cantidad específica y estandarizada de mercancías agrupadas para facilitar su transporte, almacenamiento y manejo. Generalmente, consiste en varios embalajes asegurados de manera eficiente para formar una sola unidad de transporte, como pallets,

contenedores, jaulas metálicas o cajas de envío estandarizadas. La cantidad de embalajes que conforman una unidad de carga depende del peso y tamaño de estos.

El objetivo de agrupar las cargas es reducir el número de movimientos durante su manejo, lo que conlleva una disminución de costos en el transporte y un aumento en la eficiencia de la cadena de suministros. Además, la estandarización de las unidades de carga logística facilita la compatibilidad entre los distintos modos de transporte.



**UCL – Pallet**

**UCL – Contenedor**

*FIG. 3.1 UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA*

## Configuración de la unidad de carga logística

La unidad de carga logística debe ser compatible a lo largo de toda la cadena de suministros, por lo que se deberán considerar los siguientes aspectos:

- Volumen de la unidad de carga: debe ser determinado por dimensiones estandarizadas para el almacenamiento y transporte.
- Peso: debe ser compatible con los equipos de movimiento y transporte.
- Resistencia al apilado: es la que tienen los embalajes a ser apilados un sobre otros sin que se deformen ni que se deteriore el producto.
- Estabilidad: la unidad de carga debe tener estabilidad de manera que los embalajes no colapsen durante en el almacenamiento, manejo y transporte.

A continuación, se presentan las etapas de la cadena de suministros en las que se utilizan las unidades de carga logística (UCL), así como los distintos tipos de elementos destinados a contener productos.

En la tabla 3.1 se muestra que, cuando el manejo de los embalajes es manual o cuando se trata de productos de gran tamaño, los embalajes pueden convertirse en unidades de carga y transporte. Además, en ocasiones en que no se dispone de un edificio de almacén, los contenedores se utilizan para almacenamiento.

	UCL	Almacenaje	Unidad de Transporte	Unidad de Venta
<b>Envase</b>	NO	NO	NO	SI
<b>Empaque</b>	NO	NO	NO	SI
<b>Embalaje</b>	SI (en ocasiones)	SI	SI (en ocasiones)	SI
<b>Pallet</b>	SI	SI	SI	NO
<b>Contenedor</b>	SI	SI (en ocasiones)	SI	NO

TABLA 3.1 UTILIZACIÓN DE LAS UCL

Las unidades de carga logística varían a lo largo de la cadena de suministros. Como ejemplo, en la figura 3.2 se muestra la salida de producción de dos productos en sus respectivas unidades de carga. Durante el almacenamiento, estas unidades pueden ser consolidadas o desconsolidadas. La configuración de las unidades de carga para el transporte se realiza según las necesidades específicas de envío a los distintos clientes. Finalmente, en los puntos de venta, los productos se presentan en su envase o empaque final.

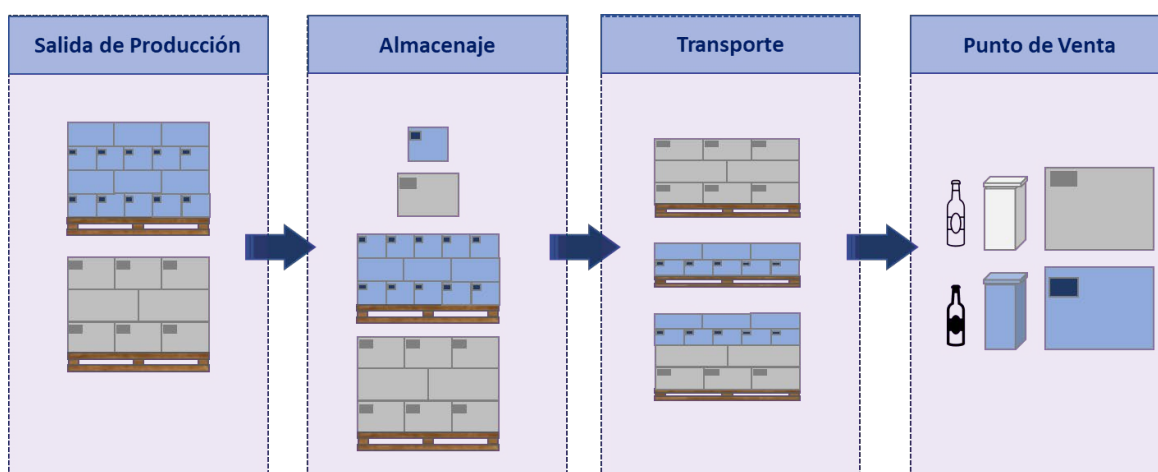


FIG. 3.2 CAMBIOS EN LA UCL A LO LARGO DE LA CADENA DE SUMINISTROS

## Identificación de riesgos de los productos en las unidades de carga

En un sentido amplio, se consideran mercancías peligrosas aquellas que, debido a su propia naturaleza, representan un riesgo especial y pueden agravar las consecuencias de un accidente de transporte. Estos riesgos afectan no solo a las personas y los bienes, sino también al medio ambiente, aumentando el potencial de daños derivados del incidente.

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE), junto con organismos como el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG) y otros, establecen las “Recomendaciones para el Transporte de Mercancías Peligrosas”. Estas recomendaciones clasifican estos productos, sustancias y objetos en nueve clases, que a su vez se dividen en diferentes divisiones. A continuación, se detallan las clases y divisiones según esta normativa.

<b>Clase</b>	<b>Productos / sustancias / objetos</b>
<b>1.</b>	<b>Explosivo</b>
1.1.	Presenta un riesgo de explosión en masa
1.2.	Presenta un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa
1.3.	Presentan un riesgo de incendio y un riesgo menor de explosión o proyección o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa
1.4.	No presentan riesgo apreciable
1.5.	Muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en masa
1.6.	Sumamente insensibles que no presentan riesgo de explosión en masa
<b>2.</b>	<b>Gases</b>
2.1.	Inflamables
2.2.	No inflamables no tóxicos
2.3.	Tóxicos
<b>3.</b>	<b>Líquidos inflamables</b>

<b>4.</b>	<b>Sólidos inflamables</b>
4.1.	De reacción espontánea y sólido explosivos insensibilizados
4.2.	Que pueden experimentar combustión espontánea
4.3.	Que en contacto con él haga desprender gases inflamables
<b>5.</b>	<b>Comburentes y peróxidos orgánicos</b>
5.1.	Comburentes
5.2.	Peróxidos orgánicos
<b>6.</b>	<b>Tóxicos e infecciosos</b>
6.1.	Tóxicos
6.2.	Infecciosos
<b>7.</b>	<b>Material radioactivo</b>
<b>8.</b>	<b>Corrosivas</b>
<b>9.</b>	<b>Peligros varios, incluidos los peligrosos para el medio ambiente</b>

Por otra parte, se establecen los grupos de embalaje para estos productos, sustancias u objetos, de acuerdo con el nivel de riesgo que representan. La clasificación en grupos de embalaje está regulada por distintos sistemas, como el sistema globalmente armonizado (SGA) de las Naciones Unidas y el reglamento europeo sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR).

Estos sistemas definen tres grupos principales:

- ✓ Grupo de embalaje I: Sustancias muy peligrosas con alto riesgo. Estas sustancias tienen un gran potencial para causar daños graves a las personas, el medio ambiente y la propiedad. Se requieren envases y embalajes muy resistentes para su transporte seguro.
- ✓ Grupo de embalaje II: Sustancias peligrosas con riesgos moderados. Aunque no son tan peligrosas como las del grupo I, todavía presentan cierto nivel de riesgo y requieren embalajes adecuados para prevenir fugas o derrames y minimizar cualquier daño potencial.
- ✓ Grupo de embalaje III: Sustancias con menor nivel de peligrosidad. Aunque aún son consideradas peligrosas, representan un riesgo menor en comparación con las de los grupos I y II. Estas sustancias generalmente necesitan un nivel de embalaje menos estricto, pero,

aun así, deben estar correctamente contenidas para evitar cualquier peligro durante el transporte.

La determinación del grupo de embalaje se basa en pruebas y evaluaciones de las propiedades físicas y químicas de la sustancia, así como en datos sobre su comportamiento en caso de un accidente o derrame.

Si tomamos como ejemplo los productos clase 1, estos se clasificarán:

- ↪ Grupo de embalaje I: División 1.1 y 1.2
- ↪ Grupo de embalaje II: División 1.3 y 1.4
- ↪ Grupo de embalaje III: División 1.5 y 1.6

Las recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas definen las pictografías para estos productos, sustancia u objetos.



FIG. 3.3 PICTOGRAMAS PARA PRODUCTOS, SUSTANCIAS Y OBJETOS PELIGROSOS.

Por otro lado, para el transporte terrestre, la legislación nacional de tránsito, en concordancia con las recomendaciones de la ONU, exige la colocación de dos paneles rectangulares de color naranja reflectante, con dimensiones de 40 x 30 cm, un espesor de 15 mm y un reborde negro. Estas especificaciones son estrictas porque los carteles deben mantenerse legibles incluso después de una exposición al fuego durante 15 minutos.

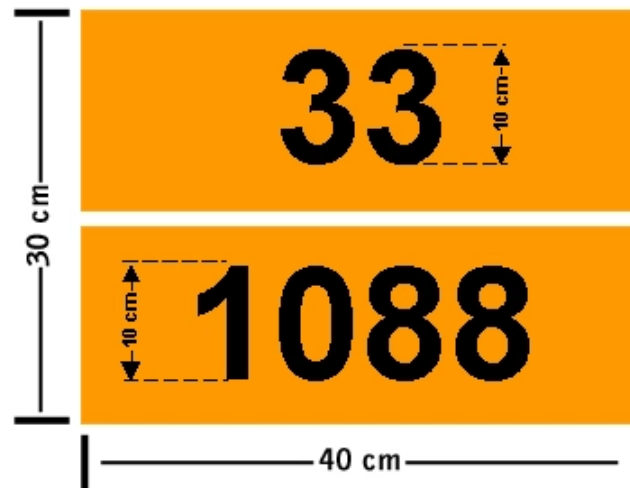


FIG. 3.4 IDENTIFICACIÓN EN TRANSPORTES TERRESTRES PARA PRODUCTOS, SUSTANCIAS Y OBJETOS PELIGROSOS.

La cifra de cuatro números del panel inferior es el número ONU que define exactamente el producto transportado.

Los dos números del panel superior indican el riesgo inherente al producto transportado, cuyo significado es:

2. Emisión de gases debido a la presión o a la reacción química.
3. Inflamabilidad de líquidos (vapores) y gases o líquidos que experimentan calentamiento espontáneo.
4. Inflamabilidad de sólidos o sólidos que experimentan calentamiento espontáneo.
5. Efecto oxidante (comburente).
6. Toxicidad o peligro de infección.
7. Radiactividad.
8. Corrosividad.
9. Peligro de reacción violenta espontánea.

X reacciona violentamente con agua

Si el peligro se puede identificar con una cifra, la segunda será cero. Si las dos primeras cifras se duplican, indican que el peligro se intensifica.

## Identificación para el manejo y almacenaje de las unidades de carga

Los fabricantes o proveedores deben indicar en los envases y embalajes la manera de preservar, manipular y almacenar los productos contenidos en estos. Para independizarse del idioma de rotulación del embalaje se

recurre a pictogramas que representan universalmente estas recomendaciones.

La norma ISO 780-2015 estandariza los pictogramas que deben utilizarse para identificar los embalajes, con el fin de que los operadores puedan cumplir adecuadamente con las instrucciones de manipulación.

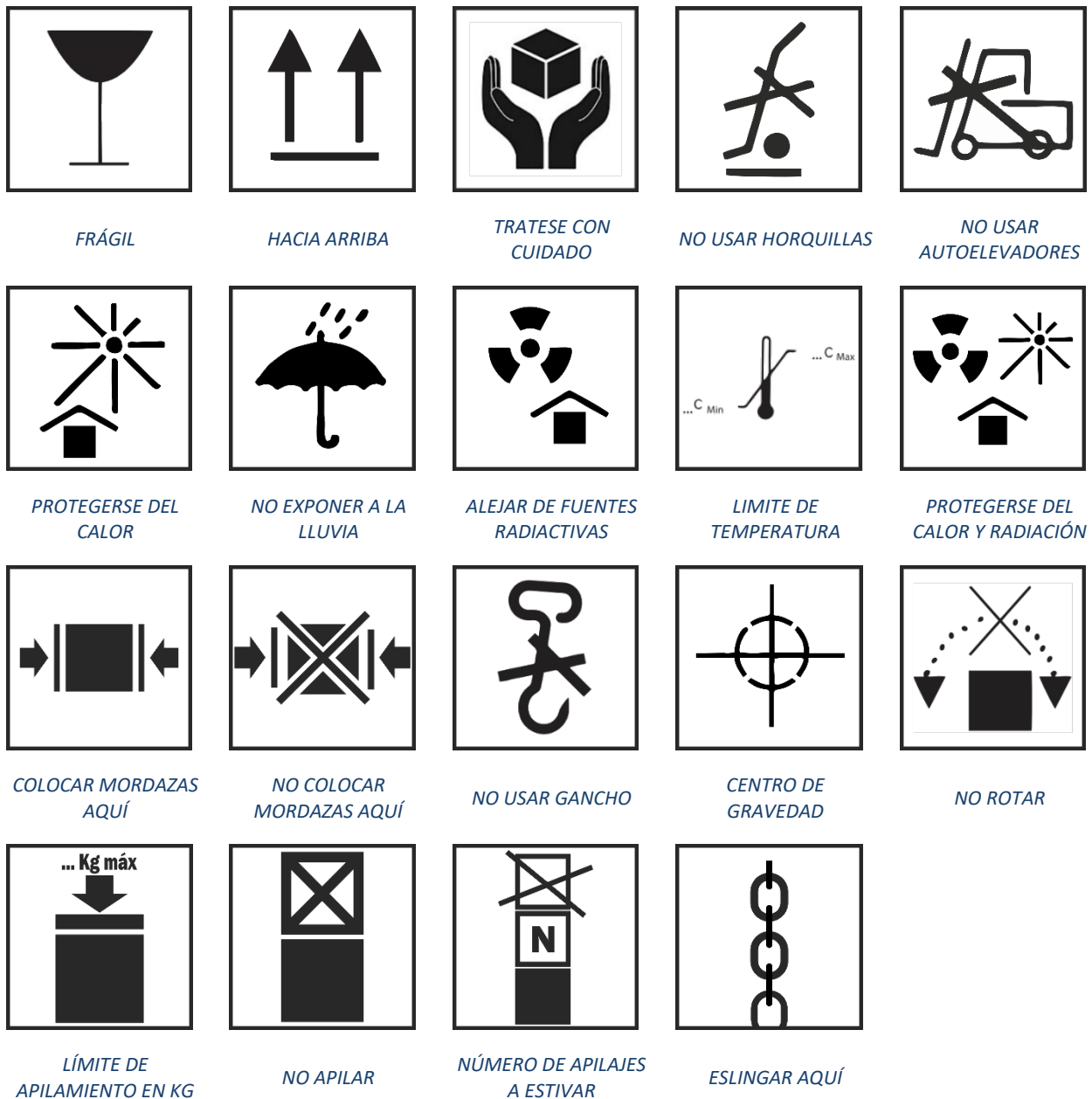


FIG. 3.5 PICTOGRAMAS PARA PRESERVACIÓN DE EMBALAJES

# Envases y embalajes

---

El envase ha sido tradicionalmente un medio para atraer al cliente, además de cumplir con la función principal de contener el producto. La presentación de los productos en el mercado requiere estudios y trabajos específicos sobre el tamaño, el diseño y las características de los envases y empaques. Dependiendo del tipo de producto, se utilizan piezas sofisticadas que buscan diferenciarse en los mercados.

Por otro lado, los embalajes están orientados principalmente a la eficiencia logística durante el transporte, ya que no están destinados al cliente final y, por lo tanto, no buscan llamar la atención ni destacar visualmente.

En los actuales escenarios altamente competitivos, el diseño de envases y empaques se ha convertido en un elemento clave de ventas, al punto que muchos especialistas lo denominan el “vendedor silencioso”. No obstante, este diseño debe ir acompañado de un análisis profundo de costos para asegurar márgenes óptimos en cada producto.

Según Lars Henriksson (2008), “el número anual de pallets y embalajes que pueden mover en los almacenes de una gran empresa de distribución supera los 130 millones de unidades”; evidentemente, todo esfuerzo por optimizar tanto la agrupación de envases en un embalaje como la de embalajes en un pallet redundará en una reducción significativa de los costos de manipulación, almacenamiento y transporte.

La importancia de los envases trasciende los límites de los costos empresariales y se extiende a ámbitos como el medio ambiente. De acuerdo con lo señalado por Ángel Cervera en su libro *Envase y Embalajes* (2003), “en una economía desarrollada, una persona consume a lo largo de su existencia 130 veces su propio peso (70 kilos) en envases domésticos”. A esto se deben sumar, además, los residuos generados por los envases industriales.

## Definiciones

Hay múltiples definiciones de envases y embalajes, las más generales son:

- **Envase**

Es un elemento que está destinado a contener un producto, es decir, está en contacto directo con este. Además, sirve para proteger y manipular el producto en su fase productiva como en la distribución y venta, reforzando y diferenciando la imagen del producto.

- **Envase múltiple**

Recipiente o envoltura en el cual están contenidos dos o más productos iguales destinados para la venta al consumidor.

- **Envase colectivo**

Recipiente o envoltura en el cual están contenidos dos o más variedades diferentes de productos, destinados para su venta al consumidor en dicha presentación.



FIG. 3.6 ENVASES

- **Empaque**

Es un envase que contiene al envase primario del producto, utilizado para la presentación comercial en el punto de venta. Junto con el envase primario sirven para la imagen y diferenciación del producto.



FIG. 3.7 EMPAQUE

- Embalaje

Es una variante del empaque que contiene y resguarda el producto envasado y/o también a aquellos que no necesitan envase para el transporte y almacenado. Es decir, su función es esencialmente logística, no está involucrado en la diferenciación o en la imagen del producto.



FIG. 3.8 EMBALAJE

## Clasificación europea, directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo

- Envase:

Todo producto fabricado con cualquier material y de cualquier naturaleza que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados; y desde el fabricante hasta el usuario o el

consumidor. Se considerarán también envases todos los artículos «desechables» utilizados con este mismo fin.

Los envases incluyen únicamente:

- ↪ Envase de venta o envase primario: todo envase diseñado para constituir en el punto de venta una unidad de venta destinada al consumidor o usuario final.
- ↪ Envase colectivo o envase secundario: se refiere a todo envase diseñado para agrupar un número determinado de unidades de venta en el punto de venta. Esta agrupación puede estar destinada a la venta conjunta al usuario o consumidor final, o bien utilizarse únicamente como medio para reabastecer los anaqueles. Este tipo de envase puede separarse del producto sin afectar sus características.
- ↪ Envase de transporte o envase terciario: es todo envase diseñado para facilitar la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o de varios envases colectivos, con el fin de evitar su manipulación individual y los daños inherentes al proceso de transporte. Este tipo de envase no incluye los contenedores utilizados en transporte marítimo, terrestre, ferroviario o aéreo.



**Envase Primario**



**Envase Secundario**



**Envase Terciario**

*FIG. 3.9 CLASIFICACIÓN EUROPEA DE ENVASES*

## Tipos de envases

En función de las características físicas de los envases y embalajes, se los puede clasificar en:

- Envase rígido: es un envase con una forma definida y no modificable, cuya rigidez permite estibar productos sobre él sin que

estos sufran daños. Se caracteriza por su facilidad de manejo, practicidad en la preparación de pedidos, capacidad de apilamiento y una buena relación entre resistencia y peso. Ejemplos comunes de envases rígidos son los envases de vidrio y las latas metálicas.

- Envase semi-rígido: envase cuya resistencia a la compresión es inferior a la de los rígidos, aunque aún permite el apilado. Presenta un costo más bajo y es más liviano que los envases rígidos, lo que le otorga una alta relación resistencia/peso. Su bajo peso también facilita el manejo cuando se encuentra vacío. Un ejemplo típico de este tipo son los envases de plástico.
- Envase flexible: envases fabricados de películas plásticas, papel, hojas de aluminio. Este tipo no resiste un producto estiba, sin embargo, resulta práctico para productos de fácil manejo.

## Consideraciones del diseño de un envase

El costo del envase, empaque y embalaje varía según las características del producto. En los productos de alta gama, los envases desempeñan un papel fundamental en la imagen y diferenciación de la marca, lo que conlleva diseños más sofisticados y costosos. En los productos de consumo masivo, los envases suelen constituir un elemento clave de identidad de marca. En estos casos, los diseños tienden a ajustarse más a características técnicas y funcionales.

Por otra parte, en el caso de los productos industriales, el diseño está orientado principalmente a la funcionalidad, la seguridad en el manejo y el transporte, más que a factores comerciales.

Por lo tanto, el diseño de un envase debe considerar de forma integral tanto las necesidades del marketing como las funcionalidades que el envase debe cumplir en relación con el producto.

Características	Envases	Empaques	Embalajes
<b>Técnicas</b>	Contener y proteger el Producto	Contener y proteger al envase	Conservar y proteger al envase / empaque en las operaciones logísticas
	Mantener las características producto hasta el consumo hasta el consumo	Mantener las características del envase hasta el consumo	Facilitar el manejo y movimiento del producto
	Fraccionar el Producto	Proteger el envase	Bajar el costo de las operaciones logísticas
<b>Comerciales</b>	Representar la imagen de la Empresa		No Aplicable
	Atraer la atención de los Consumidores		
	Facilitar uso/consumo		

TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y COMERCIALES

Además de las funcionalidades técnicas y comerciales se deberá tener en cuenta todos los elementos que intervienen en la cadena de suministros:

- ✓ Las características del producto
- ✓ Las características del transporte
- ✓ Los costos logísticos
- ✓ Sistemas de almacenaje
- ✓ Requerimientos de ventas
- ✓ Normas legales nacionales e internacionales

En definitiva, el diseño de envases y embalajes debe considerar, en primer lugar, las necesidades específicas del producto, pero también las del proceso productivo, la logística y las expectativas del consumidor.

A partir de estos requerimientos, es fundamental lograr un equilibrio que permita optimizar tanto los costos como los niveles de servicio esperados para cada producto.



FIG. 3.10 REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO Y DISEÑO DE ENVASES Y EMBALAJES.

Los parámetros de diseño se complementan con las características del producto y los medios de transporte que se utilizarán. En función de ello, deberán adoptarse algunos criterios básicos para el diseño:

- ✓ Detectar los puntos más frágiles del producto envasado
- ✓ Dimensiones de envase primario y secundario
- ✓ Dimensiones de la unidad de carga logística
- ✓ Medio de transporte
- ✓ Dimensiones de equipo de transporte
- ✓ Especificaciones de materiales y armado del embalaje
- ✓ Peso de mercancías, peso máximo permitido en el transporte
- ✓ Análisis comparativo de costos sobre las alternativas de embalaje

El diseño estético generalmente se aborda por separado, dado que constituye un factor clave para la diferenciación del producto. Está presente en todos los productos de consumo, con distintos niveles de sofisticación, y en algunos casos se han desarrollado diseños vanguardistas en la búsqueda de destacar en el mercado.

## MEDIOS DE TRANSPORTE

La evaluación del medio de transporte a utilizar para la logística del producto es un punto muy importante para tener en cuenta, ya que estos generan riesgos inherentes que deben ser mitigados.

CARRETERA	FERROVIARIO	MARÍTIMO	ÁREA
Impacto contra plataforma			
Impacto durante frenado y arranque		No aplicable	Impacto durante frenado y arranque
Vibraciones		Turbulencia	
Carga mal asegurada			Altitud
Estado de las carreteras	Impacto en acoplamiento de vagones	Ubicación de la carga en bodega/cubierta	Presión
Aceleración y desaceleración	No aplicable		Aceleración y desaceleración

TABLA 3.3 RIESGOS INHERENTES AL MEDIO DE TRANSPORTE

## Materiales para envases y embalajes

El material del envase cumple dos funciones bien definidas: en primer lugar, debe ser mecánicamente resistente para proteger el producto durante la manipulación y el proceso logístico hasta su consumo. En segundo lugar, debe ser químicamente inocuo respecto al producto que contiene, garantizando que este se mantenga inalterable hasta su uso final.

Por otro lado, los materiales utilizados para el embalaje, al no estar en contacto directo con el producto, solo necesitan ser mecánicamente resistentes durante el proceso logístico hasta el punto de venta.

Al elegir un material, es fundamental considerar el impacto ambiental que generará al momento de su desecho. La responsabilidad social empresarial y la gestión ambiental otorgan especial énfasis a esta consideración.

Los materiales más comúnmente utilizados son:

- **Madera**  
Se utilizan en tablas, aglomerados, enchapados y otras. Se adaptan a cualquier tipo de diseño, pero tienen alto costo. Por otro lado, el peso, la inflamabilidad y los controles fitosanitarios hacen que en la actualidad se usen solo en caso de que otros materiales no sea posibles o para productos de gama media a premium.
- **Vidrio**  
Es el material para embotellamiento por excelencia, y utilizado para todo tipo de recipientes. Es higiénico, reutilizable, reciclable y de fácil eliminación. Su fragilidad hace que se deba tomar mayor precaución en los embalajes. El peso es una desventaja al momento del transporte.
- **Cartón**  
Es un elemento económico, adaptable a cualquier tipo de diseño, reciclable y de fácil disposición. Tiene poca resistencia mecánica, y es afectado por el calor y la humedad.

- **Plástico**  
Los plásticos industriales se han posicionado como los materiales más importantes para los envases y embalajes, utilizándose en botellas, cajas, contenedores y envoltorios, entre otros. Las ventajas de este material son el bajo peso, la adaptación a cualquier diseño, y las propiedades impermeables, con un relativo bajo costo. Como contra partida, tenemos la inflamabilidad. Además, si bien a veces puede ser reutilizado, tiene una difícil eliminación y alta contaminación al medio ambiente.
- **Papel**  
Usado comúnmente para envoltorios y bolsas, casi en su totalidad para los empaques debido a que se puede imprimir cualquier diseño sobre este, es reciclable, de fácil eliminación y bajo costo. Como desventajas, tenemos la baja resistencia mecánica y a los agentes atmosféricos.
- **Hojalata**  
Es un material de alta resistencia mecánica muy utilizado en la industria alimenticia. Es utilizado para todos los envases de aerosoles. Al ser opacos a los rayos UV permiten largos períodos de exposición. Es reciclable.

Otros materiales son usados en menor medida y de acuerdo de las necesidades del producto y logísticas.

Las descripciones anteriores están enfocadas en productos de consumo masivo. En el caso de productos industriales, excepto aquellos presentados en forma líquida, generalmente se utilizan embalajes. El diseño y la selección de materiales corresponden al departamento de ingeniería, ya que estos embalajes son fabricados a medida para cada equipo y, en muchas ocasiones, constituyen una estructura en sí mismos.

En función de estas características, el costo de los embalajes industriales se discrimina durante la cotización del producto. Otra consideración importante en el diseño y costeo de estos embalajes son los elementos de elevación, como perchas, cáncamos o dispositivos especiales, los cuales deben integrarse al cálculo y diseño.

## Módulo de embalaje normalizado

La ISO, a través de su comité técnico 122, desarrolló la estandarización de las dimensiones externas —ancho y largo— de las cajas para embalaje en el transporte, las cuales fueron promulgadas mediante la norma ISO 3394. La altura de los embalajes queda a criterio del fabricante, según las necesidades del producto.

En esta norma se estableció como módulo de embalaje normalizado la dimensión de 600 x 400 mm, constituyendo la base para la normalización de las unidades de carga en la logística. Además, se establece que los tamaños de los embalajes deben ser múltiplos o submúltiplos de esta medida.

El cumplimiento de esta norma es, en principio, voluntario; sin embargo, debido a las ventajas y ahorros que representa en los costos logísticos de las unidades de carga, los importadores, principalmente del mercado europeo, suelen exigir que las dimensiones de los embalajes se ajusten a lo definido en esta norma.

Medidas de embalajes normalizados – ISO 3394					
Múltiplos	Módulo de embalaje normalizado	Submúltiplos			
1.200 x 1.000	600 x 400	600 x 200	600 x 200	600 x 133	600 x 100
1.200 x 800		300 x 200	300 x 200	300 x 133	300 x 100
1.200 x 600		200 x 200	200 x 200	133 x 133	100 x 100
1.200 x 200		150 x 200	150 x 200	150 x 133	150 x 100
800 x 600		120 x 200	120 x 200	120 x 133	120 x 100

TABLA 3.4 MÓDULOS DE EMBALAJES ISO

En el año 2012, durante la revisión de la norma ISO 3394, se introdujeron las medidas normalizadas para la unitarización de cargas mediante pallets, los cuales deben ser múltiplos del módulo de embalaje normalizado.

- ✓ Pallet para transporte vía marítima: 1.200 x 1.000 mm
- ✓ Pallet para transporte general: 1.200 x 800 mm

## Envases, embalajes y el medio ambiente

Una vez consumido el producto, los envases y embalajes deben ser desechados, lo que ha generado enormes cantidades de basura que se acumulan en diversos lugares, contaminando el medio ambiente. Además, muchos de estos materiales no son fácilmente degradables; por ejemplo, algunos plásticos pueden tardar hasta 300 años en descomponerse.

Por esta razón, la industria de productos de consumo masivo ha emprendido un proceso de mejora continua en el diseño de envases y embalajes, orientado a aspectos ambientales y basado, entre otros, en el criterio de las tres R: reducir, reusar y reciclar.

- Reducir

Esta política se enfoca en reducir la cantidad de material utilizado en el envase, lo que contribuye al cuidado del medio ambiente y genera ahorros en el costo del material. Además, al disminuir el peso del envase, se reducen los costos asociados al transporte. Desde el inicio del siglo XXI, a nivel global, se ha logrado reducir aproximadamente un 30 % el uso de materiales para envases<sup>3</sup>.

- Reusar

Consiste en darle al envase un segundo uso, ya sea para el mismo producto u otros diferentes. Un ejemplo común es la reutilización de envases con pulverizador de gatillo para limpiadores domésticos, o tambores de chapa empleados para productos químicos.

Otros aspectos del reúso incluyen la reparación, que permite continuar utilizando productos no operativos que estaban destinados a ser descartados, y el desguace, que posibilita aprovechar las partes de un producto para otros usos.

- Reciclar

Es la gestión que mayor impacto puede generar al cuidado del medio ambiente. Sin embargo, también representa un cambio cultural en el manejo de los desechos, ya que implica la clasificación adecuada por parte de los consumidores.

---

<sup>3</sup> Silva, E. (2019). Implicaciones y beneficios de la reducción de materiales – ePackaging para alimentos y bebidas.

## Directiva 94/62/ce relativa a los envases y sus residuos

En 2018, la Unión Europea revisó la Directiva 94/62 relativa a los envases y residuos de envase, la cual entró en vigor en julio de 2020.

De acuerdo con *Safe Load Testing Technologies*, las modificaciones más destacadas esperables a alcanzar en diciembre de 2025, son:

- ✓ Se reciclará un mínimo del 65 % en peso de todos los residuos de envases;
- ✓ Se alcanzarán los siguientes objetivos mínimos en peso de reciclado de los materiales específicos que se indican seguidamente contenidos en los residuos de envases: el 50 % de plástico; el 25 % de madera; el 70 % de metales ferrosos; el 50 % de aluminio; el 70 % de vidrio; el 75 % de papel y cartón;
- ✓ Se reciclará un mínimo del 70 % en peso de todos los residuos de envases;
- ✓ Se alcanzarán los siguientes objetivos mínimos en peso de reciclado de los materiales específicos que se indican seguidamente contenidos en los residuos de envases: el 55 % de plástico; el 30 % de madera; el 80 % de metales ferrosos; el 60 % de aluminio; el 75 % de vidrio; el 85 % de papel y cartón.

## Desarrollo de materiales alternativos

En los últimos 30 años se ha comenzado a desarrollar una serie de materiales alternativos amigables con el medio ambiente para reemplazar fundamentalmente al plástico, producto de difícil degradación.

Entre ellos tenemos:

- Bioplásticos o plásticos verdes

Son productos derivados de fuentes renovables, como la caña de azúcar, el aceite de soja, el aceite de maíz y la fécula de papas. Se han hecho algunos avances con estos productos, pero todavía resta salvar dos escollos importantes: la baja resistencia mecánica y el alto costo respecto de los plásticos convencionales.

La idea de los plásticos verdes no es nueva, Henri Ford comenzó con el desarrollo de plásticos derivados del aceite de soja ya alrededor de 1930.

- Plásticos biodegradables

Son productos derivados de fuentes renovables y no renovables que se degradan por la acción de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos en el medio ambiente, sin alterar el compost de residuos urbanos ni afectar el crecimiento de las plantas.

Para que estos plásticos obtengan la calificación de biodegradables, deben cumplir con las normas ASTM D6200 o EN 13432. Además, para que en el envase figure el símbolo de biodegradable, debe indicarse la norma bajo la cual fue fabricado y el nombre del organismo certificador independiente.

Nuevamente, los principales inconvenientes en su producción son el costo y la capacidad de fabricación.

- Plásticos compostables

Son materiales que se degradan microbiológicamente en un corto período de tiempo (aproximadamente 12 semanas), de forma similar a materiales compostables como el papel y la madera, sin dejar trazas, metales pesados ni toxinas.

La diferencia entre materiales compostables y biodegradables radica en la velocidad de degradación, siendo los primeros los que se descomponen más rápidamente.

- Plásticos Oxo-biodegradables

Son materiales que se degradan mediante los procesos de oxidación y biodegradación en forma simultánea o secuencial. Se obtienen partiendo de un polímero derivado del petróleo al cual se le agrega un catalizador que permite la oxidación.

El concepto de diseño de envases y embalajes en la industria de productos de consumo masivo ha evolucionado en los últimos veinte años hacia el ecodiseño. Esto implica la aplicación de nuevas tecnologías de fabricación, el uso de materiales amigables con el medio ambiente, la reducción en la cantidad de material utilizado y la adopción del concepto de las tres R.

# Capítulo 4

## Pallets

# Pallets

---

Un pallet es una plataforma horizontal y plana de madera, plástico u otros materiales que permite crear una unidad de carga logística colocando la mercancía sobre ella, facilitando el manejo, transporte y almacenaje. Se creó hace casi un siglo de forma independiente en Europa y EE. UU., pero su uso masivo ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial para el suministro de insumos y alimentos a las tropas.

La introducción del pallet como plataforma para la unidad de carga logística ha generado ventajas destacables en la logística:

- Disminución de los tiempos de preparación para la carga y descarga de mercadería, lo que se traduce en un aumento de la productividad.
- Optimización de los espacios de almacenamiento y transporte.
- Aumento de la eficiencia de la flota de transporte.
- Las mercancías llegan en mejores condiciones, con menos deterioros y faltantes al cliente.
- Modularización de la unidad de carga logística.
- Manejo de carga de manera más segura, minimizando el riesgo de accidentes.
- Permite una unidad de carga logística que no requiere manejo manual.



*FIG. 4.1 PALLET*

## Definición según ISO 445

El pallet es una plataforma horizontal rígida, cuya altura está reducida al mínimo compatible con su manejo mediante carretillas elevadoras, transelevadores o cualquier otro mecanismo elevador adecuado, utilizado como base para agrupar, apilar, almacenar, manipular y transportar mercancías y cargas en general.

## Definición según IRAM 10.010

Plataforma horizontal rígida, con una altura mínima compatible con la manipulación mediante transportadores de pallets, autoelevadores con uñas u otros equipos de manipulación adecuados, utilizada como base para agrupar, almacenar, manipular o transportar mercancías y cargas.

## Resistencia y estabilidad de la carga en el pallet

En el armado de un pallet, la carga debe garantizar la resistencia y estabilidad de los embalajes, de manera que se evite el deterioro de los productos o el colapso de la unidad de carga.

### Resistencia

La resistencia en la unidad de carga logística depende de la resistencia de los embalajes intervinientes en la UCL cuando:

- ✓ Son apilados unos sobre otros sin que se deformen ni se deteriore el producto. En la fig. 4.2a se muestran embalajes apilados en  $n=4$  alturas sin deformación. En la fig. 4.2b, embalajes apilados en  $n=4$  alturas presentan deformaciones en las alturas inferiores, lo que implica que su resistencia no admite un apilamiento de  $n=4$ .
- ✓ Las unidades de carga logística (UCL) son apiladas unas sobre otras sin que deformen los embalajes que las componen. En la fig. 4.2c se muestran UCL apiladas en  $n=3$  alturas con los embalajes sin deformación. En cambio, en la fig. 4.2d, los embalajes de la altura  $n=1$  están deformados, lo que implica que la UCL no admite ser apilada en  $n=3$  alturas.

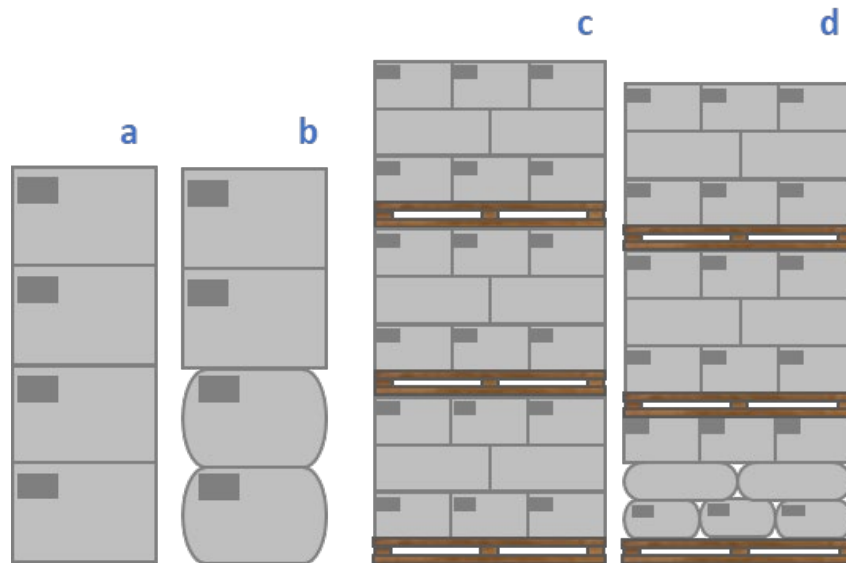


FIG. 4.2 CARACTERÍSTICA DE RESISTENCIA

Son diferentes los factores que disminuyen la resistencia del embalaje en el apilado dentro de la UCL:

- Falta de alineación vertical entre las cajas: en función del valor de desvío en la alineación de los embalajes se puede reducir hasta un 25% del valor resistente de estos.
- Utilización de un pallet cuya tapa sea menor que la base de la unidad de carga logística: en función la parte del embalaje que quede afuera de la tapa del pallet se puede reducir hasta un 30% del valor resistente de las cajas de la base.
- Separación entre las tablas de la tapa del pallet (**e**): la relación porcentual del valor **e** y la dimensión **a** del embalaje es otro factor que produce una reducción en la resistencia de los embalajes sobre el pallet.
  - ↪ Valor de  $e/a < 20\%$  = sin variación en resistencia de la caja
  - ↪ Valor de  $20\% < e/a > 33\%$  = **-8%** en resistencia de la caja
  - ↪ Valor de  $33\% < e/a > 47\%$  = **-15%** en resistencia de la caja
  - ↪ Valor de  $e/a > 47\%$  = no se recomienda el uso del pallet

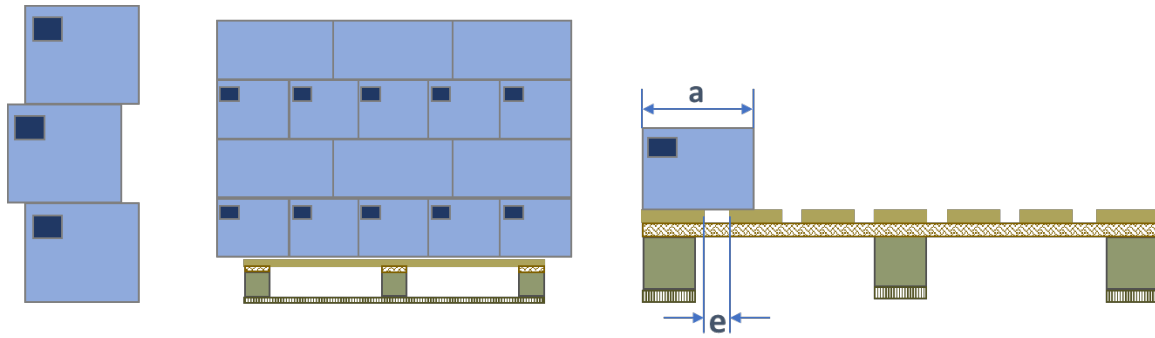


FIG. 4.3 CONFIGURACIONES DE UCL QUE REDUCEN LA RESISTENCIAS

## Estabilidad

Para que la mercadería se preserve durante el manejo, almacenamiento y transporte, los embalajes deben mantener estabilidad sobre el pallet.

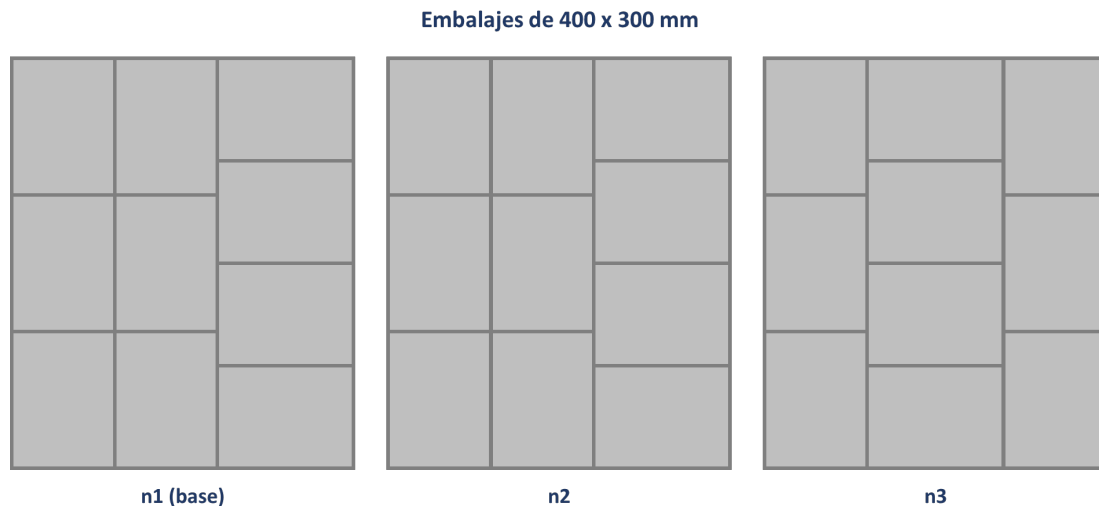
La estabilidad en un pallet se logra mediante:

- **Distribución y trabado de los embalajes entre sí**

La correcta distribución de los embalajes en cada altura del pallet, el uso de accesorios antideslizantes entre las alturas y una adecuada selección del número de alturas son condiciones importantes para la estabilización de la carga.

Cuando se deba definir el tamaño de las cajas de embalaje a utilizar, es conveniente considerar las dimensiones del pallet y las del embalaje, preferentemente utilizando las medidas normalizadas ISO, que facilitarán la distribución.

En la selección del número de alturas, además de las resistencias de los embalajes, intervienen las restricciones del transporte.



*FIG. 4.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS EMBALAJES SOBRE PALLET*

- **Fijación de los embalajes al pallet**

El otro elemento que garantizará la estabilidad del pallet es la fijación de los embalajes entre sí y a la plataforma. Esto se realiza mediante:

- ↳ **Retractilado**

Es un proceso mediante el cual se envuelven los elementos colocados en el pallet con un film plástico, fijándolos a este. El film no solo estabiliza la carga, sino que además aporta protección contra daños durante el transporte y frente a agentes ambientales como el agua y la humedad. Pueden o no tener protección contra los rayos UV.

Los sistemas de retractilado pueden ser con aporte de calor, que se realiza una vez colocado el film en la unidad de carga logística mediante una pistola de aire. El retractilado en frío se realiza mediante el uso de un plástico denominado film stretch, que se tensiona durante la envoltura de la unidad de carga logística, alcanzando un estiramiento de hasta el 200%.



FIG. 4.5 UCL ESTABILIZADA POR RETRACTILADO

El proceso de retractorilado puede hacerse de forma manual, donde el operario, con un porta-rollo y aplicando cierta tensión al film, envuelve la unidad de carga.

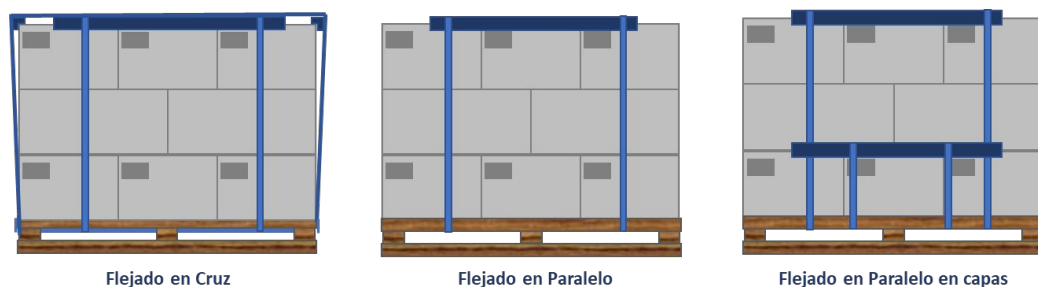
El sistema automático tiene dos variantes: una con carga fija, donde un brazo con el rollo de film gira alrededor del pallet, recomendada para unidades de carga pesadas; y otra donde la UCL se apoya en una mesa giratoria y el brazo porta-rollo permanece fijo.

Todos los equipos automáticos programan la tensión del film, el número de capas necesarias y la altura de envoltura.

#### ↪ Flejado

Cuando la carga sobre el pallet es muy pesada o inestable, se utiliza la sujeción de esta mediante el flejado, independientemente de si se ha retractorilado para la protección de los elementos.

Se sujeta la carga al pallet mediante flejes de nylon o acero para lograr un bloque homogéneo. La sujeción, dependiendo del tipo de carga, puede hacerse entre alturas y de forma completa, o directamente en una sola pasada. Por el mismo motivo, los flejados pueden ser en paralelo o en cruz. Para proteger el embalaje donde se apoya el fleje, se coloca entre ambos un dispositivo protector llamado cantonera.



Flejado en Cruz

Flejado en Paralelo

Flejado en Paralelo en capas

FIG. 4.6 TIPOS DE FLEJADO DE LA UCL

## Pallets de madera

Representan entre el 90% y 95% de la circulación de pallets a nivel mundial; por su resistencia y bajo costo, son ideales para conformar una unidad de carga logística. Dado que la madera es un material orgánico que puede transmitir plagas, la normativa de comercio internacional obliga a tratar la madera de los pallets destinados a exportación, y en muchos países esta normativa también se aplica para la circulación interna.

### Dimensiones de los pallets

Las medidas de los pallets existentes son muy variadas, pero en los últimos treinta años se han impuesto en el transporte internacional dos tipos: el americano, proveniente de EE. UU., y el europallet, originario de la Unión Europea. En la tabla 4.1 se detallan los pallets cuyas dimensiones son las más utilizadas en la actualidad.

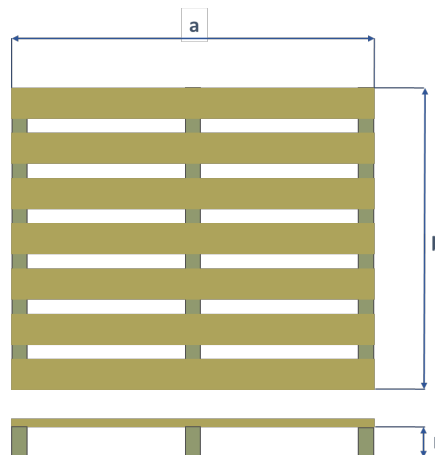


FIG. 4.7 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL PALLET

Dimensiones [mm]			Denominación / Normalización
a	b	h	
1.200	1.000	95/98	ARLOG – IRAM 10.011 – ISO 3.676
1.200	800		EUROPALLET – IRAM 10.011 – ISO 3.676
1.140	1.140		IRAM 10.011
1.219	1.016		IRAM 10.011
1.000	1.000		
800	400		Medio Pallet (EUROPALLET) – ISO 3.676
600	400		Cuarto de Pallet (EUROPALLET) – ISO 3.676

TABLA 4.1 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL PALLET

- 1.200 x 1.000 mm – Americano – Universal - Isopallet - ARLOG

Desarrollado en EE. UU. durante la Segunda Guerra Mundial para el transporte de suministros a los ejércitos, su uso se extendió al comercio internacional al finalizar el conflicto.

Fue normalizado por la norma ISO 3676, en correspondencia con el Módulo Internacional de Embalaje, de ahí la denominación Isopallet.

La normalización de este pallet en Argentina fue liderada por la Asociación Argentina de Logística Empresaria (ARLOG), cuyo acrónimo da nombre al pallet en el país, e impuso su utilización en el comercio dentro del Mercosur, siendo definido bajo la norma IRAM 10.011.

La cantidad de pallets sobre superficie de:

↪ Camión estándar de caja de 13m x 2,6m: 26 unidades

↪ Contenedor de 40 pies: 21 unidades

↪ Contenedor de 20 pies: 10 unidades.



FIG. 4.8 DISTRIBUCIÓN DE PALLETS ARLOG EN UNIDADES DE TRANSPORTE

- 1.200 x 800 mm – Europallet

Con el mismo origen de servicio bélico que el americano, sus medidas fueron definidas para aprovechar al máximo el ancho interior del ferrocarril europeo de 2.400 mm, permitiendo completar el ancho con dos o tres pallets según su orientación.

También fue considerado en la definición de la ISO 3676 por tener medidas múltiplos del Módulo Internacional de Embalaje. Es utilizado en el comercio europeo de productos de consumo masivo.

En la Argentina está incluido en la norma IRAM 10.011.

La cantidad de pallets sobre superficie de:

- ↪ Camión estándar de caja de 12m x 2,6m: 30 unidades
- ↪ Contenedor de 40 pies: 25 unidades
- ↪ Contenedor de 20 pies: 11 unidades.

Camión con plataforma de 13 x 2,6 m



Contenedor de 40'



Contenedor de 20'



FIG. 4.9 DISTRIBUCIÓN DE EUROPALLET EN UNIDADES DE TRANSPORTE

- 1.140 x 1.140 mm

La dimensión de este corresponde a una unidad de carga logística cuadrada derivada del ancho interno de los contenedores tipo 1. Normalizado por IRAM 10.011.

- 800 x 600 mm – Medio Pallet

Se denomina así porque el ancho corresponde a la mitad de la longitud del Europallet y está normalizado por la ISO 3676. Su uso es muy habitual en la distribución a supermercados y comercios minoristas por su tamaño reducido.

- Otras medidas

Existen mayor variedad de dimensiones de pallets, pero tienen un uso mucho más restringido que los tres modelos descriptos. Detallamos algunas de ellas:

- ↪ 1.219 x 1016 mm: en vía de desuso, ya que se convierte al tipo Universal. La norma IRAM 10.011 lo indica como de aceptación transitoria.
- ↪ 1.000 x 1.000 mm
- ↪ 800 x 400 mm, Tercio de Pallet (Europallet)
- ↪ 600 x 400 mm, Cuarto de Pallet (Europallet)

En los pallets de madera hay que tener en cuenta que la posibilidad de variaciones dimensionales por encogimiento posteriores a la fabricación, la norma establece como tolerancia de fabricación en las dimensiones de +3 mm / -6 mm, y un contenido de humedad de  $20 \pm 2\%$ .

Altura para la entrada (h)

Por otro lado, se normalizan las entradas para la entrada de horquillas / uñas de los dispositivos de elevación para cada uno de los tipos de pallets, variando entre 95 y 98 mm de acuerdo con el tipo de piso de estos.

## Tipos de pallets

Se han desarrollado una gran variedad de plataformas para unidad de carga logística denominadas pallets y también estructuras de contención de productos cuya base permite la utilización de uñas para su manejo que también pueden ser considerados pallets.

La norma IRAM 10.010 define y clasifica los pallets en:

- ✓ Pallets Plataforma: son los más comunes, es una plataforma plana sobre la cual se arma la unidad de carga logística.
- ✓ Pallets de Superestructura: son con puntales y laterales que forman un cajón o canasto sobre la plataforma.
- ✓ Superestructura montable de Pallets: son aquellos con módulos laterales plegables que montados sobre la plataforma pueden formar un cajón.



FIG. 4.10 CLASE DE PALLETS

Otra característica definida por la norma es el tipo de acometida para los equipos de manejo:

- ✓ De dos entradas: las horquillas solo pueden tomar al pallet en una dirección o a 180° de esta.
- ✓ De cuatro entradas: las horquillas pueden acometer al pallet por los cuatro lados de este.

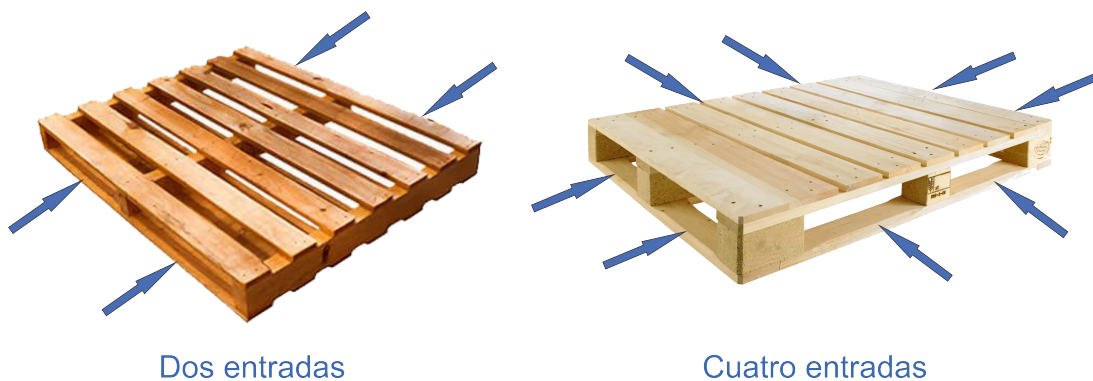


FIG. 4.11 ENTRADAS DE LOS PALLETS

## Componentes del pallet

En cuanto a cantidad de componentes que componen un pallet, varían de acuerdo con el uso al que se destinará el embalaje.

- El piso superior

Es la superficie plana y horizontal sobre la que se apoya la carga. Sus variantes son la forma enteriza de cobertura total (como se muestra en la fig. 4.12a) o de listones, ya sea de dimensiones iguales (fig. 4.12b) o diferentes, cuyas tablas más anchas son las de los extremos y la central (fig. 4.12c).

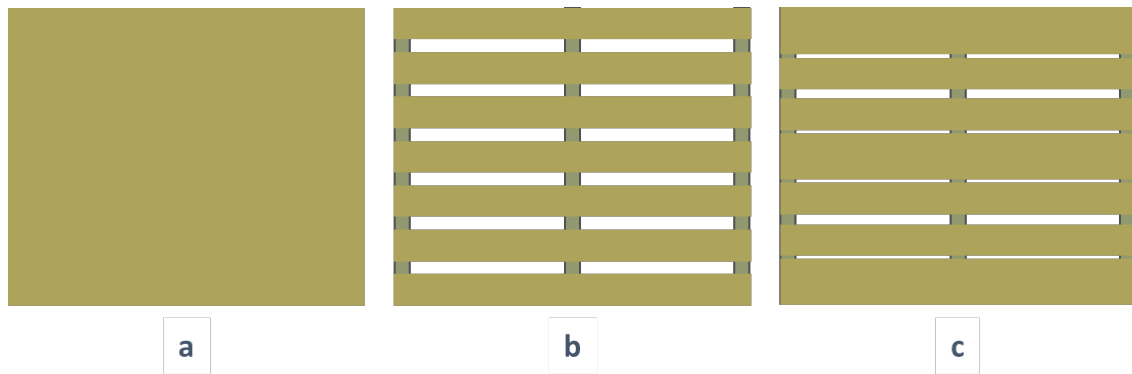


FIG. 4.12 TIPOS DE PISOS SUPERIOR

- Piso inferior: superficie plana entera o de tablas donde se distribuye el peso de la unidad de carga logística.
- Tabla: elemento componente del piso superior o inferior
- Tirante: elemento estructural continuo que va entre el piso superior y el inferior, espaciado de forma que permita la entrada de horquillas y uñas de los equipos de movimiento.
- Taco: elemento estructural en forma de columna corta, de sección rectangular o circular, ubicado entre las tablas tirante de la tapa y las tablas del piso inferior, espaciados de forma que permita la entrada de horquillas y uñas de los equipos para el movimiento de estos.
- Tabla tirante: tabla que une las tablas del piso superior con los tacos actuando como tirante.
- Tapa: conjunto de tablas del piso superior y tablas tirantes.
- Patín: conjunto unitario formado por una tabla de piso y dos o más tacos.

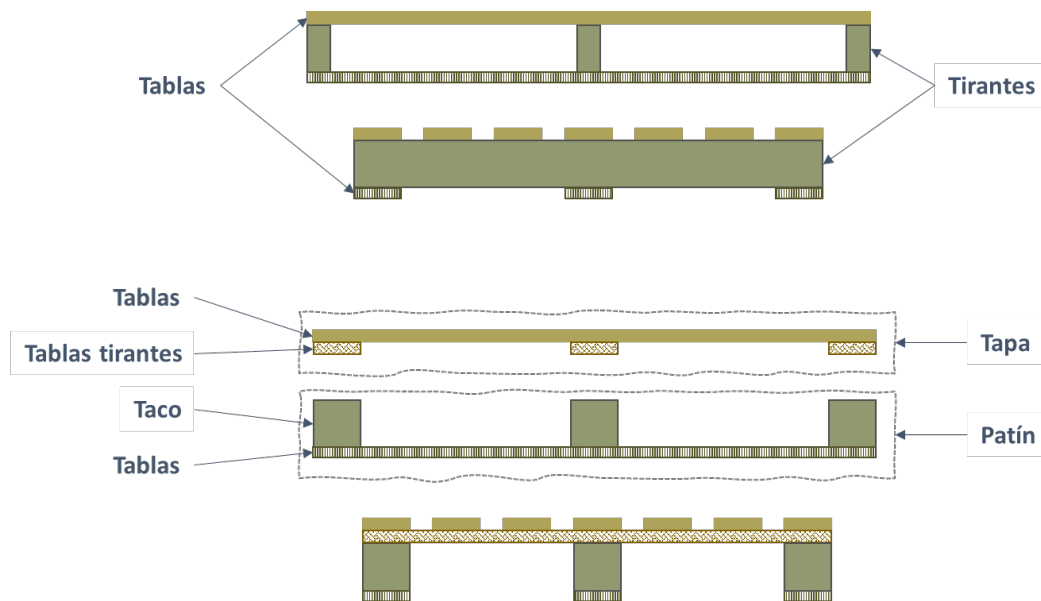


FIG.4.13 COMPONENTES PRINCIPALES DEL PALLET

## Pallets plataforma

La norma IRAM 10.010 define diferentes formas constructivas de pallets, detallaremos a continuación las de mayor uso en el mercado:

- Pallet de piso simple

Tiene piso único superior, cuya superficie plana (tapa) puede ser entera o de listones, siendo el tipo más elemental de todos. Generalmente son de un solo uso y no son recomendables para el almacenamiento. Es de doble entrada.



FIG. 4.14 PALLET DE PISO SIMPLE

- Pallets con piso superior e inferior

Tiene un piso superior formado por una tapa donde se apoya la carga y un patín que distribuye la carga. Son los pallets de mayor utilización y resistencia, además de ser ideales para el almacenamiento. Existen tres variantes:

↪ De piso inferior sobre patines de tacos

El piso superior está compuesto por una tapa y el inferior compuesto por tres patines en el sentido de mayor longitud de la plataforma. Este es el modelo más utilizado, ideal para el almacenamiento, se debe hacer en la disposición mostrada en la fig. 4.16. Puede ser manejado por cualquier tipo de equipo, inclusive por transelevadores.

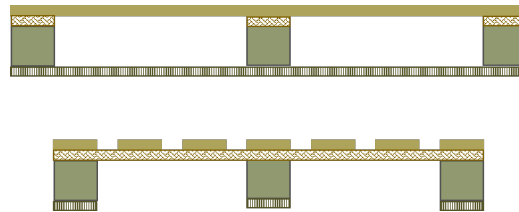


FIG. 4.15 PALLET DE PISO INFERIOR CON PATINES

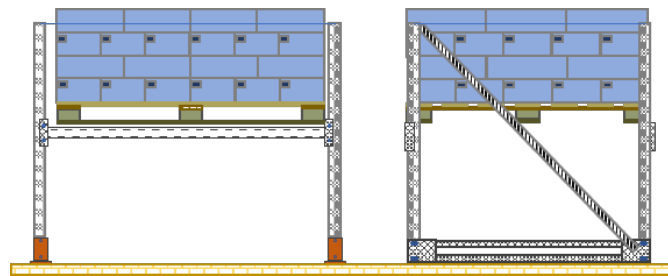


FIG. 4.16 DISPOSICIÓN DE ALMACENAJE DEL PALLET DE PISO INFERIOR CON PATINES

↪ Piso inferior sobre patines de tirantes

Apto para todos los sistemas de estanterías excepto las que funcionan a rodillos. La disposición en la estantería es similar a la de la fig. 4.16

El piso superior está compuesto por tablas y el piso inferior por tres patines y tres tablas.

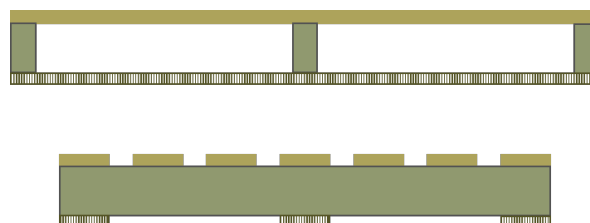


FIG. 4.17 PALLET DOBLE FAZ CON PISO INFERIOR SOBRE PATINES Y TIRANTES

### ↪ Piso inferior con base perimetral

Los patines del piso forman un marco completo, con uno o dos elementos centrales. Tiene la misma aplicación que el pallet con piso patines de tacos, pero el marco de este le confiere mayor rigidez estructural.

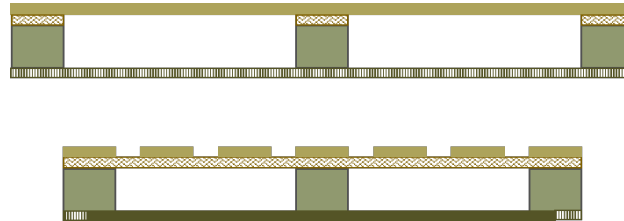


FIG. 4.18 PISO INFERIOR BASE PERIMETRAL

- Pallet reversible

Es un pallet cuya tapa y piso son iguales y ambos pueden recibir carga. La tapa y el piso pueden estar montados sobre largueros (fig. 4.19a) o sobre tacos (fig. 4.19b). Las propiedades de resistencia y uso son similares a las de los pallets estándar.

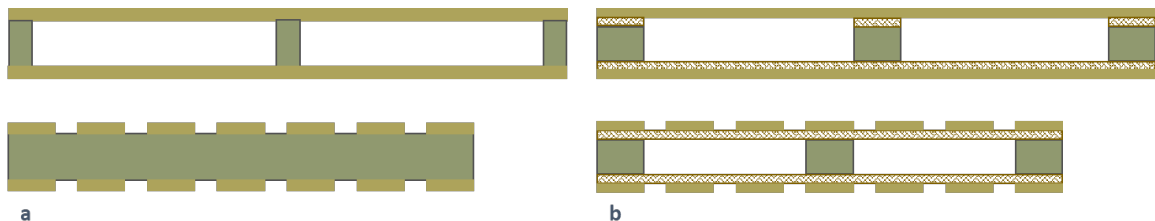


FIG. 4.19 PALLETS DE PISO REVERSIBLE

## Ciclos de uso de los pallets

El proceso logístico la circulación de un pallet comprende la reutilización, la devolución y el destino final. Estos factores generan costos y deben ser tenidos en cuenta para definir la cantidad necesaria de estos en un ciclo logístico. Por ello es conveniente en un proceso logístico determinar qué tipo de ciclo de uso se les dará a los pallets.

- Pallets descartables: también llamados disponibles o de un solo viaje, ya que son desechados después de un solo uso.

- Pallets retornables: destinados a múltiples ciclos de uso.
  - ↳ De uso interno: su ciclo de uso permanece dentro de una misma empresa.
  - ↳ De sistema cerrado de distribución: cuando dos o más empresas acuerdan circular los pallets en sus intercambios, manteniendo el stock proporcional y reponiendo los elementos deteriorados o de baja de servicio.
- Intercambiables: aquellos que pueden ser reemplazados por otro similar sobre la base de un acuerdo.
- De consorcio: intercambiable en un circuito abierto, sin control de compensación entre los pallets despachados y recibidos.

## Cargas de trabajo

La resistencia y estabilidad de la unidad de carga logística son clave para su buen manejo. Al seleccionar la plataforma que la sustentará, se deben tener en cuenta la carga de trabajo —es decir, el peso de la carga que soportará la plataforma— y su distribución sobre esta.

Para el análisis de este tema, nos basaremos en las definiciones de la norma IRAM 10.014: “Pallets para manipulación y transporte de mercancías. Cargas máximas de trabajo”.

## Distribución de cargas

- *Carga concentrada*  
Aquella que se aplica sobre una superficie menor al 50% del piso superior del pallet (fig. 4.20a).
- *Carga no trabada uniformemente distribuida*  
Carga distribuida en toda la superficie del piso superior del pallet, donde las cargas no están trabadas, unidas o conectadas entre sí (fig. 4.20b).
- *Carga trabada uniformemente distribuida*  
Carga distribuida en toda la superficie del piso superior del pallet, donde el patrón de carga varía de capa en capa para conseguir un trabado entre las unidades de carga (fig. 4.20c).

- **Carga sólida**  
Carga unitaria compacta rígida y homogénea, soportada por todos los, tacos, tirantes y/o tablas (fig. 4.20d)

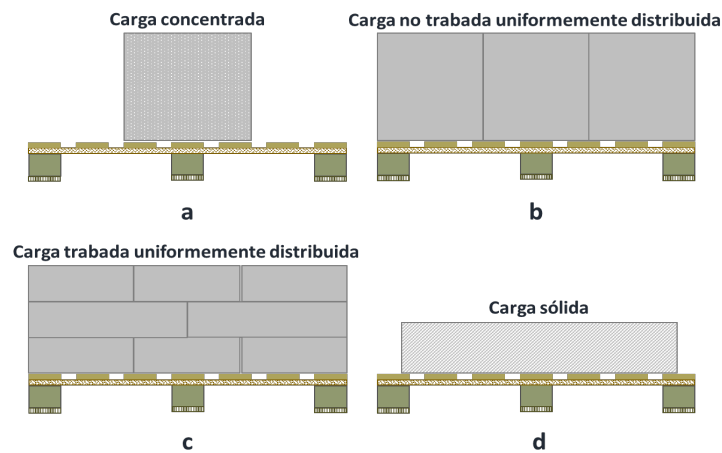


FIG. 4.20 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL PALLET

## Carga máxima de trabajo

Las cargas máximas de trabajo a las que se puede someter un pallet, según lo definido en la norma, dependen de:

- Distribución de la carga en la plataforma.
- Condiciones de operación, es decir, almacenamiento, apilado y tipo de horquillas para el manejo.

Tipo de carga	Carga máxima de trabajo [kg]			
	Almacenamiento		Apilamiento (c)	Elevación (d)
	Apoyos sobre el ancho (a)	Apoyos sobre el largo (b)		
<i>Carga concentrada</i>	1.200	800	No aplicable	1.200
<i>Carga no trabada uniformemente distribuida</i>	1.500	1.250	3.000	1.600
<i>Carga trabada uniformemente distribuida</i>	1.800	1.500	3.500	1.900
<i>Carga sólida</i>	2.000	2.000	4.000	2.200

TABLA 4.2 CARGA MÁXIMA DE TRABAJO

En la tabla 4.2 se definen los valores de carga máxima, y la forma de aplicación puede observarse en la figura 4.21: las figuras a y b corresponden a la condición de almacenamiento; la figura c, a la condición de apilamiento; y la figura d, a la condición de elevación.

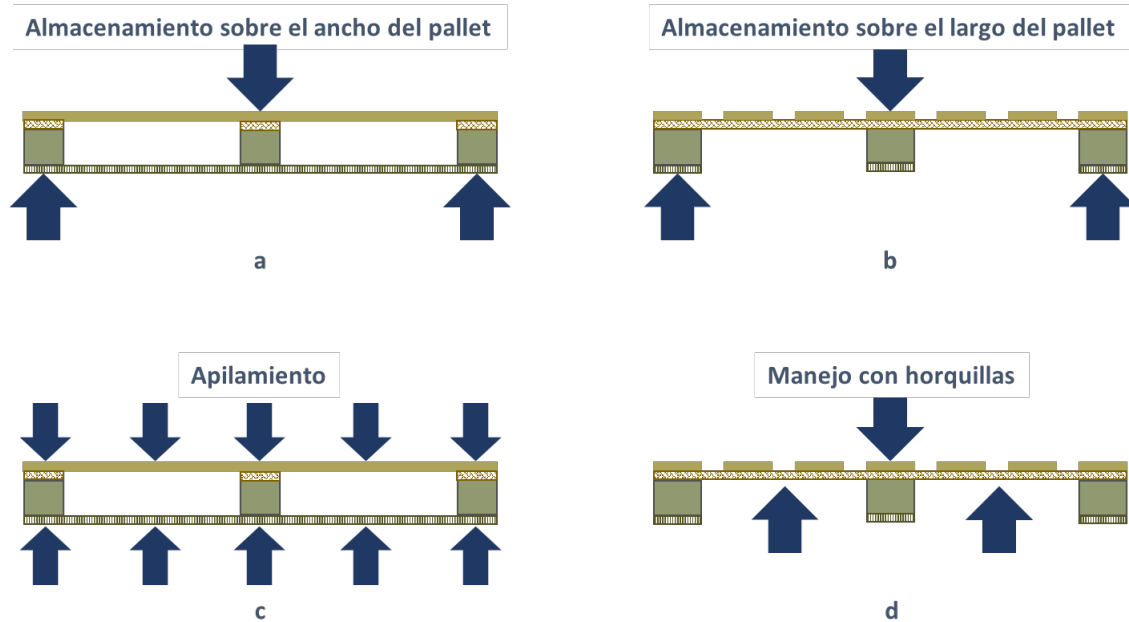


FIG. 4.21 POSICIONAMIENTO DE APOYOS Y CARGAS SEGÚN LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN

- Espesor de tablas, que estarán en relación de la carga máxima de trabajo de la plataforma y el tipo del ciclo de uso, según sea de única vez o de usos múltiples.

	Pallets Ligeros	Pallets Semi Pesados	Pallets Pesados
<b>Espesor de las tablas (E) en mm</b>	15 < E < 17	17 < E < 20	> 20
<b>Cargas que transportar</b>	Hasta 400 Kg	De 400 a 800 Kg	De 800 a 1500 Kg
<b>Uso</b>	Un solo uso	Rotaciones Limitadas	Múltiples rotaciones

TABLA 4.3 CARGA MÁXIMA DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE TABLAS

# Medidas fitosanitarias para el control de pallets de madera

La madera como elemento orgánico puede transmitir plagas que deterioren la biodiversidad de sitio de destino. Par mitigar este riesgo, la ONU promulgó las directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional, a través de las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, conocidas por su acrónimo NIMF (IPPC en inglés).

## NIMF 15

Esta reglamentación describe las medidas fitosanitarias destinadas a reducir los riesgos de introducción y dispersión de plagas asociadas al embalaje de madera utilizado en el comercio internacional.

Todos los países que realicen operaciones de comercio internacional que involucren embalaje de madera deberán cumplir con la aplicación de las medidas, tratamientos y marcación establecidos en esta norma. El embalaje que no cumpla con los requisitos deberá ser eliminado y no se permitirá su ingreso al destino final. Los certificados de cumplimiento de la norma deben incluirse obligatoriamente en el manifiesto de exportación en origen y también serán requeridos en el destino.

El embalaje de madera en bruto, ya sea de coníferas o no coníferas, puede representar una vía de ingreso de plagas que afectan a árboles y plantas vivas. Por ello, se considera embalaje de madera a pallets, madera para estiba, jaulas, bloques, barriles, cajones, tablas para carga u otros tipos de embalajes que contengan madera en bruto y que puedan ser utilizados en la importación de cualquier tipo de mercadería.

Por otro lado, todos los productos derivados de la madera, como aglomerados, chapas de chips u otros materiales que contienen restos de madera unidos con pegamentos y producidos mediante presión y calor, se consideran libres de riesgo de plagas debido a su proceso de fabricación.

Las medidas aprobadas por la NIMF 15 para el tratamiento del embalaje de madera son:

- Tratamiento térmico (HT)

El procedimiento consiste en calentar el embalaje a una temperatura mínima de 56°C de manera que esta sea alcanzada en un período mínimo de 30 minutos. Los procesos de secado por horno, impregnación química u otro pueden ser considerados como tratamientos térmicos siempre que cumplan con los parámetros mínimos de 56°C / 30 minutos.

- Fumigación con bromuro de metileno (MB)

El procedimiento de fumigación aplicado al embalaje deberá seguir la siguiente norma mínima de concentración, tiempo y temperatura, cumpliendo que la temperatura mínima no deberá ser inferior a 10°C y la exposición no menor a 16 h.

Temperatura	Dosis	Registros mínimos de concentración durante:			
		30 min.	2 h	4 h	16 h
21°C o mayor	48	36	24	17	14
16°C o mayor	56	42	28	20	17
11°C o mayor	64	48	32	24	19

TABLA 4.4 VALORES PARA TRATAMIENTO POR FUMIGACIÓN

## Marcación del embalaje de madera

Para garantizarle al cliente y a las autoridades correspondientes que el embalaje ha sido sometido a uno de los tratamientos indicados por la norma, se deberá acompañar la documentación de despacho con un certificado emitido por el tratador del embalaje, en el que se indique el método utilizado de acuerdo con esta norma. Por otro lado, en el embalaje de madera se grabará a fuego la identificación del tratamiento recibido.

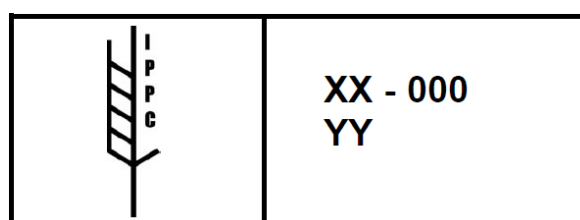


FIG. 4.22 MARCACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA NIMF 15

Además del símbolo de la norma, la marca deberá incluir, al menos:

- ✓ XX código del país de origen de la madera según ISO;
- ✓ 000 número que la ONPF (Organización Internacional de Protección Fitosanitaria) le asigna al productor del embalaje de madera;
- ✓ YY abreviatura de la medida de protección a que se sometió el embalaje, HT o MB.

## Pallet de aglomerado de madera

La fabricación del pallet consiste en comprimir virutas de madera y amino-resinas a alta presión y temperatura. El moldeado se realiza a una temperatura de 300 °C, lo que permite esterilizar completamente el material y eliminar cualquier microorganismo. Por esta razón, estos pallets son reconocidos por la norma NIMF-15 como aptos para exportación, sin requerir los tratamientos adicionales que dicha norma indica para otros tipos de embalaje.

En comparación con los pallets de madera, su peso es entre un 20 % y un 30 % menor para un mismo tamaño. Se fabrican en todas las medidas normalizadas, tanto ISO como las del tipo americano.

Su diseño encajable permite apilar hasta 50 pallets en una altura de 2 metros, ocupando un espacio considerablemente menor durante su almacenamiento.



FIG. 4.23 PALLET AGLOMERADO DE MADERA

## Pallet plástico

Este tipo de pallet está ganando presencia en el mercado logístico debido a la constancia de su peso, su larga vida útil y la facilidad de higienización.

Los materiales utilizados para fabricar pallets plásticos inyectados pueden ser HDPE (polietileno de alta densidad), ya sea virgen o reciclado, o también PET reciclado (proveniente de botellas plásticas).

En los casos en que se requiere mayor resistencia a la carga, se incorpora una malla metálica en su estructura.

Son muy livianos, con un peso aproximado de entre 6 y 7 kg, lo que representa casi un 75 % menos que el peso de un pallet de madera. Además, al poder fabricarse con un piso de nueve tacos encastrables, permiten lograr importantes ahorros en el costo logístico.

La facilidad de lavado a alta presión y temperatura, junto con su amplia tolerancia térmica, los hace ideales para su uso en las industrias química y alimentaria.



FIG. 4.24 PALLET PLÁSTICO

## Pallet de cartón

Están contruidos en cartón corrugado de alto rendimiento, reciclable y biodegradable, lo que les otorga un peso muy bajo: aproximadamente 6 kg para los modelos Europallet y ARLOG. Representan una alternativa a los pallets de madera y no requieren tratamientos fitosanitarios para la exportación.

Su capacidad de carga es reducida en comparación con otros tipos de pallets, alcanzando en algunos casos hasta 800 kg. Son de un solo uso,

aunque poseen un valor residual, ya que pueden venderse como cartón para reciclaje.

Dado que pueden garantizar condiciones de higiene adecuadas, se destinan principalmente al mercado agrícola y agroalimentario. Al igual que los pallets plásticos, no presentan astillas ni clavos, lo que los hace altamente seguros para el manejo manual.



*FIG. 4.25 PALLET DE CARTÓN*

## Pallet metálico

Son fabricados en acero o aluminio y están diseñados para facilitar la manipulación de productos cuyo elevado peso impide su transporte mediante pallets de madera convencionales. Sin embargo, presentan dos grandes desventajas: su propio peso, que implica un mayor costo logístico, y el alto costo de fabricación.

Actualmente, se han desarrollado pallets de acero galvanizado con perfiles estructurales cuadrados con el fin de reducir su peso.



*FIG. 4.26 PALLET DE METÁLICO*

# **Capítulo 5**

## **Contenedores**

El contenedor constituye una unidad de carga logística indivisible, segura e inviolable, utilizada tanto en el transporte local como internacional. Se completa en el lugar de origen con unidades de carga menores o material a granel, y se descarga en el destino del embarque. Este sistema es ideal para el transporte multimodal.

En 1956, luego de varios intentos fallidos, Malcolm McLean fundó la compañía Sea-Land y utilizó por primera vez un prototipo de contenedor desarrollado por él, con características similares a las de los actuales. Este dispositivo, empleado como unidad de carga logística, revolucionó el transporte marítimo desde la segunda mitad del siglo XX. Solo en su primer año de operación, logró reducir el costo de carga y descarga de un buque en más de treinta veces.

El contenedor trajo aparejado una serie de ventajas en las operaciones de transporte en todos los medios en los que se pueden utilizar:

- ✓ Bajo costo de las operaciones de carga y descarga
- ✓ Reducción de la mano de obra en estas operaciones, con la consecuente reducción de accidentes laborales
- ✓ Seguridad patrimonial de los productos transportados
- ✓ Uso en múltiples sistemas de transportes



*FIG. 5.1 CONTENEDOR METÁLICO*

## DEFINICIÓN

Un contenedor es un recipiente de carga para los modos de transporte marítimo, fluvial, terrestre y multimodal. Se trata de unidades estancas que protegen las mercancías de las roturas por manejo, los factores climáticos y los riesgos patrimoniales.

## DIMENSIONES SEGÚN ISO 668

La norma ISO 668 “Contenedores de carga, clasificación, dimensiones y rangos” define los contenedores de la serie 1. En su revisión de 2020, se incorporó como parte de esta serie al contenedor de 45 pies de longitud y se excluyeron los contenedores de 6½ y 5 pies de largo, aunque estos últimos aún se fabrican y continúan en circulación.

ISO	Nombre Comercial	Dimensiones Externas [mm]			Mínimas Dimensiones Internas [mm]			Peso Bruto Máximo [kg]
		Largo	Alto	Ancho	Largo	Alto	Ancho	
1EEE <sup>4</sup>	45 Foot HC	13.716'	2.895	2.438	13.542	Alto ext. Menos 241 mm	2.330	30.480
1EE <sup>9</sup>	45 Foot Standad		2.591					
1AAA	40 Foot HC	12.192	2.895	2.438	11.998	Alto ext. Menos 241 mm	2.330	30.480
1AA	40 Foot Standad		2.591					
1A	40 Foot		2.438					
1BBB	30 Foot HC	9.125	2.895	2.438	8.931	Alto ext. Menos 241 mm	2.330	30.480
1BB	30 Foot Standad		2.591					
1B	30 Foot		2.438					
1CCC	20 Foot HC	6.058	2.895	2.438	5867	Alto ext. Menos 241 mm	2.330	30.480
1CC	20 Foot Standad		2.591					
1C	20 Foot		2.438					
1D	10 Foot	2.991	2.438	2.438	2.802	Alto ext. Menos 241 mm	2.330	10.160

TABLA 5.1 DIMENSIONES DE CONTENEDORES ISO 668 REVISIÓN 2020.

<sup>4</sup> Dimensión incluida en la revisión 2020

## TEU – Twenty Equivalent Units

Como se indica en la tabla 5.1, se definen cinco longitudes normalizadas de contenedores, o siete si se incluyen las dos medidas discontinuadas, pero aún en circulación. Sin embargo, esta variedad de longitudes complica el diseño y la optimización del espacio en las bodegas de los buques. Por esta razón, las compañías navieras han adoptado como unidad base las dimensiones del contenedor 1CC de 20 pies. Consecuentemente, se ha generalizado el uso de este y del 1AA de 40 pies, que equivale a dos unidades 1CC.

A esta unidad adimensional se la denominó TEU (acrónimo del inglés *Twenty-foot Equivalent Unit*), que representa:

***El volumen que ocupa en el espacio (exterior) un contenedor estándar de 20' – 1CC***

Esta unidad normalizada del contenedor 1CC de 20' es utilizada como unidad de medición de capacidad de depósitos y puertos, es decir que, cuando hablamos de capacidades en el transporte marítimo y terrestre, estas se expresan en TEUs.



FIG. 5.2 REPRESENTACIÓN DE 1 TEU

## Cargas de trabajo

La norma ISO 668 establece la carga bruta máxima de un contenedor (R), que incluye el peso de la tara (T), es decir, el peso propio del contenedor, más la carga de la mercadería con la que se completará, también llamada peso neto (Q). El peso de la tara varía según el tipo de contenedor. En función de la carga bruta, la norma ISO 1496-1 establece que el apilamiento máximo permitido es de nueve alturas.

$$R = T + Q$$

EC. 5.1 CARGA BRUTA MÁXIMA

## Componentes de la estructura del contenedor

En la figura 5.3 indicamos los componentes principales de un contenedor Dry Van o común.

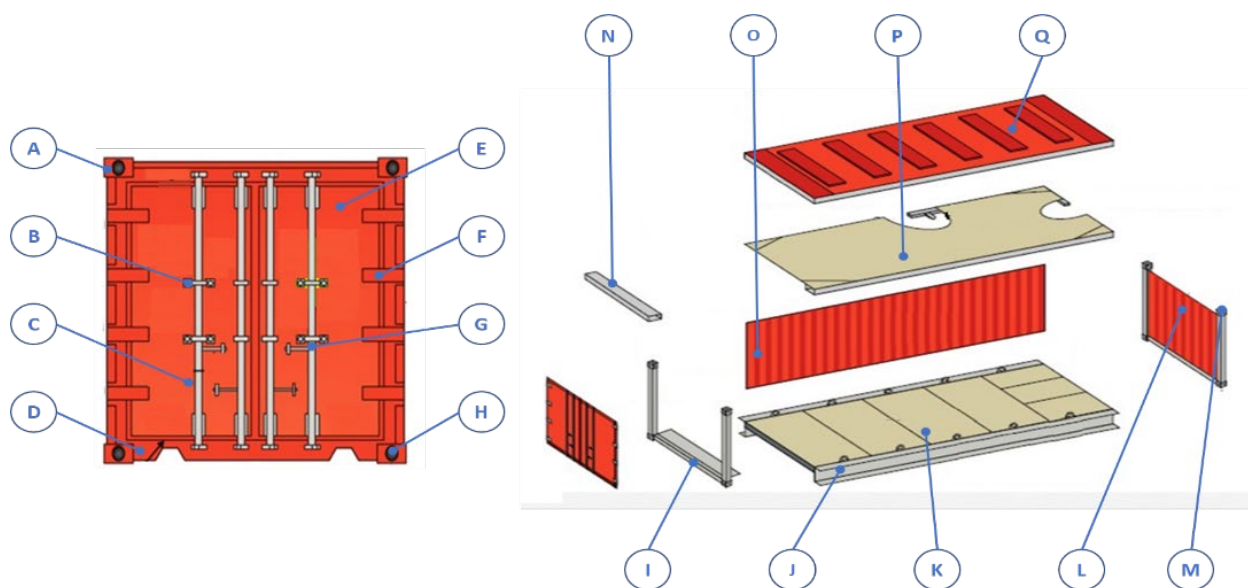


FIG. 5.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTENEDOR DRY VAN

- A. Esquinero con alojamiento para elevación
- B. Soporte de barras de seguridad
- C. Barras de seguridad
- D. Travesaño estructural frontal
- E. Puerta
- F. Bisagras de puertas
- G. Manija de apertura de puertas
- H. Esquinero con alojamiento para fijación

- I. Estructura frontal lado de puertas
- J. Estructura de piso
- K. Panel del piso
- L. Panel frontal posterior
- M. Estructura frontal posterior
- N. Soporte frontal de techo
- O. Panel lateral
- P. Panel de techo
- Q. Techo

## Tipos de contenedores

Desde el primer contenedor utilizado en 1956, que era básicamente una caja metálica con puertas, su diseño se ha ido adaptando progresivamente a medida que se masificó su uso como unidad de carga, ajustándose a los diferentes tipos de mercaderías a transportar.

### 1. Contenedor Dry Van, común o estándar

Son los tipos de contenedor más usados a nivel mundial en el transporte de cargas secas, generales y de los graneles envasados en el sistema Big Bag. Este contenedor se puede cerrar herméticamente lo que le da una protección total a la mercadería, exceptuando cuando es necesario el control de la temperatura.

### 2. Refrigerado/Refeer

Cuenta con un sistema de refrigeración incorporado, al que se le suma un sistema de aislación con poliuretano expandido para todos los paneles laterales, frontales, piso y techo que permite mantener una temperatura controlada dentro del contenedor. El rango de temperaturas de trabajo varía entre  $-25^{\circ}\text{C}$  y  $+25^{\circ}\text{C}$ , habiendo equipos especiales que pueden alcanzar los  $-60^{\circ}\text{C}$ . La aislación térmica debe garantizar la pérdida máxima de  $1^{\circ}\text{C}$  por día cuando el sistema de refrigeración no está conectado.

El diseño del equipo frigorífico no está hecho para enfriar la mercadería, por lo que el producto debe estar pre enfriado al momento de la carga, ya que el equipo solo mantendrá la temperatura deseada.

Las unidades de carga dentro del contenedor deben estibarse dejando espacios entre estas y teniendo en cuenta que la sujeción de la unidad de carga debe permitir la circulación del aire para mantener la temperatura homogénea. Además, la altura de la carga dentro del contenedor está limitada para permitir, también, la correcta circulación del aire de refrigeración.

El equipo generador del contenedor refrigerado se conecta a la red de energía de los buques, puertos y de los camiones para el transporte terrestre.

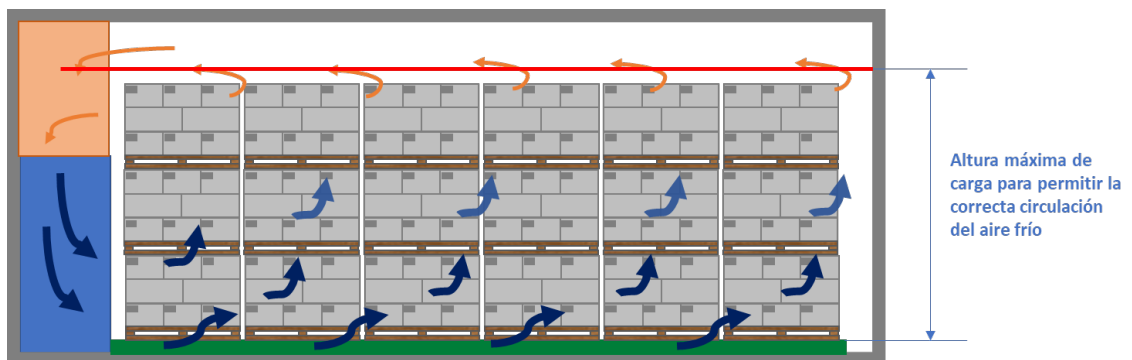


FIG. 5.4 CONTENEDOR REEFER

### 3. Aislado/Porthole

Es un contenedor de diseño similar al refrigerado, pero no cuenta con una unidad generadora de aire frío incorporada. El suministro del aire a la temperatura deseada debe ser provisto por la terminal portuaria o el sistema de refrigeración del buque. Posee dos aberturas en el panel frontal, opuestas a las puertas, por donde se conecta al sistema de ventilación externo. El rango de temperatura de trabajo varía entre  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y el gradiente de caída de temperatura debe ser de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por día.

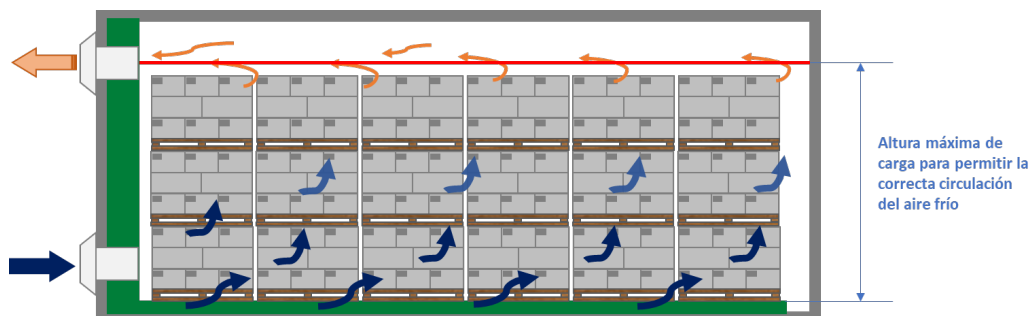


FIG. 5.5 CONTENEDOR PORTHOLE

#### 4. Ventilados

Cuando se desea evitar la condensación de gases o la humedad del aire dentro del contenedor, lo que podría afectar la carga, se utiliza el contenedor ventilado, que permite esa circulación.

Los paneles laterales del contenedor cuentan con una serie de aberturas que facilitan el flujo de aire, pero al mismo tiempo protegen la mercadería de otros agentes ambientales que podrían dañarla.

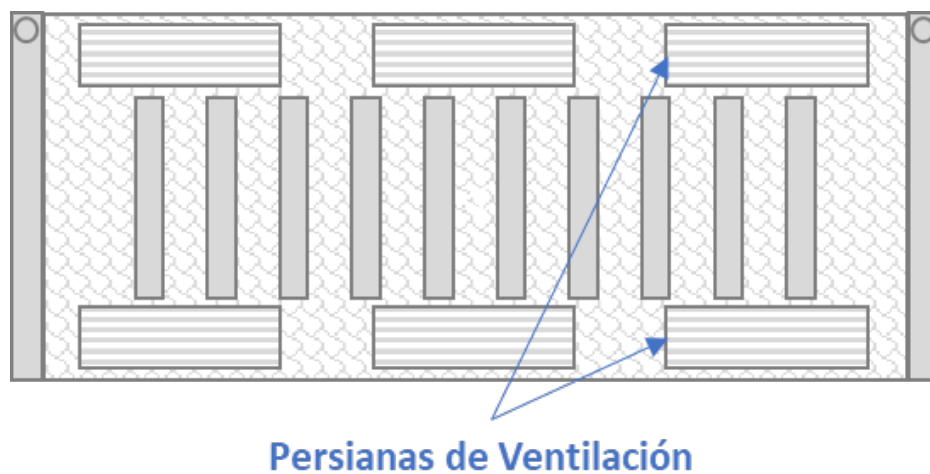


FIG. 5.6 CONTENEDOR VENTILADO

#### 5. Open top

Es un contenedor de categoría estándar que se caracteriza por no disponer de parte superior.

Es apropiado para cargas demasiado pesadas que deben ser levantadas con grúas y cargadas desde arriba, o para cargas excesivamente altas.

El techo se cubre con una lona para proteger mejor la mercancía durante el transporte. Cuando se utiliza para cargas más altas que las clases 1A, 1B, 1C, 1D y 1E, genera un costo adicional por sobre medida, que puede variar según la ruta de transporte.



FIG. 5.7 CONTENEDOR OPEN TOP

## 6. Flat track

Están diseñados para dar cabida a cargas con sobrecarga que no permiten su transporte en contenedores Dry Van.

Los contenedores Flat Rack consisten básicamente en la plataforma del piso de un contenedor clase 1 y los paneles frontales, que pueden ser rebatibles o fijos. Esto los hace adecuados para el transporte de mercancías con un ancho superior al de un contenedor clase 1 o con volúmenes muy irregulares, como vehículos industriales o tuberías.

Al no contar con paneles laterales ni panel superior, las mercancías viajan expuestas a los elementos.

La carga debe ser correctamente distribuida en la plataforma para aprovechar al máximo la capacidad, y debe asegurarse mediante una fijación adecuada con soportes o flejes.



FIG. 5.8 CONTENEDOR FLAT TRACK

## 7. Open side

Están diseñados para cargas más anchas que la apertura de las puertas frontales de un contenedor estándar, por lo que uno de los paneles laterales se convierte en dos puertas rebatibles que facilitan la carga. Los paneles frontales pueden ser ambos fijos, o bien uno de ellos puede conservar las puertas estándar.



FIG. 5.9 CONTENEDOR OPEN SIDE

## 8. Contenedores tanque

Los contenedores tanque o isotanques son especialmente diseñados para el transporte de líquidos o gases y sustancias peligrosas.

En cuanto a su estructura, el tanque viaja dentro de un marco que permite el anclaje y se ajusta a las medidas del contenedor clase 1C (20'). El tanque está recubierto por un material aislante que lo protege de los elementos.

Los isotanques presentan la ventaja de ser más seguros, ágiles, respetuosos con el medioambiente y económicos que otras opciones como los tambores.



FIG. 5.10 CONTENEDOR TANQUE

## 9. Contenedores graneleros

Diseñado especialmente para el transporte de granos y semillas, posee tres escotillas superiores para la carga. En el panel frontal tiene una compuerta inferior para la descarga por precipitación. Las dimensiones son de un contenedor de 20' clase 1C.



FIG. 5.11 CONTENEDOR GRANELERO

## 10. Contenedores plataforma

Diseñado especialmente para el transporte de carga de sobre medida o extra - peso. Básicamente, es una plataforma con las medidas de ancho y largo de los contenedores ISO Serie 1.

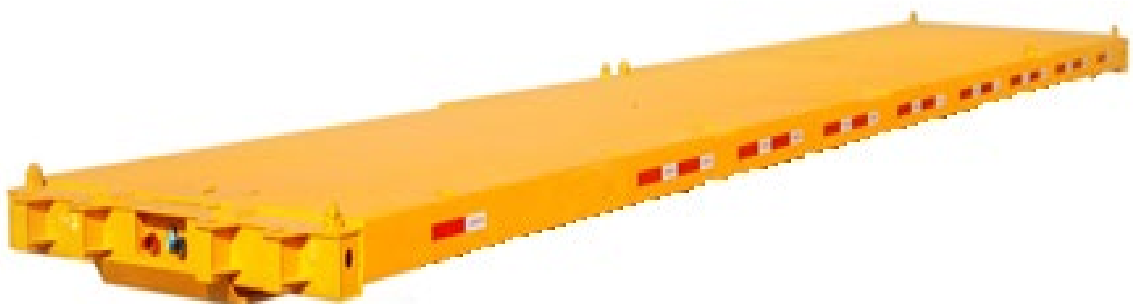


FIG. 5.12 CONTENEDOR PLATAFORMA

## Sujeción de contenedores

La seguridad de la estiba de los contenedores es esencial para el almacenamiento y transporte. Para esto, los contenedores están provistos de piezas llamadas cantoneras en cada una de sus esquinas superiores e inferiores. Las cantoneras tienen aberturas en sus caras laterales, inferiores (piso) o superiores (techo), que permiten la introducción del dispositivo de fijación para asegurar la estiba o el dispositivo de conexión con la eslinga o equipo de elevación.

Estos accesorios, construidos en fundición de hierro y cuyas medidas están normalizadas por la ISO 1161, son únicos según su configuración geométrica y posición; es decir, al solicitarlos, se debe especificar la posición que ocuparán.

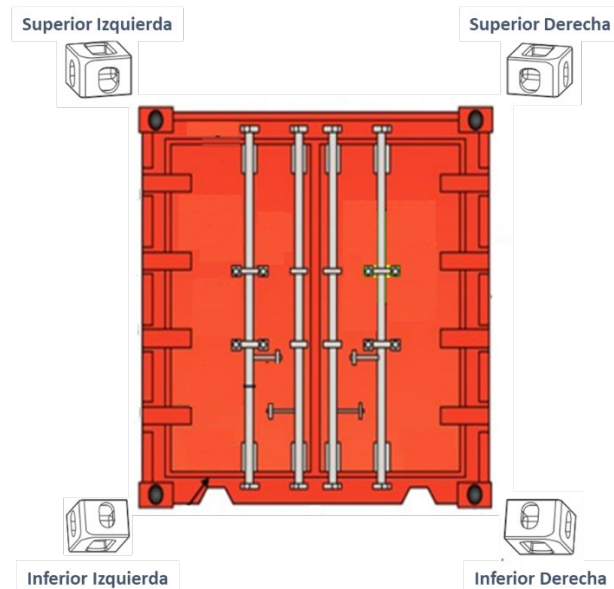


FIG. 5.13 CANTONERAS PARA LA FIJACIÓN Y EL IZAJE

El dispositivo de fijación, también llamado *twistlock*, es una pieza tronco piramidal giratoria que permite sujetar al contenedor. La fijación se logra mediante el accionamiento de una palanca con un giro de  $\frac{1}{4}$  de vuelta.

El dispositivo *twistlock* es diseñado en diferentes opciones de ajuste y fijación para asegurar el container a una plataforma o a otro contenedor durante el transporte, la estiba o al dispositivo de elevación. Está fabricado en acero aleado para garantizar la resistencia durante la operación.

Los dispositivos pueden ser de un solo punto de fijación (figura 3.39a), que van montados sobre la plataforma del transporte, o de doble punto de fijación (figura 3.39b) que se utiliza para fijar dos contenedores entre sí en una estiva.

Para la elevación de la carga, el dispositivo tiene un cuerpo con ojal para conectar los accesorios para la elevación (figura 3.39c).

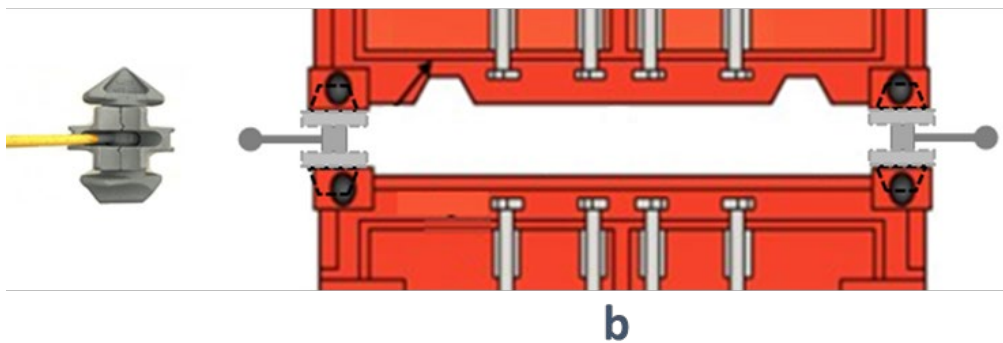
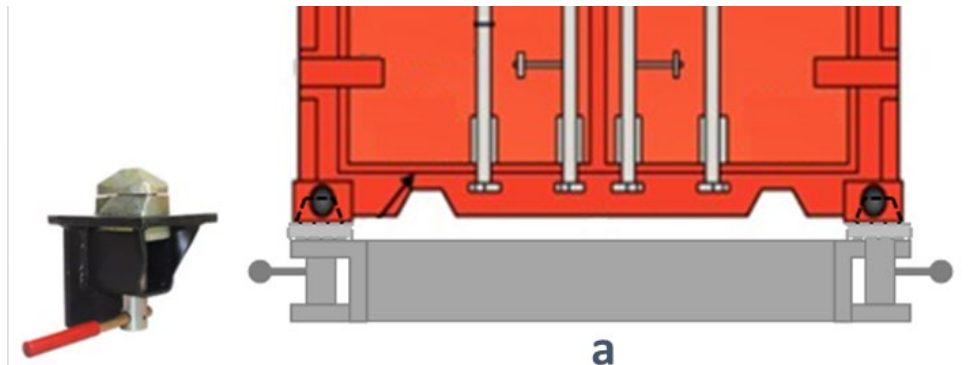


FIG. 5.14 DISPOSITIVO DE FIJACIÓN PARA CONTENEDORES

## Identificación de los contenedores

Los contenedores para el tráfico marítimo internacional tienen un registro normalizado por el Bureau Internacional de Contenedores (BIC) que establece la marcación y la posición de los datos que deben incluirse en el exterior del contenedor.

### Datos de identificación

La marcación establecida por BIC incluye el código de identificación del contenedor, las características del contenedor, el cumplimiento de normativas internacionales, su estado, y las identificaciones operacionales correspondientes.

Estos datos son:

- **Código de Identificación del contenedor, según ISO 6346**

El sistema de identificación de contenedores especificado en la ISO 6346 consiste en los elementos siguientes:

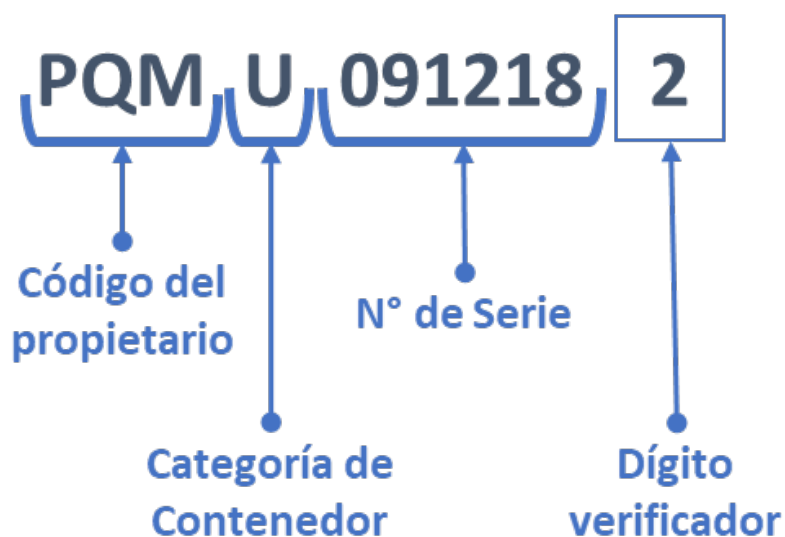


FIG. 5.15 CÓDIGO ISO DE IDENTIFICACIÓN

#### ↪ Código del propietario del contenedor

Alfabético de tres letras mayúsculas, del alfabeto latino, es único por cada propietario u operador y es otorgado por el Bureau Internacional de Contenedores. También es llamado código BIC.

↪ Código de la categoría al que pertenece el contenedor

Alfabético de una letra mayúscula, del alfabeto latino, correspondiéndose con:

U – Para todos los contenedores que cumplen la normativa ISO.

J – Para equipos auxiliares

Z – Para tráiler y chasis

↪ Número de Serie

El número de serie del contenedor marítimo consiste en 6 dígitos, en numeración arábica, definidos por el propietario u operador, debe ser un código único y diferente del resto de contenedores del mismo dueño. El número es identificativo solo y no aporta más información extra.

↪ Dígito de Verificador

El dígito de control, en numeración arábica, se coloca encuadrado a continuación a la derecha del número de serie. Este número sirve para verificar que el código del propietario, el código de categoría y el número de serie son correctos. Este dígito se calcula mediante un algoritmo establecido por la norma ISO 6346

- **Código de dimensiones y tipo del contenedor**

La norma ISO 6346, definió un código para identificar las características del contenedor. Estableció una secuencia cuatro dígitos alfanuméricos (latinos y arábigos) que se ubica inmediatamente debajo del código de identificación.



FIG. 5.16 CÓDIGO ISO DE DIMENSIONES Y TIPO

Cada una de las características del contenedor tiene los dígitos asignados por la ISO 6346. Las tablas 5.2 y 5.3 indican la codificación para los contenedores con dimensiones de acuerdo con la norma ISO 668, pero la norma 6346 contempla además la codificación para contenedores con medidas fuera de norma.

El primer dígito corresponde al largo del contenedor:

Largo	Código
10'	1
20'	2
30'	3
40'	4
45'	L

TABLA 5.2 CÓDIGO DEL LARGO DEL CONTENEDOR ISO 6346

El segundo dígito representa el alto y ancho del contenedor:

Altura	Ancho	Código
2.438mm – 8'	2.438mm – 8'	0
2.591mm – 8'6" (STD)	2.438mm – 8'	2
2.895mm – 9'6" (HC)	2.438mm – 8'	4

TABLA 5.3 CÓDIGO DEL ALTO Y ANCHO DEL CONTENEDOR ISO 6346

El tercer y cuarto dos últimos dígitos designan el tipo de contenedor y sus características:

3° Dígito	Tipo de contenedor
<b>G</b>	Contenedor de Uso general
<b>V</b>	Contenedor de Uso general ventilado
<b>B</b>	Contenedor para productos sólidos a granel
<b>S</b>	Contenedor especializado (ej. Transporte de automóviles)
<b>R</b>	Contenedor térmico con equipo propio
<b>H</b>	Contenedor refrigerado con equipo móvil
<b>U</b>	Contenedor de techo abierto (open top)
<b>P</b>	Contenedor Plataforma
<b>T</b>	Contenedor cisterna
<b>A</b>	Contenedor aire superficie

TABLA 5.4 CÓDIGO DEL TIPO DEL CONTENEDOR ISO 6346

El cuarto dígito es numérico y representa las distintas características de un mismo tipo de contenedor. Damos algunos ejemplos de estos:

- ↪ **G0** – Contenedor de uso general – Dry Van
- ↪ **G2** – Contenedor de uso general con apertura en una o los dos paneles laterales – Open Side
- ↪ **R0** – Contenedor refrigerado mecánicamente – Reefer
- ↪ **H0** – Contenedor refrigerado y/o calentado con equipo móvil en el exterior – Porthole

- **Placa CSC (Container Safety Convention) / CCC (Container Customer Convention)**

En 1972, las Naciones Unidas decidieron convocar a una convención -Container Safety Convention (CSC)- para establecer la seguridad en el uso de los contenedores para el transporte de mercancías. Los objetivos de esta son:

- ↪ Mantener un alto nivel de seguridad de la vida humana en el transporte y manipulación de contenedores.
- ↪ Facilitar el transporte internacional de contenedores proporcionando normas de seguridad internacionalmente uniformes.

Estableciendo el mínimo de condiciones para el control de seguridad de los contenedores para ser utilizados en el transporte internacional, y como aseguramiento de dicho cumplimiento y validez, el contenedor debe estar identificado con la placa de aprobación de seguridad denominada placa CSC.

La placa es colocada por el fabricante una vez verificadas las condiciones de aprobación establecidas. Se remacha en el exterior de la puerta izquierda con la frase en inglés o francés “APROBACIÓN DE SEGURIDAD DE CSC”, la fecha de fabricación y el código BIC del fabricante.

El contenedor bajo la CSC tiene un programa de inspecciones periódicas para verificar las condiciones de seguridad, debiendo

mostrar el número de inspección en la placa CSC, generalmente en la forma de una calcomanía.

Los propietarios de contenedores son responsables de mantener los contenedores en condiciones seguras y dar cumplimiento a los programas de inspecciones.

Juntamente con la convención de seguridad, se estableció **Convenio Aduanero para Contenedores (CCC)**. La placa de aduana muestra el certificado aplicable al contenedor para permitir el transporte con precinto aduanero y su importación temporal.

- **Identificaciones operativas obligatorias**

Están destinadas a brindar la información necesaria para el movimiento de contenedores o para dar advertencias visuales.

- ↪ Peso del contenedor: se indica el peso máximo y la tara.
- ↪ Señal de advertencia de peligro eléctrico aéreo.
- ↪ Señal de altura para contenedores donde la misma es mayor a la estándar.

- **Ubicación de los datos de identificación de los contenedores**



FIG. 5.17 IDENTIFICACIONES EN PANELES FRONTALES, PUERTAS Y FONDO



FIG.5.18 IDENTIFICACIONES EN LATERALES Y TECHO

# **Capítulo 6**

## **Diseño y dimensionamiento de almacenes**

# Diseño y dimensionamiento de almacenes

El proceso de diseño de un almacén debe seguir la misma lógica organizacional con la que se define una empresa o un proyecto; es decir, partir de las políticas y objetivos a mediano plazo hasta llegar a las gestiones operativas. Esto permitirá no solo mantener una total sintonía con la gestión de la empresa, sino también afrontar los cambios estratégicos y operativos de manera económicamente óptima.

Esta lógica, que va desde lo organizacional hacia lo procesual, generará las variables de entrada para el proceso de diseño.

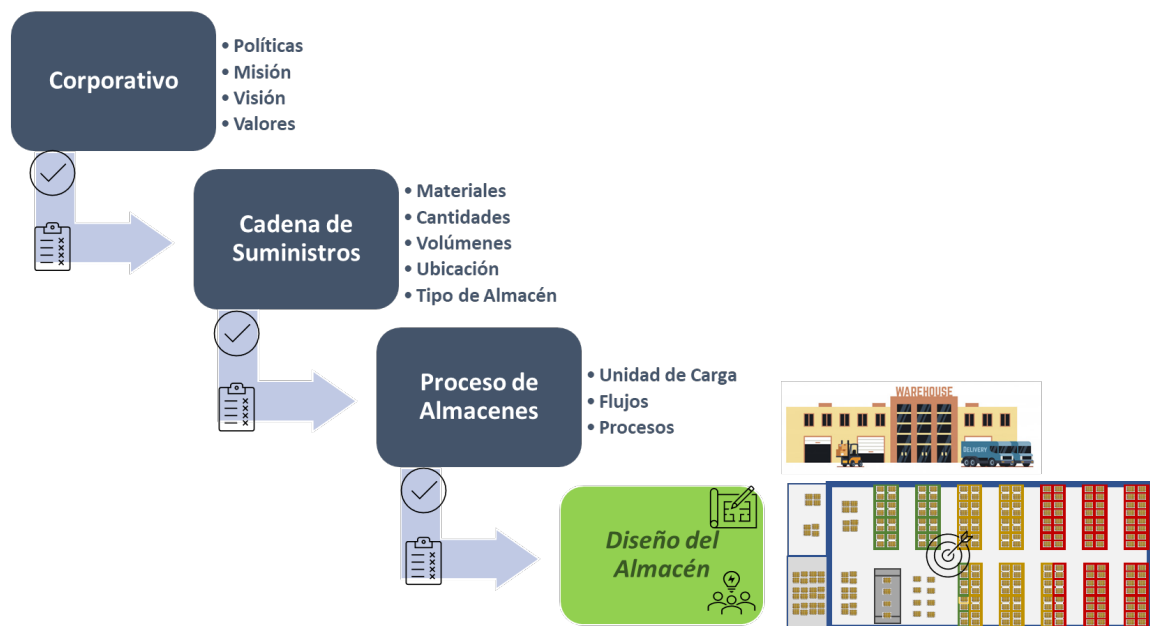


FIG. 6.1 VARIABLES DE INGRESO PARA EL DISEÑO DE ALMACENES

La figura 6.1 representa la lógica organizacional de la empresa orientada al diseño del almacén. Las definiciones corporativas en términos de políticas y visión proporcionan el marco de operación a mediano y largo plazo, permitiendo proyectar un horizonte temporal que justifique inversiones con un retorno económicamente aceptable para el proyecto.

Los productos de la cadena de suministros y sus volúmenes definen las variables estratégicas y tácticas para el diseño:

- **Materiales:** tanto el tipo (como graneles, líquidos, peligrosos y otros), como su categoría dentro del proceso (materias primas, insumos, semi elaborados y productos).
- **Cantidades:** las planificaciones de producción y venta permitirán definir las cantidades de todos los materiales involucrados en el proceso.
- **Volúmenes:** los materiales definen el volumen unitario y, con las cantidades necesarias para el proceso, se calcula el volumen cúbico total que este demandará.
- **Tipo de almacén:** la producción, como parte integrante de la cadena de suministros, definirá la necesidad de separar la materia prima del producto terminado, ya sea por requerimientos del proceso o por las características del producto. Un ejemplo clásico de esta situación es la industria automotriz: mientras que la materia prima y los insumos se almacenan en sistemas convencionales cubiertos, el producto terminado —el automóvil— se almacena en superficies descubiertas o en depósitos cubiertos de uso específico.
- **Ubicación:** ventas, dentro de la cadena de suministros, planteará las necesidades de distribución. Esto llevará a la definición de la ubicación del o los almacenes, es decir: almacenes centrales, regionales o locales.

El proceso de almacenes aportará la definición de las variables operativas de diseño y dimensionamiento:

- **Unidad de carga logística**  
La definición de las unidades de carga con las se operará en el almacén es la base fundamental para el dimensionamiento, la selección de los sistemas de almacenaje y los equipos de manejo. Es recomendable, en medida de lo posible, utilizar el mínimo de unidades de carga diferentes.
- **Flujos**  
El dimensionamiento y la distribución física de las actividades del proceso de almacén requieren una definición precisa de la circulación de los flujos, así como su valoración en términos de recorridos, cantidades y volúmenes.
- **Procesos**

Dado que en los últimos años se han incorporado procesos como la logística inversa a la gestión operativa, estos deberán ser tenidos en cuenta al momento del dimensionamiento y diseño.

## Tipos de almacenes

La definición del tipo de almacén dependerá de los productos que se van a almacenar y del tipo de industria o servicio, factores que influirán directamente en la selección del almacén que mejor se ajuste a las necesidades del proceso.

En general, la clasificación por tipo de almacén abarca una familia de productos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, un proceso industrial involucra varias familias de productos diferentes, lo que hace necesario combinar dos o más tipos de almacenes para alcanzar la solución más adecuada.

Sin perder de vista este concepto, a continuación, se describen los tipos generales de almacenes.

### Clasificación por grados de protección

La primera clasificación que podemos hacer de los tipos de almacén es en función del grado de protección atmosférica que se le brinda al producto. Estas son:

- **Descubiertas al aire libre**  
Generalmente se utilizan para materiales a granel que no se ven afectados por los agentes atmosféricos o por el tamaño y peso del producto. Son terrenos demarcados y asegurados para la protección patrimonial de los productos. El manejo de estos productos requiere de equipos de grandes dimensiones, por lo que se hace necesario incluir espacios adecuados para su circulación.
- **Cubiertos**  
Son edificios diseñados para alojar los materiales y productos de manera de brindar protección a los agentes atmosféricos y a la seguridad patrimonial. Poseen dimensiones variables y son construidos con diferentes estructuras (de acero, hormigón o auto portantes) en las que las estanterías hacen las veces de soporte.

Cuando el proyecto tiene un frente de obra móvil y requiere que el almacén acompañe al frente de obra, como en la construcción de un gasoducto, se recurre a instalaciones de fácil montaje, desmontaje y transporte, como estructuras de madera, carpas industriales de estructura de aluminio o simplemente contenedores del tipo marítimos adaptados para su uso.

## Clasificación por tipo de material almacenado

En este caso, la elección del tipo de almacén depende de los productos y del tipo de industria. Por ejemplo, ya se ha mencionado el caso de la industria automotriz, donde las materias primas e insumos se almacenan en depósitos cubiertos, mientras que los productos terminados se resguardan en espacios descubiertos.

Otro ejemplo es el de los centros de salud, donde el control de los productos es prioritario: los medicamentos se almacenan de forma separada del resto de los insumos médicos, en espacios específicamente diseñados para garantizar su conservación y trazabilidad.

La clasificación según el tipo de material almacenado distingue entre almacenes de tipo:

- General  
Es aquel donde se almacenan conjuntamente las materias primas, los semi elaborados y los productos terminados.
- De material primas  
Cuando se requiere un almacén específico para estos productos, se debe ubicar lo más cerca posible de la unidad productiva. La ventaja sobre el almacén general es el menor manejo de productos.
- De semi elaborados  
Para que estos almacenes cumplan óptimamente su función deben estar dentro de la unidad de fabricación. De este modo, los recorridos desde y hacia los puntos de proceso serán los mínimos y justificarán la ubicación descentralizada.

- De producto terminado  
Como dijimos anteriormente, está definida por el tipo, control y valor de producto.

Los actuales sistemas de gerenciamiento de almacenes SGA permiten la gestión de almacenes virtuales dentro de un mismo edificio de almacén. Cuando la ubicación respecto de los sistemas productivos no es determinante o económicamente óptima y los productos no imponen áreas de almacenamiento por separado, se puede optar, a través del SGA, por la creación de almacenes virtuales para los distintos tipos de productos sin la necesidad de la segregación física.

## Clasificación por su función logística

Otro modo de agrupar almacenes depende, en general, de la posición física del almacén dentro del proceso logístico. Existen, según esta clasificación:

- Almacén central  
Es el que se ubica generalmente en el centro de producción y se encarga de distribuir el producto directamente al cliente o a centros de distribución regionales o locales.
- Almacén regional  
Llamados también centros de distribución, estos almacenes se utilizan cuando los centros de consumo están alejados del lugar de producción, ubicándolos en puntos estratégicos con respecto a dichos centros. Además, cumplen una función clave como amortiguadores de stock durante los períodos de alta y baja demanda.
- Almacén local  
Cuando un punto de consumo está alejado del centro de producción pero presenta un volumen de compra significativo, se recurre a un almacén local. Este tipo de almacén posee características similares a las de un almacén regional, aunque a menor escala en cuanto a sus dimensiones.

- Almacén Logístico  
Las empresas de transporte han incorporado el servicio de almacenamiento y distribución puerta a puerta, lo que permite tercerizar la gestión de los almacenes regionales o locales.

## Diseño sustentable

La gestión sustentable se ha convertido en un valor fundamental para todas las organizaciones, por lo que cualquier proyecto a gestionar estará enmarcado dentro de este principio. Por ello, el diseño de un almacén debe alinearse con los lineamientos de sustentabilidad definidos por la organización.

La gestión sustentable se sustenta en una operación basada en la calidad, la gestión ambiental y la eficiencia energética.



FIG. 6.2 CONSIDERACIONES PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE

Las prácticas a tener en cuenta en un proceso de almacenes sustentable deben comprender:

- ✓ Construcción edilicia
- ✓ Operación física de los procesos
- ✓ Mantenimiento de instalaciones y de equipos
- ✓ Gestión de residuos



FIG. 6.3 DISEÑO DEL PROCESO PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE

## Construcción del edificio

Como todo edificio industrial, un almacén debe ofrecer en su interior bienestar y seguridad para las personas, las máquinas, los equipos industriales y las actividades que en él se desarrollen, todo ello alineado con los principios de una construcción sustentable.

El uso de estas instalaciones demanda cada vez más:

- ✓ Durabilidad
- ✓ Menor costo de mantenimiento
- ✓ Materiales amigables con el medio ambiente
- ✓ Aprovechamiento de la luz solar
- ✓ Aspecto acorde con el entorno

## Construcción sustentable

Este concepto se refiere a las diversas estrategias que pueden implementarse durante la construcción de edificios, cuyo objetivo principal es minimizar los impactos ambientales negativos en el sitio donde se realiza la obra, abarcando todas las fases del ciclo de vida del inmueble. Esto incluye las etapas de planificación, diseño, construcción, mantenimiento, renovación, uso y eventual demolición o reconstrucción. Para ello, se aplican criterios como:

- ✓ Seguridad de la gente que ocupa y trabaja en el edificio
- ✓ Preservación del uso de energía y el agua
- ✓ Calidad y bienestar ambiental interior
- ✓ Cuidado del medio ambiente
- ✓ Uso de materiales y productos de construcción más amigables con el ambiente como la celulosa, el corcho o el lino.

## Gestión energética (ISO 50.001)

Durante la operación de un edificio, el consumo de energía representa el aspecto ambiental más relevante distribuido entre los siguientes factores:

- Acondicionamiento térmico  
Desarrollar aislaciones térmicas (amigables con el medio ambiente) para minimizar el uso de aire acondicionado.
- Calentamiento de agua  
Sistemas de griferías diferencial y de control para el uso del agua caliente, tanto doméstico como industrial.
- Electrodomésticos  
Incluir un sistema de servicios centralizados al personal para evitar consumos innecesarios.
- Iluminación  
Se deberá diseñar ambientes con orientación y aberturas que maximicen la iluminación por luz solar. Uso de sensores de movimiento para iluminación diferenciada en sectores de poco uso.

- Factor de potencia  
Monitoreo, control y corrección del factor de potencia para reducir el consumo energético.

La aplicación de estos criterios constructivos, sumada a las tecnologías y formatos focalizados en la eficiencia energética, nos permitiría reducir las emisiones de carbono en la operación del edificio hasta un 40%

## Normativa sobre construcción sustentable

En la actualidad, existe un importante desarrollo de sistemas normativos en diversos países para la construcción sustentable. En Argentina, en 2007, se creó el Argentina Green Building Council (AGBC) de alcance nacional y regional, que opera bajo licencia del World Green Building Council. El AGBC promueve la construcción sustentable de edificios a través de la implementación del sistema normativo LEED.

Podemos citar los siguientes cuerpos normativos de construcción sustentable como los de mayor difusión en el mundo:

- LEED Leadership in Energy & Environmental Design (EEUU)  
Los conceptos generales de este sistema de certificación son aplicables prácticamente a toda construcción y diseño urbano, incluyendo nuevas edificaciones industriales, comerciales o residenciales, así como edificios existentes y desarrollos urbanísticos. A través de un marco de gestión y procesos, este sistema enfoca sus objetivos de sustentabilidad en áreas clave como: localización sostenible, ahorro de agua, eficiencia energética, selección de materiales y recursos, calidad ambiental interior, además de innovación y diseño.
- HQE Haute Qualité Environnementale (Francia)
- BREEAM Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (Inglaterra)

## Operación física de los procesos

Para tener una operación sustentable del proceso es recomendable seguir las mejores prácticas desarrolladas en las industrias:

- Envases, embalajes y pallets:

El volumen utilizado de estos elementos es realmente significativo en la mayoría de las empresas, por lo que resulta fundamental priorizar la sustentabilidad en la selección de los productos. Para ello, es necesario seguir los siguientes criterios:

- ↪ Cumplir con la condición 3R, reciclable y reusable, que se pueda reducir;
  - ↪ Utilización de plásticos verdes, compostables o biodegradables;
  - ↪ Utilización de maderas que cumplan con la certificación FSC (Forest Stewardship Council) que establece la legalidad de la procedencia (que no se infringen derechos civiles, ni proceden de la tala indiscriminada de bosques).
- Utilización de equipos de manejo de materiales accionados por electricidad:  
La utilización de equipos accionados por baterías eléctricas disminuye las emisiones de carbono al medio ambiente. Por lo que es conveniente convertir o eliminar los equipos accionados por motores de combustión interna
  - Minimización del flujo de movimientos y transporte:  
Optimizar dentro del almacén los movimientos para el almacenaje y recolección de pedidos. Por otro lado, una red de distribución programada eficientemente será otro aporte a la reducción de emisiones de carbono.

## Mantenimiento de instalaciones y equipos

El mantenimiento está ligado a las decisiones tomadas en la construcción y selección del edificio, pero un programa cumplimentado en tiempo y forma aportará a la sustentabilidad del proceso. Es preciso, para ello:

- El control de eficiencia de aislaciones térmicas: la revisión programada y periódica de los sistemas de aislación son parte del programa de ahorro de energía.
- La medición y mejora del factor de potencia: una optimización de la energía activa del suministro eléctrico hace a un menor consumo, con su consecuente ahorro, además de evitar inconvenientes por sobrecargas en la red.
- La mejora de vida útil de baterías: se deben implementar procesos de carga y utilización de baterías de manera de prolongar su vida útil.
- Los mantenimientos preventivos: definir políticas, programas y objetivos de mantenimiento de instalaciones y equipos, de manera de optimizar los rendimientos de estos y del proceso. Esta gestión está incluida en los sistemas de calidad definidos por la ISO 9.001

## Gestión de residuos

Denominaremos residuos y desperdicios a la totalidad de materiales, elementos o sustancias que resulten sobrantes del proceso de almacenes y que deban ser externalizados con o sin previo tratamiento.

Básicamente, más allá de la gestión de residuos que se deberá hacer para los productos particulares de cada proyecto, los parámetros de aplicación general a utilizar serán los siguientes:

- **Separación selectiva**  
Se dispondrá de lugares específicos para la separación de acuerdo con las características de los residuos: húmedos y secos, reciclables, reutilizables o desechables. Por otro lado, los peligrosos serán separados del resto y se les deberá dar tratamiento de acuerdo con las leyes vigentes en el emplazamiento del almacén.

- **Implementación de la política 3R**  
Nuevamente, aparece en la gestión la aplicación de esta política que es una de las bases para toda gestión sustentable.
- **Control y tratamiento**  
En general, los gobiernos municipales, provinciales y/o nacionales establecen los procedimientos de control y tratamiento que el proyecto deberá cumplir en su operación con los residuos y desperdicios que genera.

## Dimensionamiento del almacén

En esta fase, es fundamental convertir todas las variables de entrada del diseño en valores reales, tanto en dimensiones como en cantidades. El producto de estos dos valores nos proporcionará una primera aproximación del espacio cúbico necesario para la operación.

El layout del almacén se definirá a partir de la identificación de los productos, sus cantidades y volúmenes, configurándolos junto con los flujos correspondientes a cada una de las actividades del proceso: recepción, almacenaje, preparación de pedidos y despacho.

Los productos que se gestionan en el almacén determinan directamente el espacio que se ocupará, por lo que es necesario realizar un estudio detallado de sus características, sus unidades de carga logística y su comportamiento dentro del ciclo productivo.

Antes de comenzar con el análisis detallado del espacio, es imprescindible clasificar los productos según sus características más relevantes. Dado que la mayoría de los productos presentan múltiples características importantes, se recomienda clasificarlos en al menos dos dimensiones. Existen diversas maneras de hacerlo, pero las buenas prácticas aconsejan no superar las 3 o 4 clasificaciones como máximo.

Si bien cada proyecto tendrá materiales con características particulares, a continuación se detallan las dimensiones generales más utilizadas para clasificar los productos:

- Por su presentación  
Esta característica es fundamental, ya que determina inicialmente el tipo de almacén a diseñar. El manejo y almacenamiento de productos a granel difiere significativamente del manejo de productos en unidades de carga. A partir de esta distinción, se derivan los requerimientos de espacio, los sistemas de manejo de materiales y los sistemas de almacenamiento necesarios.

En el caso de materiales gestionados como unidades de carga logística, es importante identificar si se requieren puntos de desconsolidación y dónde estarán ubicados dentro del proceso. Mantener la uniformidad de la unidad de carga, siempre que sea posible, dentro del proceso, optimiza tanto los tiempos como los costos de gestión.

Dentro de la presentación, tenemos otras variables a tener en cuenta para agrupar tipos de productos:

- ↪ El peso
- ↪ El volumen unitario
- ↪ La cantidad de producto

- Control de temperatura  
Otro aspecto importante por considerar en la clasificación de los materiales es la necesidad de refrigeración o control de temperatura. Esto implica destinar muelles exclusivos y contar con la infraestructura adecuada para que estos productos circulen asegurando que la pérdida de temperatura durante el proceso se mantenga dentro de los límites establecidos, evitando así que se altere su calidad.
- Por su estacionalidad  
Las definiciones para el dimensionamiento del almacén varían cuando los productos a gestionar están sujetos a períodos de alta demanda (puntas) y baja demanda (valles). Esto se debe a que el tratamiento que se dé a los períodos de punta influirá directamente en el espacio necesario. Absorber íntegramente estos picos de demanda implica un sobredimensionamiento del almacén, con mayores costos en infraestructura, equipos y personal.

Por ello, es fundamental decidir qué volúmenes de producto considerar y qué estrategias alternativas implementar para evitar inversiones innecesarias.

Algunas alternativas para manejar los períodos de punta incluyen:

- **Entrega directa a clientes desde producción:** Así se evita el almacenamiento y se reduce la carga en las áreas de preparación de pedidos.
- **Descentralización del almacenamiento:** Mediante la tercerización en almacenes logísticos o centros de distribución.
- **Uso de contenedores como almacenes transitorios en planta:** Esta opción de bajo costo ofrece protección física y seguridad para los productos durante los picos.
- **Ajustes en tiempos de recepción y entrega:** Sincronizar adelantos o demoras puede ayudar, aunque su implementación es compleja por la coordinación necesaria con proveedores y clientes.

Una gestión adecuada de los períodos de punta permitirá que, en los períodos de baja demanda, el sobredimensionamiento del almacén no se traduzca en costos hundidos que impacten significativamente en la operación.

- **Política de Inventarios**

La política de inventario, que gestiona el stock a través de la rotación de productos, determinará el tiempo de permanencia de la mercadería en el almacén. Esto no solo influye en el dimensionamiento del espacio, sino que también es fundamental para definir la ubicación óptima de los productos dentro del almacén.

Los stocks de seguridad, establecidos en esta política, requieren asignar un espacio adicional específico. Además, los sistemas de abastecimiento como Just-In-Time (JIT), Kanban, consignación o máquinas expendedoras de insumos, demandan espacios particulares —en ocasiones exclusivos— que deben ser considerados cuidadosamente durante el dimensionamiento del almacén.

- **Materiales en control y/o devolución**  
Esta exigencia es frecuente cuando se realiza el control de calidad en la recepción o cuando los productos son devueltos por los clientes. El producto se encuentra físicamente pero no tiene libre disponibilidad, lo que hace disponer de espacio y controles para evitar el uso indebido de los mismos.
- **Productos Peligrosos**  
Si los productos a gestionar son clasificados como peligrosos, deberán ser almacenados de acuerdo con las normativas locales y les corresponderá la asignación de espacios adecuados para tal fin.
- **Alcance del proyecto**  
Teniendo en cuenta que los procesos de operación de almacenes comienzan a perder eficiencia al superar el 80% de ocupación, es esperable que un óptimo dimensionamiento no alcance dichos niveles de ocupación para el período de alcance definido en el proyecto. Por otro lado, dado lo cambiante de las líneas de productos y sus sistemas de comercialización en la actualidad, el período recomendable de proyección no debiera ser mayor de 5 años.

## LAY OUT del almacén

El desarrollo del *layout* del almacén debe tener como meta lograr los objetivos de optimización de costos y mejorar la cadena logística. En esta distribución se deberán definir los espacios y ordenamiento de los flujos necesarios para:

- ↔ El movimiento de los productos
- ↔ Su almacenamiento
- ↔ Los equipos de manejo
- ↔ La administración y servicios generales (comprenden a los sistemas y servicios de planta y los servicios al personal, y generalmente están integrados a la definición del *layout* general de la planta).

Para lograrlos, se plantean principios básicos para la distribución del almacén, que son los principios de toda distribución en planta, pero focalizados al proceso de almacenes:

- Satisfacción y seguridad: siempre será más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.
- Mínima distancia recorrida: la distribución del almacén buscará que la distancia a recorrer por la unidad de carga logística sea la menor posible.
- Circulación o flujo de las unidades de carga: la mejor distribución es aquella que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o actividad esté en el mismo orden o secuencia del proceso.
- Principio del espacio cúbico: la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como (y fundamentalmente) en vertical.
- Uniformidad: división clara y uniforme de las diferentes áreas, especialmente cuando estas no estén separadas por elementos físicos.
- Expansión y Flexibilidad: se deberá prever en la distribución las futuras expansiones planificadas y un plan de contingencias para aquellas no previstas. Como así facilidad para la adaptación de los cambios de productos y mejoras de procesos.

El movimiento de los productos comprende las operaciones productivas dentro del almacén, que requieren recursos como equipos y mano de obra, pero no agregan valor al producto. Por esta razón, es fundamental minimizar los recorridos, eliminando manejos innecesarios y costosos.

El objetivo en la distribución del almacén es lograr que la circulación de materiales sea fluida durante toda su estancia, evitando así los costos derivados de recorridos desordenados, congestiones y deterioros, que suelen ocurrir cuando el flujo no está correctamente planificado.

### **Flujo de circulación**

Se puede considerar como flujos más apropiados para el proceso de operación de almacenes, los del tipo recto, tipo L, o tipo U de la figura 6.4.

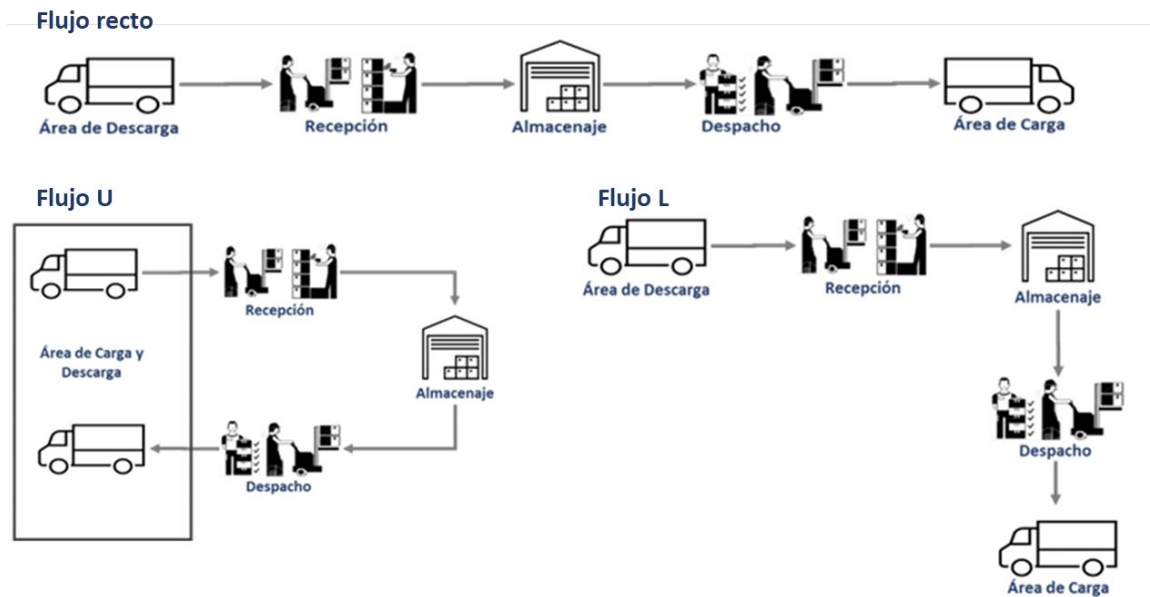


FIG. 6.4 TIPOS BÁSICOS DE FLUJOS

La elección de estos flujos está asociada a la disponibilidad de la planta para la ubicación la ubicación de la entrada y salida de los productos teniendo en cuenta la disponibilidad de las áreas de carga y descarga que garanticen una operación segura acorde con el volumen de productos a circular por el almacén.

Podemos decir que un flujo es de baja complejidad cuando la unidad de carga logística que ingresa al almacén sale de esta en las mismas condiciones, esto permite una circulación de flujo acorde a las básicas descritas, siendo esta categoría encontrada en los centros de distribución.

Cuando la unidad de carga logística de los productos es diferente en la entrada respecto de la salida, en su tamaño y composición, la complejidad del flujo se categoriza como media, ya que consecuentemente planteará la necesidad de una zona de preparación. En esta categoría se enmarcan los almacenes de los distribuidores al comercio minorista, o centros de distribución de e-commerce.

Finalmente, describimos un flujo como complejo cuando además de desconsolidar las unidades de carga tenemos un flujo hacia / desde producción con productos semi elaborados y terminados con distintas unidades de carga. Este es el caso de los almacenes de unidades productivas.

Para facilitar el dimensionamiento y el *layout* del almacén se lo deberá dividir en áreas funcionales bien definidas:

- 1) Zonas de carga y descarga
  - a) Descarga
  - b) Carga
- 2) Zona de recepción y devoluciones de cliente (logística inversa)
- 3) Zona de almacenaje
  - a) En estantería
  - b) Sobre piso
- 4) Zona de preparación de pedidos
- 5) Zona de expedición
- 6) Oficinas y servicios al personal

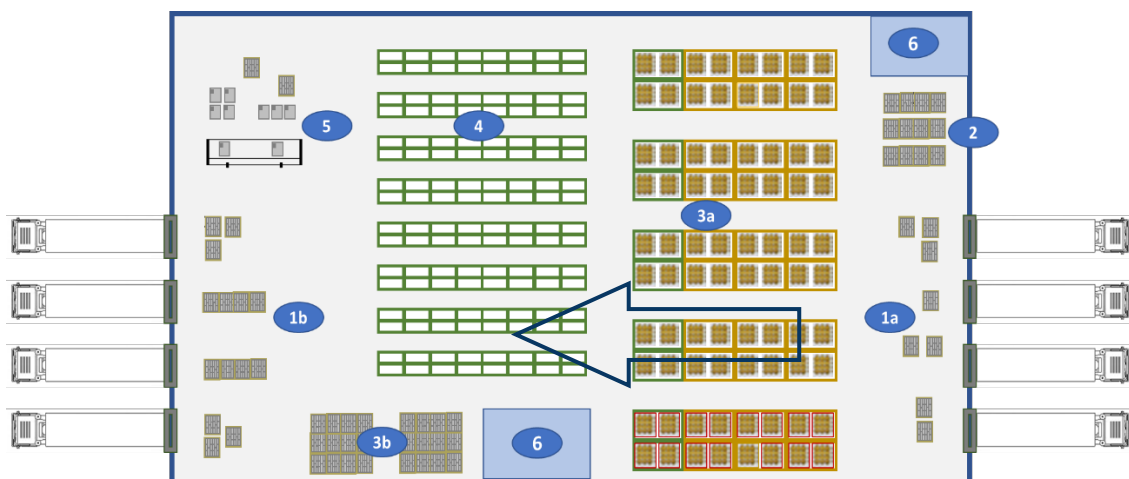


FIG. 6.5 LAY OUT DEL ALMACÉN

Para el dimensionamiento de cada una de estas zonas, definidas en función de los tipos de materiales que intervienen en el proceso, se calculará el espacio volumétrico. Simultáneamente, se irán definiendo alternativas de *layout*, en la búsqueda de una solución óptima.

## Dimensionamiento de las áreas del almacén

Es importante tener en cuenta, dentro de los cálculos de dimensionamiento, la incorporación de los valores proyectados para un período no menor a cinco años.

### Zonas de carga y descarga

La ubicación de las zonas de carga y descarga depende siempre del espacio disponible en la planta destinada al almacén. Desde el punto de vista del flujo, la ubicación óptima sería en extremos opuestos del almacén, lo que permite que el recorrido sea lo más recto posible y sin congestiones. Sin embargo, esta disposición requiere al menos el doble de espacio para dichas áreas, lo que no siempre es factible. Por lo general, estas zonas se ubican del mismo lado y en forma paralela.

El diseño y dimensionamiento de las áreas de carga y descarga dependen del tipo de transporte que se utilizará. El modo más común es el camión, cuyo acceso y maniobra deben ser considerados en el diseño. Las zonas destinadas al ferrocarril comparten características similares, pero es necesario tener en cuenta las restricciones que implica el ingreso del tren a la planta, siendo este uso más común en Europa.

En cuanto al transporte aéreo y marítimo, las áreas de carga y descarga suelen estar ubicadas en los almacenes de las terminales correspondientes. En estos casos, la carga y descarga se realiza en el lugar de atraque del medio de transporte, y no están integradas directamente a los almacenes.

### Dimensionamiento de zona de carga / descarga para camiones

Estas zonas se diseñan de dos maneras diferentes:

- Integradas al almacén  
Están directamente conectadas al edificio del almacén mediante un muelle de carga y descarga, en el que el camión estaciona para la operación, directamente adjunto a una puerta del almacén (fig. 6.6.a), o a una plataforma intermedia a la puerta del almacén (fig. 6.6.b).

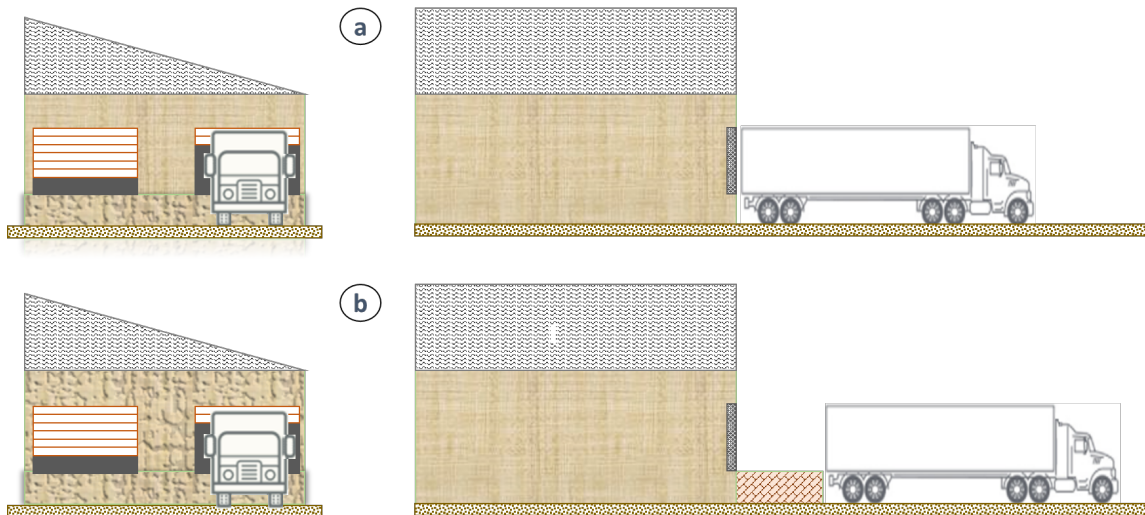


FIG. 6.6 ZONA DE CARGA / DESCARGA INTEGRADA

- Del tipo independiente

La operación se realiza en una playa adyacente al almacén. Dado que el procedimiento de atraque de los camiones es más simple, el tiempo total de carga y descarga de este tipo de distribución será menor que en el caso de las zonas integradas, pero como contrapartida habrá mayor flujo de productos hacia el almacén.

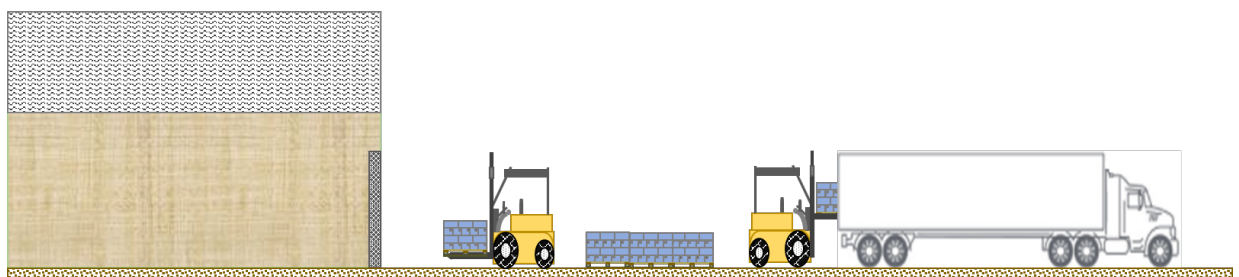


FIG. 6.7 ZONA DE CARGA / DESCARGA INDEPENDIENTE

La determinación del espacio necesario para las áreas de carga y descarga está directamente relacionada con el tamaño, peso y cantidad de las unidades de carga que se manejarán en el proceso. Otro aspecto clave es definir los tipos de vehículos que se utilizarán, considerando sus dimensiones de largo, ancho, altura de plataforma y altura total.

Dado que es prácticamente imposible contemplar todos los tipos de vehículos posibles en el transporte, se suelen seleccionar al menos tres vehículos comunes como referencia. Esto facilita el dimensionamiento adecuado de los accesos, las zonas de maniobra y la altura de los muelles de carga.

En cuanto a la altura de los muelles, se selecciona la altura más comúnmente utilizada y se incorporan rampas de compensación para adaptarse a vehículos con diferentes alturas.

Para determinar el número de muelles de carga y descarga necesarios, es fundamental realizar un estudio de tiempos para la carga y descarga de un camión, considerando cada tipo de unidad de carga que se opera.

En proyectos nuevos, es recomendable utilizar tiempos predeterminados como estándar para estas operaciones. Un referente ampliamente utilizado son los tiempos publicados por el USDA (U.S. Department of Agriculture). Otra opción es recurrir al benchmarking, comparando con empresas del mismo sector para obtener datos precisos.

Con esta información se podrá dimensionar el número de muelles necesarios para asegurar una operación eficiente, evitando congestiones y demoras.

El dimensionamiento de la zona de carga y descarga incluye no solo los muelles, sino también las puertas de acceso, las vías de ingreso, las áreas de maniobra y la dársena. En casos donde la zona de carga no está integrada directamente al almacén, es importante también considerar el espacio destinado a las playas de operación.

Las buenas prácticas recomiendan los siguientes valores para una operación segura:

- ✓ Las aberturas de puertas de ingreso / salida de planta serán de 8,5m para doble mano de circulación y 4,2m para mano única.
- ✓ El ancho de vías de circulación será de 3,6 a 4m para un mano de circulación, y el doble para doble mano de circulación. Si en la vía de circulación va a haber tránsito peatonal, se debe incluir una acera de un ancho mínimo de 1m.
- ✓ El radio de giro para curvas será de 30m
- ✓ El espacio libre delante de los muelles se determinará con la siguiente fórmula:

$$\text{Espacio Libre} = L_{\text{camión}} * L$$

En la que L es un factor que está en función del ángulo de atraque al muelle, tal como lo determina la tabla 6.1.

Ángulo de Atraque	Factor L
10°	0,75
30°	1,20
45°	1,50
90°	2,00

TABLA 6.1 FACTOR L PARA EL ESPACIO LIBRE DELANTE DEL MUELLE

- Para el caso de atraque a 90° (figura 6.8.a) y para camiones semirremolque de 16,50m de largo

$$\text{Espacio Libre} = 16,50m * 2 = 33m$$

- Para el caso de atraque a 45° (figura 6.8.b), para un camión semirremolque de 16,50m de largo

$$\text{Espacio Libre} = 16,50m * 1,50 = 24,75m$$

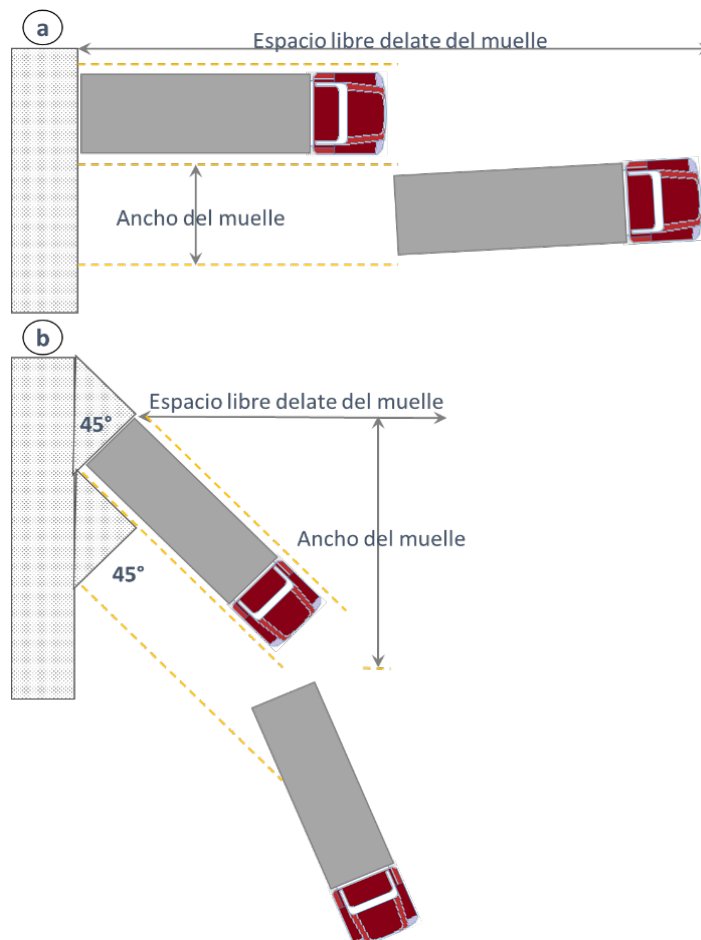


FIG. 6.8 DIMENSIONES DELANTE DE LOS MUELLES

- ✓ El ancho de los muelles recomendado para evitar incidentes entre los camiones es de 4m.
- ✓ La altura recomendada de los muelles debe coincidir con la altura estándar del piso de los camiones, que generalmente es de aproximadamente 1.2 metros sobre el nivel del piso de circulación. Dado que la altura de los camiones puede variar, se deben incorporar rampas ajustables que permitan nivelar correctamente el muelle con el camión, garantizando maniobras seguras para los equipos de manipulación y evitando daños en los productos.

## Zona de recepción

En la recepción, la mercadería debe ser tratada y ubicada en zonas de retención para su procesamiento, por lo que se recomienda que estas áreas estén claramente delimitadas para evitar el traslado prematuro al sector de almacenaje. En esta etapa se identifican las referencias, asegurando la trazabilidad, se realiza el control cuantitativo y, posteriormente, se deriva la mercadería a libre disponibilidad para almacenamiento. Si se requiere control de calidad en recepción, los productos se envían a una zona de retención específica para dicha tarea.

Para el dimensionamiento de esta área, se debe considerar la unidad de carga logística a manejar —ya sean pallets, carros o racks— tomando en cuenta tanto su tamaño como la cantidad que se acumulará durante un ciclo de recepción. Se entiende por ciclo de recepción el tiempo transcurrido desde la descarga de la mercadería hasta su procesamiento y traslado al área de almacenamiento.

Parámetro	Característica
$S_1$	Superficie necesaria para la zona de clasificación e identificación
$S_2$	Superficie necesaria para la zona de control de calidad
$S_3$	Superficie necesaria para la zona de devoluciones
$S_R$	Superficie total del área de recepción
$S_u$	Superficie de la unidad de carga logística

$I_p$	Factor para pasillos de circulación para máquinas de movimiento, cuyos valores varían entre 1,5 y 1,8
$I_2$	Factor para dimensionar el área de control de calidad.
$I_3$	Factor para dimensionar el área de productos no conforme
$Q$	Cantidad de unidades de carga en un ciclo de recepción
$n$	Cantidad de unidades de carga logística diferentes

TABLA 6.2 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE RECEPCIÓN

- Cálculo de la zona de clasificación e identificación

$$S_1 = \sum_i^n S_{ui} * Q_i * I_p$$

(Ec. 6.1)

Un punto importante para tener en cuenta en la determinación de esta superficie es la posibilidad de apilado de las unidades de carga, ya que de ser posible se reduciría la superficie necesaria.

- Cálculo de la zona de control de calidad

Dado que, en general, solo a una parte de los productos que ingresan se les realiza el control de calidad en recepción, Los espacios destinados a esta tarea, se calculan en función del índice que representa el porcentaje de ingresos con control de calidad en recepción.

$$S_2 = S_1 * I_2$$

(Ec. 6.2)

- Cálculo de la zona de devoluciones

Esta área que está destinada al tratamiento de los productos no conformes tanto de proveedores como de devolución de cliente, será dimensionada en función del índice de productos no conformes que en procesos de distribución diseñados eficientemente varían entre 0,024 y 0,045.

$$S_3 = S_1 * I_3$$

(Ec. 6.3)

- Cálculo del área de recepción

Finalmente, el total del área necesaria para la recepción es:

$$S_R = S_1 + S_2 + S_3$$

(Ec. 6.4)

## Zona de almacenaje

En el dimensionamiento de las zonas de almacenaje intervienen las siguientes variables:

- ✓ Número y la cantidad de referencias a almacenar
- ✓ Política de inventarios
- ✓ Tipos de unidades de carga

Con esta información, se está en condiciones de determinar, en una primera instancia, los sistemas de almacenamiento más adecuados. A partir de estos, se podrá definir el espacio necesario para el proceso logístico.

En algunos casos, el dimensionamiento y la selección del sistema de almacenamiento son tareas sencillas, especialmente cuando las unidades de carga presentan una alta uniformidad en sus características y referencias. Sin embargo, cuando existe una gran diversidad en el tipo y número de unidades de carga, el cálculo se vuelve más complejo, requiriendo un proceso iterativo hasta alcanzar una solución óptima.

Existen múltiples sistemas de almacenamiento diseñados para responder a las diferentes combinaciones posibles de estas variables. Por ello, en el capítulo 5 se abordará en detalle el estudio de los distintos sistemas de almacenamiento y sus correspondientes criterios de dimensionamiento.

## Zona de preparación de pedidos

La preparación de pedidos comprende varias tareas fundamentales: el embalaje de los productos recolectados, el armado de las unidades de carga, la identificación de los pedidos y la emisión de la documentación correspondiente.

En esta área, es clave lograr un equilibrio entre el flujo de productos provenientes del proceso de picking y la capacidad operativa del equipo

encargado de la preparación. Este balance permite determinar el número óptimo de estaciones de trabajo y la cantidad aceptable de carros con mercancía ya recolectada.

El objetivo es optimizar el uso del espacio asignado a la preparación de pedidos, evitando cuellos de botella y garantizando una operación fluida, eficiente y sin demoras innecesarias.

Para el dimensionamiento de la estación de trabajo de preparación se consideran las superficies ocupadas por el banco de trabajo de cada estación, el almacenaje de los elementos de embalaje, la cola de espera de los carros de *picking* y el ocupado por las nuevas unidades de carga para despacho.

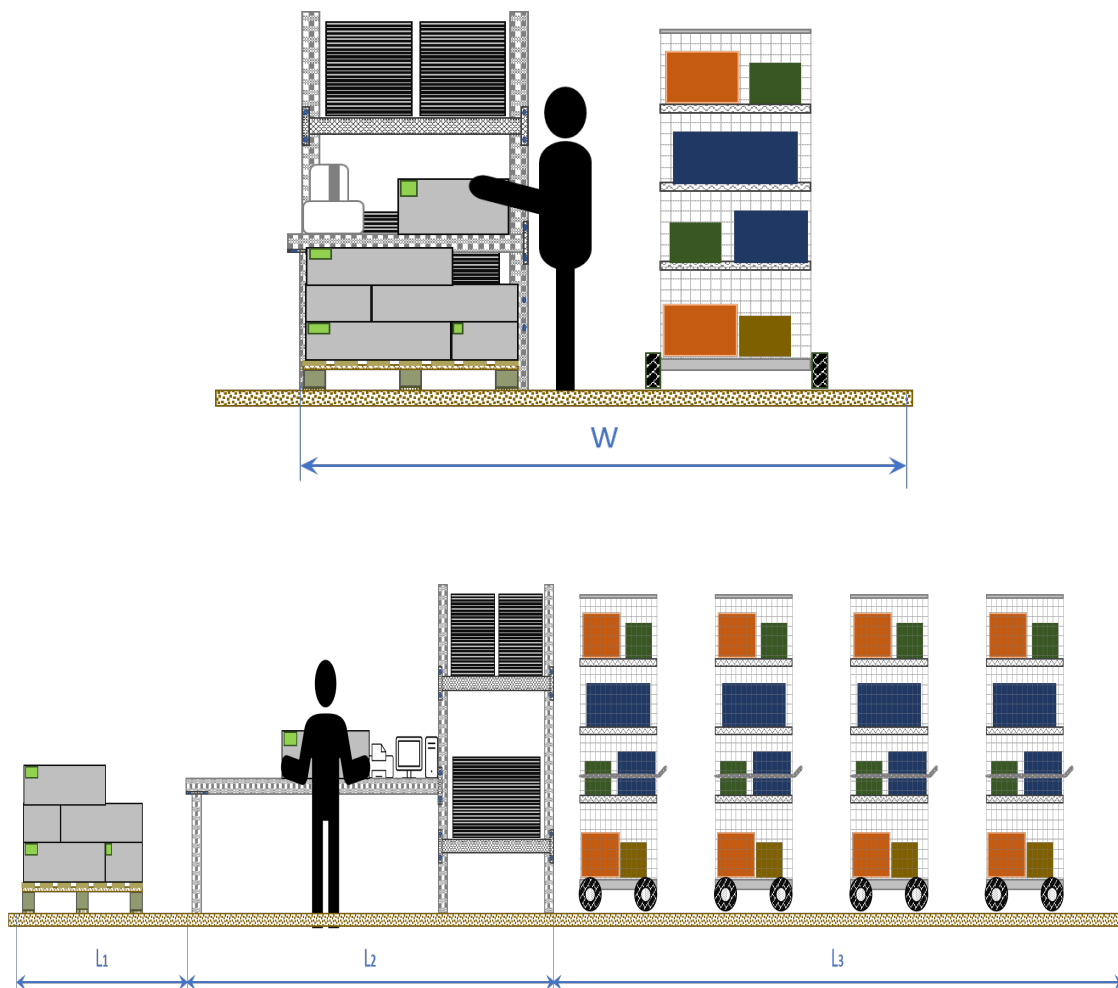


FIG. 6.9 ZONA DE PREPARACIÓN

Parámetro	Característica
$S_p$	Superficie necesaria para la zona de preparación
$L_1$	Longitud del espacio para las unidades de carga preparadas
$L_2$	Longitud de la estación de trabajo, incluye el espacio para los elementos de embalaje
$L_3$	Longitud del espacio para la acumulación de carros de recolección
$W$	Ancho de la estación de trabajo
$n$	Número de estaciones de trabajo necesarias

TABLA 6.3 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE PREPARACIÓN

- Cálculo de la zona de preparación

El balance de flujo de entrada salida nos dará el número  $n$  de estaciones de preparación necesarias para el proceso.

$$S_p = \sum_i^n (L_1 + L_2 + L_3) * W$$

(Ec. 6.5)

## Zona de despacho

Para el dimensionamiento del área de despacho rigen las mismas consideraciones que para la zona de clasificación e identificación del área de recepción, pero, en este caso, se toma también en cuenta la acumulación de la cantidad de unidades de carga a manejar durante un ciclo de despacho.

Se entiende como ciclo de despacho al tiempo que media entre el arribo de la mercadería desde preparación y la carga a los transportes.

$$S_d = \sum_i^n S_{ui} * Q_i * I_p$$

(Ec. 6.6)

Parámetro	Característica
$S_d$	Superficie necesaria para la zona de despacho
$S_u$	Superficie de la unidad de carga logística.
$I_p$	Factor para pasillos de circulación para máquinas de movimiento, cuyos valores varían entre 1,5 y 1,8
$Q$	Cantidad de unidades de carga en un ciclo de despacho
$n$	Cantidad de unidades de carga logística diferentes

TABLA 6.4 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE DESPACHO

En general, se tiende a estandarizar la unidad de carga logística en el despacho, de manera de que se simplifica el cálculo de esta área.

## Zona de oficinas y servicios

Las oficinas deberán adecuarse a los lineamientos generales establecidos para la construcción de la planta, tomando como referencia un estándar de 1,5 m<sup>2</sup> por cada empleado administrativo para el cálculo del espacio necesario.

Los servicios sanitarios deberán cumplir con las disposiciones establecidas por la legislación local vigente, en cuanto a cantidad, ubicación y condiciones de higiene y seguridad.

Dentro de los servicios complementarios, también se deben considerar:

- Área de mantenimiento para el equipamiento del almacén.
- Pañol para el almacenamiento de los elementos de izaje y herramientas específicas.
- Sala de carga de baterías, destinada al abastecimiento energético de los equipos de manipulación de materiales (como autoelevadores eléctricos o transpaletas), dado el crecimiento en el uso de equipos con accionamiento eléctrico a baterías.

Es fundamental que estas áreas estén bien ubicadas y diseñadas para garantizar una operación segura, eficiente y alineada con las normativas laborales y ambientales vigentes.

# Capítulo 7

## Sistemas de almacenamiento

# Tipos de almacenamiento

---

Cuando se trata de diseñar los sistemas de almacenamiento, podemos clasificarlos básicamente en:

- Almacenamiento en exteriores:

Se utiliza normalmente para grandes cantidades de materiales a granel o unidades de gran tamaño que no se ven afectadas por los agentes atmosféricos. Sin embargo, dependiendo del grado de protección que se les brinde a los materiales, se pueden clasificar en:

- ✓ Almacenamiento sin protección (Fig. 7.1a)
- ✓ Almacenamiento con protección por envoltura (Fig. 7.1b)
- ✓ Almacenamiento con protección por cobertura (Fig. 7.1c)



FIG. 7.1 ALMACENAJE EN EXTERIORES.

- Almacenamiento cubierto

Su objetivo es la protección completa de los materiales, permitiendo controlar las condiciones de iluminación, temperatura y protección contra otros elementos. Este tipo de almacenamiento representa aproximadamente el 90% de los modelos de almacenamiento.

El edificio destinado al local de almacenamiento se construye de diferentes formas, siendo la más común una estructura metálica con revestimientos en chapas o mampostería, siguiendo los lineamientos de diseño detallados en el capítulo tres.

## Sistemas de almacenamiento

Siempre enfocados en la misión descrita al inicio de este libro, hemos estudiado el proceso de almacenes, las unidades de carga y hemos desarrollado criterios para el diseño y dimensionamiento, factores muy importantes para el logro de la misión mencionada.

En este capítulo nos centraremos en los sistemas de almacenamiento, que son la infraestructura necesaria para desarrollar el proceso y alcanzar los objetivos previstos.

Los sistemas de almacenamiento implican la infraestructura para las unidades de carga y los equipos de manejo de estas. Para seleccionar el sistema óptimo se deben considerar: el espacio disponible, el proceso de gestión del almacén, el índice de rotación de la mercadería (tiempo de permanencia), el stock de seguridad y el manejo de los períodos de mayor demanda. En función de estos conceptos, podemos dividir los sistemas de almacenamiento en tres grandes grupos:

- ✓ Por el tiempo de permanencia de los materiales en el almacén.
- ✓ Almacenaje en bloque.
- ✓ Almacenaje de acceso directo.

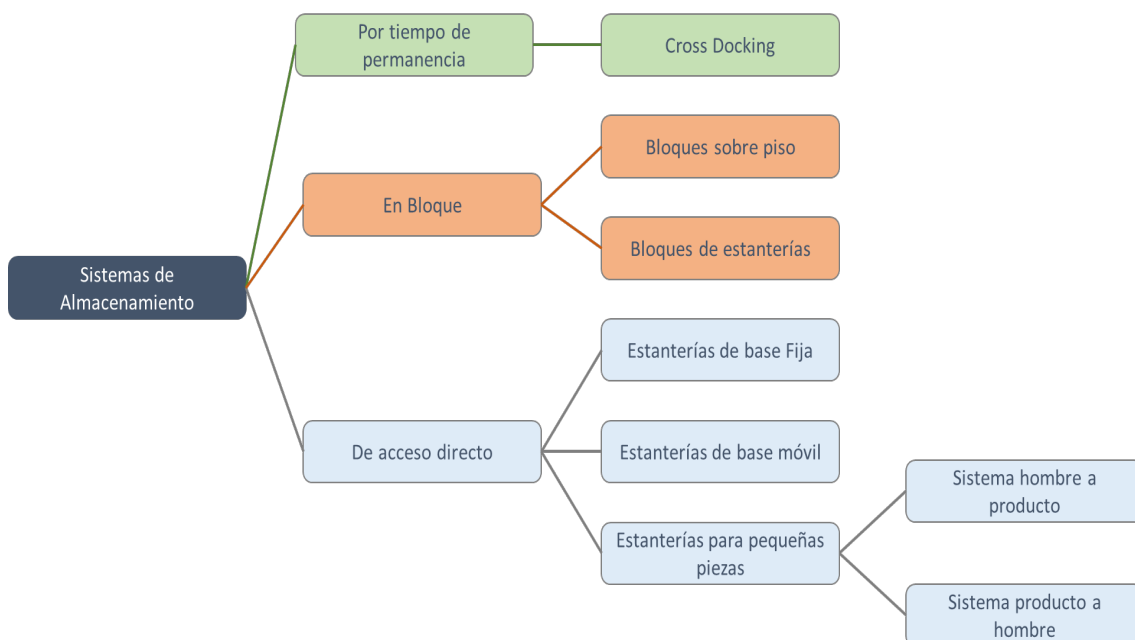


FIG. 7.2 SISTEMAS DE ALMACENAJE

## Sistema de almacenamiento cross docking

El sistema de almacenamiento *cross docking* es una estrategia logística que busca minimizar el tiempo de almacenamiento de los productos en el almacén. Este enfoque se utiliza comúnmente en la industria para agilizar el flujo de mercancías y optimizar la cadena de suministro.

En un sistema de *cross docking*, los productos recibidos en el almacén no se almacenan de forma prolongada, sino que se transfieren rápidamente a áreas de preparación de pedidos o directamente a los camiones de entrega para su distribución inmediata. El objetivo principal es reducir o eliminar la necesidad de almacenamiento temporal y el manejo adicional de los productos.

El proceso de *cross docking* implica una coordinación precisa y eficiente entre proveedores, transportistas y clientes, tanto para evitar quiebres en la cadena de abastecimientos como en congestiones en el almacén. Aquí se presentan las tareas generales involucradas:

- ✓ Recepción: los productos llegan al almacén central y se clasifican según su destino final.
- ✓ Clasificación: los productos se separan rápidamente en función de su destino, como las tiendas minoristas o los pedidos de clientes específicos.
- ✓ Consolidación: los productos que van al mismo destino se agrupan para facilitar su carga y transporte juntos.
- ✓ Preparación de pedidos: se recopilan los productos necesarios para cada pedido, ya sea para las tiendas minoristas o para los clientes finales.
- ✓ Carga directa: los productos se cargan directamente en los camiones de entrega correspondientes sin pasar por un almacenamiento prolongado.

Como indicamos anteriormente el período entre la entrada y salida de los productos tenderá a no ser mayor a un ciclo de trabajo, dado que estos almacenes en general operan las veinticuatro horas, de ahí que se asocia el ciclo de trabajo a veinticuatro horas.

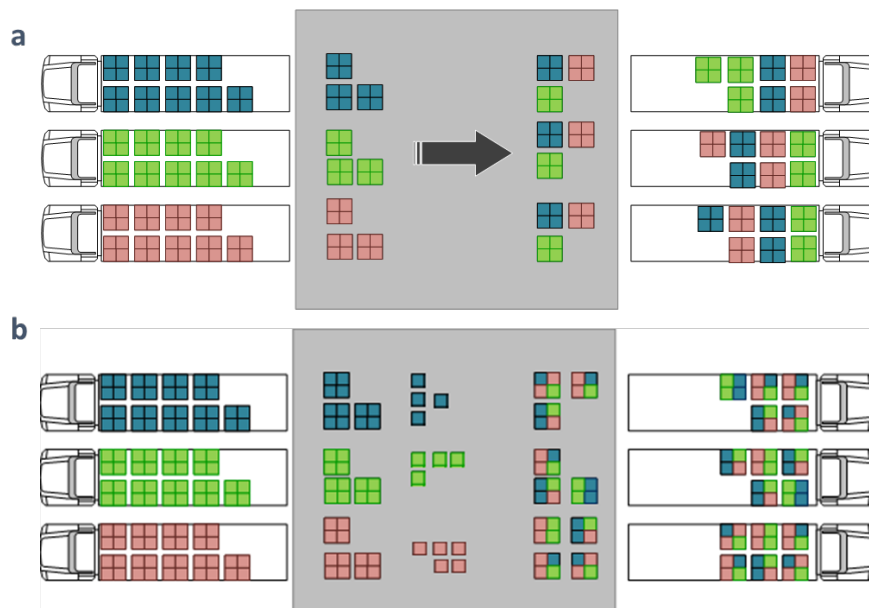


FIG. 7.3 TIPOS DE CROSS DOCKING.

Dentro del *cross docking* existen dos enfoques principales:

- *Cross docking* directo o pre distribuido (fig. 7.3.a)

En el *cross docking* directo, los productos recibidos en el almacén son transferidos directamente de la zona de recepción a la zona de despacho o a los camiones de entrega, sin pasar por un almacenamiento intermedio. Este enfoque se utiliza principalmente para productos de alta rotación o de demanda inmediata.

El proceso implica los siguientes pasos:

- ✓ Recepción: los productos llegan al almacén y se registran.
- ✓ Verificación: se realiza una inspección rápida de los productos para asegurarse de que estén en buen estado y coincidan con la información del pedido.
- ✓ Etiquetado y clasificación mínima: los productos se etiquetan y se clasifican en función de su destino final, pero sin un proceso de clasificación exhaustivo.
- ✓ Transferencia directa: los productos se transfieren rápidamente a las áreas de despacho o a los camiones de entrega correspondientes, donde se preparan para su distribución inmediata.

El *cross docking* directo es especialmente efectivo cuando se trabaja con productos perecederos o de alta demanda, ya que se minimiza el tiempo de almacenamiento y se garantiza la entrega rápida al

cliente, como por ejemplo un centro de distribución regional de bebidas de consumo masivo.

- *Cross docking* con preclasificación (fig. 7.3.b)

En el *cross docking* con preclasificación, los productos recibidos en el almacén se clasifican en función de su destino final antes de ser transferidos a las áreas de despacho o a los camiones de entrega. Este enfoque se utiliza cuando es necesario realizar una clasificación más exhaustiva de los productos antes de su distribución.

El proceso del *cross docking* con clasificación implica los siguientes pasos:

- ✓ Recepción: los productos llegan al almacén y se registran.
- ✓ Clasificación: los productos se clasifican según criterios específicos, como destino, tipo de producto, características, etc.
- ✓ Etiquetado y preparación: los productos se etiquetan adecuadamente y se preparan para su posterior manipulación.
- ✓ Almacenamiento temporal: los productos clasificados se almacenan temporalmente un tiempo menor o igual a un ciclo de trabajo en el almacén hasta que estén listos para su transferencia.
- ✓ Transferencia clasificada: los productos se transfieren a las áreas de despacho o a los camiones de entrega correspondientes de acuerdo con la clasificación realizada.

El *cross docking* con clasificación es útil cuando se manejan productos que requieren una clasificación detallada antes de su distribución, como, por ejemplo, un centro de distribución de una plataforma de e-commerce productos.

En resumen, el *cross docking* directo implica la transferencia rápida de los productos recibidos directamente a las áreas de despacho o a los camiones de entrega, sin un almacenamiento intermedio. Por otro lado, el *cross docking* con clasificación implica una clasificación más exhaustiva de los productos antes de su transferencia. Ambos enfoques tienen como objetivo principal minimizar el tiempo de almacenamiento y optimizar la eficiencia en la cadena de suministro.

En algunos procesos de almacenes cuando hay mucha variedad en la rotación de las referencias se establece un sistema híbrido que combina esta metodología con el sistema de almacenamiento convencional. De manera que las referencias de alta rotación se manejan por el sistema cross docking, mientras que las referencias de media y baja rotación se manejan por el proceso de almacenaje convencional.

La coordinación logística desarrollada por el proceso de cross docking genera mejoras significativas de costos en la cadena de abastecimientos, siendo estas alocados en los costos directos al demandar menos mano de obra y medios de transporte para la operación. En los costos indirectos impacta debido a la menor operación de equipos para el manejo de materiales.

### ***Cross Docking y el comercio electrónico***

La relación entre el *cross docking* y los centros de distribución de comercio electrónico está estrechamente relacionada con la eficiencia y velocidad en el procesamiento de pedidos.

El *cross docking* se utiliza como una estrategia logística para agilizar el flujo de mercancías en un almacén, minimizando el tiempo de almacenamiento y optimizando la cadena de suministro. En el contexto del comercio electrónico, donde los pedidos en línea suelen tener una demanda rápida y los clientes esperan entregas rápidas, el *cross docking* puede desempeñar un papel importante en la gestión eficiente de los centros de distribución del comercio electrónico.

Aquí hay algunas formas en que el *cross docking* se relaciona con los centros de distribución del comercio electrónico:

- ✓ Reducción del tiempo de procesamiento: el *cross docking* permite acelerar el procesamiento de los pedidos al minimizar el tiempo de almacenamiento. En lugar de recibir productos en el centro de distribución y almacenarlos durante un período prolongado, los productos se transfieren rápidamente a las áreas de preparación de pedidos o a los camiones de entrega. Esto reduce el tiempo necesario para cumplir con los pedidos y mejora la velocidad de entrega a los clientes.
- ✓ Optimización del inventario: el *cross docking* ayuda a optimizar el inventario en los centros de distribución del comercio electrónico.

Al minimizar los niveles de almacenamiento y la necesidad de almacenar productos durante mucho tiempo, se reduce el riesgo de obsolescencia y pérdida de productos. Esto permite un control más preciso del inventario y evita la acumulación de productos no vendidos o desactualizados.

- ✓ Gestión eficiente de la demanda fluctuante: en el comercio electrónico, la demanda puede ser altamente variable, especialmente durante períodos de promociones o eventos especiales. El *cross docking* permite una respuesta rápida y flexible a los cambios en la demanda. Los productos recibidos pueden ser clasificados y transferidos directamente a las áreas de despacho según la demanda actual, evitando la necesidad de almacenar grandes volúmenes de productos en previsión de la demanda futura.
- ✓ Optimización de rutas de entrega: el *cross docking* también puede ayudar a optimizar las rutas de entrega en los centros de distribución del comercio electrónico. Al clasificar y transferir los productos según su destino final, se pueden consolidar los envíos y organizar las rutas de manera eficiente. Esto reduce los tiempos de viaje y los costos asociados con la entrega de los productos a los clientes.

En resumen, el *cross docking* en los centros de distribución del comercio electrónico permite agilizar el procesamiento de pedidos, optimizar el inventario, gestionar eficientemente la demanda fluctuante y optimizar las rutas de entrega. Estas ventajas contribuyen a una mayor eficiencia operativa y a cumplir con las expectativas de los clientes en cuanto a tiempos de entrega rápidos y confiables en el comercio electrónico.

### ***Dimensionamiento de un almacén cross docking***

En el dimensionamiento de este sistema, es crucial considerar el flujo de circulación de los medios de transporte que llegan para entregar la mercadería y el flujo de circulación de aquellos que la retiran. Además, dado que este almacén opera bajo el principio de flujo continuo de productos, es fundamental establecer un equilibrio para evitar congestiones en el proceso.

Para lograr este objetivo, es necesario determinar con la mayor precisión posible el número de muelles requeridos tanto para las operaciones de

entrada como de salida. Además, los dimensionamientos de las zonas de recepción, preparación (*cross docking* con preclasificación) y despacho deben seguir la metodología descrita en el capítulo 6.

Además, se debe considerar el espacio necesario para la cola de espera de los transportes, tanto para la descarga como para la carga. Esto se sumará a las áreas de carga y descarga existentes.

En resumen, en el proceso de dimensionamiento se deben tener en cuenta el flujo de circulación de los medios de transporte, el equilibrio del flujo continuo de productos, el número adecuado de muelles de entrada y salida, la metodología de dimensionamiento de las diferentes zonas y el espacio necesario para la cola de espera de los transportes.

## Almacenes autoportantes

Un almacén autoportante es un tipo de instalación de almacenamiento que utiliza las estanterías como parte integral de la estructura del edificio. En este sistema, las estanterías no solo cumplen su función tradicional de almacenar productos, sino que también son diseñadas y construidas para soportar la carga de la cubierta del almacén, las fuerzas de los elementos climáticos y el sistema de movimiento de materiales.

Es una alternativa altamente efectiva cuando se requiere una altura superior a los 15 metros en un almacén y resulta necesario buscar una solución de construcción que evite un aumento significativo en los costos del edificio. En promedio, este enfoque puede reducir los costos en un 30% en comparación con una construcción convencional.

Además del ahorro económico, esta estrategia proporciona una mayor eficiencia en el uso del espacio, permitiendo aprovechar al máximo la altura del almacén sin sacrificar la integridad estructural. Asimismo, la combinación de estanterías y estructura de soporte garantiza una distribución adecuada del peso y la carga, asegurando la seguridad y funcionalidad del almacén en su conjunto.

Detallamos a continuación las características de un almacén autoportante

- **Diseño estructural:** la estructura autoportante se compone de estanterías metálicas de alta resistencia que se disponen

estratégicamente para formar los pilares, vigas y cerchas que sostienen la cubierta del almacén. Estas estanterías están diseñadas para soportar cargas verticales y horizontales, así como fuerzas sísmicas y de viento, lo que garantiza la estabilidad y seguridad del edificio.

- Sistema de estanterías: las estanterías utilizadas en este tipo de almacén suelen ser de tipo paletización o de carga pesada. Estas estanterías permiten el almacenamiento eficiente de productos en pallets o contenedores, y su diseño se adapta a las necesidades específicas de cada almacén en términos de altura, profundidad y capacidad de carga.
- Cubierta del almacén: la estructura autoportante es diseñada para soportar el peso de la cubierta del almacén, que puede ser de diversos materiales, como paneles metálicos, hormigón o fibra de vidrio. La cubierta protege el interior del almacén de los elementos climáticos y contribuye a mantener la temperatura y la humedad adecuadas para la conservación de los productos almacenados.
- Sistema de movimiento de materiales: el sistema de transporte y manipulación de mercancías, como los transelevadores se integran en la estructura de las estanterías. Estos sistemas se desplazan a lo largo de los pasillos formados entre estas, facilitando el acceso y manipulación de los productos almacenados en alturas elevadas.
- Eficiencia y ahorro de espacio: uno de los principales beneficios de los almacenes autoportantes es su capacidad para aprovechar al máximo el espacio vertical disponible. Al no depender de muros o columnas independientes, se pueden alcanzar alturas considerables para almacenar una mayor cantidad de mercancías en un área más reducida.
- Personalización y adaptabilidad: los almacenes autoportantes pueden ser diseñados y configurados según las necesidades y requerimientos específicos de cada empresa. Esto permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad a diferentes tipos de productos y volúmenes de almacenamiento.

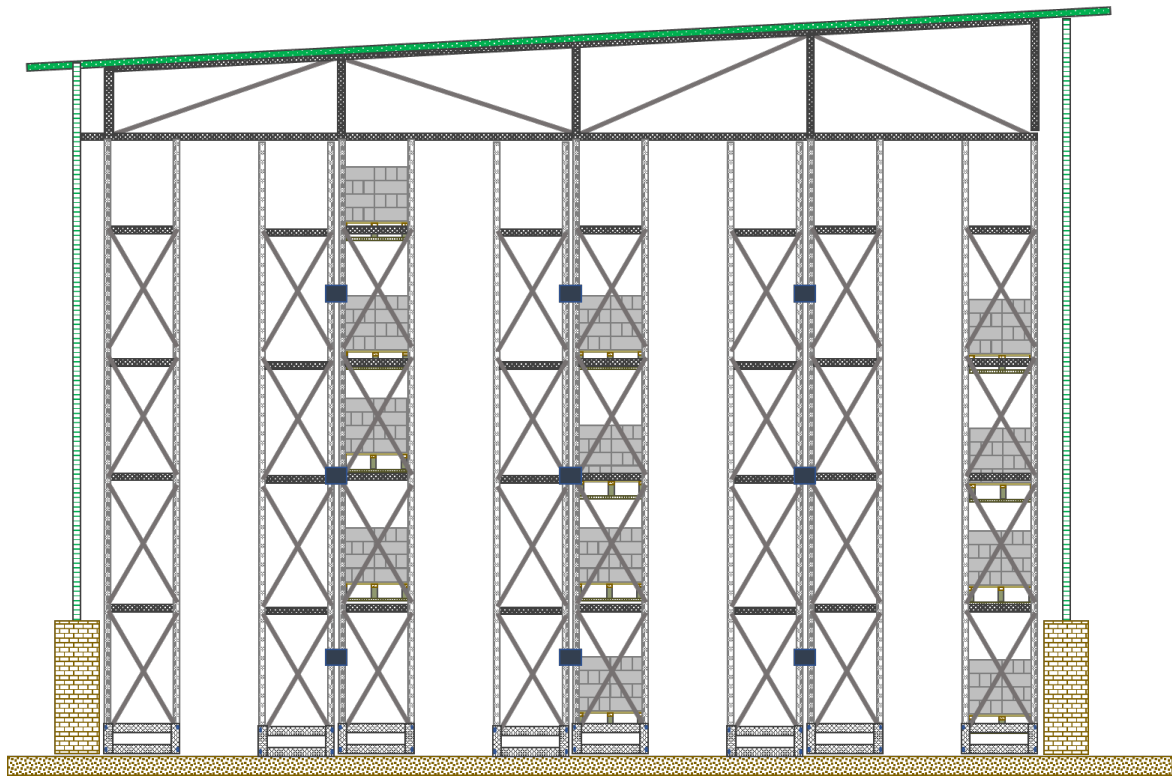


FIG. 7.4 ALMACÉN AUTOPORTANTE

## Almacenes automatizados

En la actualidad, la velocidad y precisión en las entregas son elementos fundamentales para mantener un nivel de servicio al cliente competitivo. Por esta razón, es prácticamente imprescindible que un almacén cuente con un Sistema de Gestión de Almacenes (SGA), independientemente de su tamaño. Sin embargo, cuando las dimensiones del proceso de almacenamiento son considerablemente grandes en términos de número de referencias, cantidad de unidades de carga por referencia y la rotación de dichas unidades, es necesario complementar el SGA con diferentes grados de automatización para alcanzar y mejorar los niveles de servicio que exige el mercado.

Al realizar un estudio de factibilidad para la automatización de un depósito existente o la instalación de uno nuevo, es esencial tener en cuenta varios aspectos clave:

- Tipo de negocio.
- Proyección del negocio en un horizonte de dos, cinco y diez años.

- Volúmenes de tráfico, tanto en el ingreso como en la salida de la mercadería.
- Número de referencias de productos a almacenar.
- Cantidad de unidades de carga por referencia.
- Rotación de productos por referencia.

Es importante destacar que las inversiones necesarias para automatizar un almacén suelen ser significativas, por lo que el estudio de factibilidad económica tiene tanto peso como el análisis técnico.

El término "almacenes automáticos" suele asociarse con los "almacenes autoportantes", que efectivamente están siempre automatizados. Sin embargo, el concepto es más amplio, ya que la automatización puede aplicarse tanto a almacenes para pallets como para cajas, abarcando todo el proceso, desde el ingreso de las unidades de carga logística hasta su salida.

La automatización de un depósito puede presentar distintos niveles de implementación y puede aplicarse de forma sectorizada, lo que implica que cada área del almacén puede requerir soluciones específicas en cuanto a sistemas de almacenamiento y equipos para el movimiento de unidades de carga.

Por ejemplo, los sistemas de estanterías pueden configurarse como bloques dedicados a pallet shuttle o como pasillos estrechos diseñados para pallets o cajas, operados mediante transelevadores. La circulación para la carga y descarga suele realizarse a través de transportadores de rodillos, que posicionan o retiran las unidades de carga en los pasillos correspondientes. También es posible incorporar vehículos de guiado automático (AGV) o robots móviles para trasladar la mercancía desde las estanterías hacia las áreas de recepción o puntos de consolidación.

Automatizar un almacén es una estrategia clave para mejorar la eficiencia operativa, aumentar la precisión y acelerar los tiempos de respuesta en el servicio al cliente. No obstante, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de viabilidad técnica y económica para diseñar la solución más adecuada según las necesidades específicas de cada operación, asegurando así un retorno de inversión satisfactorio.

# **Capítulo 8**

## **Sistemas de almacenamiento en bloques**

# Sistema de almacenamiento en bloque

---

Existen diversos sistemas de almacenamiento en bloque que comparten la característica principal de minimizar los pasillos para la operación de almacenaje de pallets. Estos sistemas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✓ Bloques sobre piso
- ✓ Bloques de estanterías de base fija
  - Tipo *drive*
  - Tipo *push back*
  - Tipo dinámicas a rodillos
  - Tipo *pallet shuttle*

Cada uno de estos sistemas de almacenamiento en bloque sin pasillos intermedios tiene características y niveles de automatización diferentes, lo que implica diferencias significativas en términos de costos.

## Bloques sobre piso

Este sistema de almacenamiento se basa en la apilación de unidades de carga en bloques compuestos por varias filas y niveles de altura, con un pasillo principal para la circulación, almacenamiento y recogida de los pallets. Cada bloque contiene una única referencia, lo que implica una composición homogénea. No obstante, es habitual agrupar bloques con distintas referencias uno junto al otro, manteniendo la misma profundidad para conformar un pasillo de acceso frontal, como se observa en la figura 8.1.

Las unidades de carga —generalmente pallets— deben poseer la resistencia y estabilidad necesarias para ser apiladas, ya que la eficiencia del sistema se justifica a partir de la altura alcanzada. Por lo general, se apilan entre tres y cinco niveles, aunque se recomienda no superar las seis alturas.

Este sistema resulta ideal cuando se gestionan unidades de carga paletizadas con muchas unidades por referencia, pero pocas referencias distintas. Es ampliamente utilizado en la industria alimentaria y en centros de distribución, especialmente en productos con alta rotación en el almacén.

Dado que no se respeta un orden específico de ingreso de productos en el bloque, este sistema permite una ocupación total del espacio (100%), a pesar de su estructura ordenada. Además, reduce la cantidad de pasillos necesarios y minimiza la inversión en estanterías. Operativamente, responde a una lógica LIFO (último en entrar, primero en salir). Dado que presenta dificultades de acceso a los productos, este sistema no es adecuado para aplicar un modelo FIFO (primero en entrar, primero en salir), lo que también se traduce en una baja productividad operativa. Además, la expedición debe realizarse en unidades de carga completas, ya que el fraccionamiento no es recomendable: ocupa más espacio, complica la organización y puede obstruir los pasillos de circulación.



FIG. 8.1 ALMACENAMIENTO EN BLOQUE.

## Dimensionamiento para almacenamiento en bloques sobre piso

En general, cuando se almacena en bloque sobre el piso utilizando subbloques con distintas referencias, se procura que la profundidad del bloque sea uniforme para todas ellas, como se mencionó anteriormente, mientras que el ancho del bloque puede variar según la referencia.

La altura de los bloques dependerá del número de unidades de carga que sea posible apilar para cada caso, y, como ya se indicó, suele oscilar entre tres y cinco niveles.

Se denomina superficie de almacenamiento al área ocupada por el sistema de almacenamiento, incluyendo la superficie destinada a pasillos de acceso y maniobra. No se incluye la superficie de circulación principal, ya que esta se calcula dentro del dimensionamiento general del edificio del almacén.

Parámetro	Característica
$S_b$	Superficie necesaria para almacenamiento en bloques sobre piso
$S_a$	Superficie de almacenamiento
$S_p$	Superficie del pasillo de acceso y maniobra
$Q$	Cantidad de pallets por referencia
$Q_n$	Cantidad de pallets por altura
$n$	Número de alturas de apilamiento permitidas por la unidad de carga logística para la referencia
$P$	Profundidad del bloque
$A$	Ancho del bloque
$W_p$	Ancho del pasillo de acceso y maniobra

TABLA 8.1 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES SOBRE PISO

Para determinar la superficie necesaria para el almacenamiento en un bloque sobre piso, primero debemos determinar el número de pallets que tendrá la base del bloque, que estará en función del número alturas que la referencia permite.

$$Q_n = \frac{Q}{n}$$

(Ec. 8.1)

Determinada la cantidad de pallets por nivel en la ecuación 8.1, se puede configurar la base de los bloques de cada referencia. En función del tipo de pallet a utilizar en cada referencia se tienen las medidas del ancho ( $a$ ) y

el largo (**b**) las que permitirán definir la superficie necesaria para la base del bloque:

$$S_b = Q_n(a * b) = A * P$$

(Ec. 8.2)

La definición de las medidas de profundidad de bloque **P** y de ancho de bloque **A** generalmente están condicionadas por la superficie disponible en el terreno y además como vemos en la Ec 8.2 tenemos una ecuación y dos variables, con lo que tendremos múltiples combinaciones.

Las buenas prácticas recomiendan que los bloques contiguos con diferentes referencias tengan un número similar de pallets, de modo que la profundidad del bloque **P** sea uniforme. Esto permite contar con un pasillo de acceso común, facilitando así el cálculo de la longitud del pasillo de maniobra y acceso, que será:

$$A = \sum_i^n * A_i$$

(Ec. 8.3)

El ancho de estos pasillos  $W_p$  dependerá del tipo de equipo que se empleará en el proceso y en función de estos podrán variar en 2,8 m y 3,5m.

En resumen, la superficie de almacenamiento necesaria un conjunto de bloques de distintas referencias será:

$$S_a = \sum_i^n S_{bi} + W_p \sum_i^n * A_i$$

(Ec. 8.4)

## Bloques de estanterías de base fija

### Bloque estanterías de base fija tipo drive

El sistema de estanterías tipo drive es una solución de almacenamiento eficiente que se utiliza ampliamente en la logística. Este sistema se caracteriza por la configuración de los pasillos que permiten el acceso y la

manipulación de la carga por medio de vehículos apiladores en forma segura.

Existen dos modelos de estanterías tipo drive, las *drive in* y las *drive through*.

✓ Estanterías *drive in*

Este tipo de estanterías figura 8.2 permite la entrada de los vehículos apiladores o carretillas en su interior. La carga se deposita de manera frontal, y para retirarla, el vehículo debe salir en marcha atrás. Esto implica que solo se necesita un pasillo de maniobra frontal, lo que a su vez genera un ahorro de espacio en comparación con otros sistemas de almacenamiento. En general, el fondo de las estanterías *drive in* se apoya en una pared del edificio.

El proceso de gestión de inventario en las estanterías *drive in* sigue el principio LIFO (último en entrar, primero en salir). Por lo tanto, es necesario que cada pasillo almacene una única referencia, y se recomienda que la rotación de los productos no sea alta. Una ventaja destacada de este sistema es su alto índice de utilización, que puede alcanzar hasta un 85%.

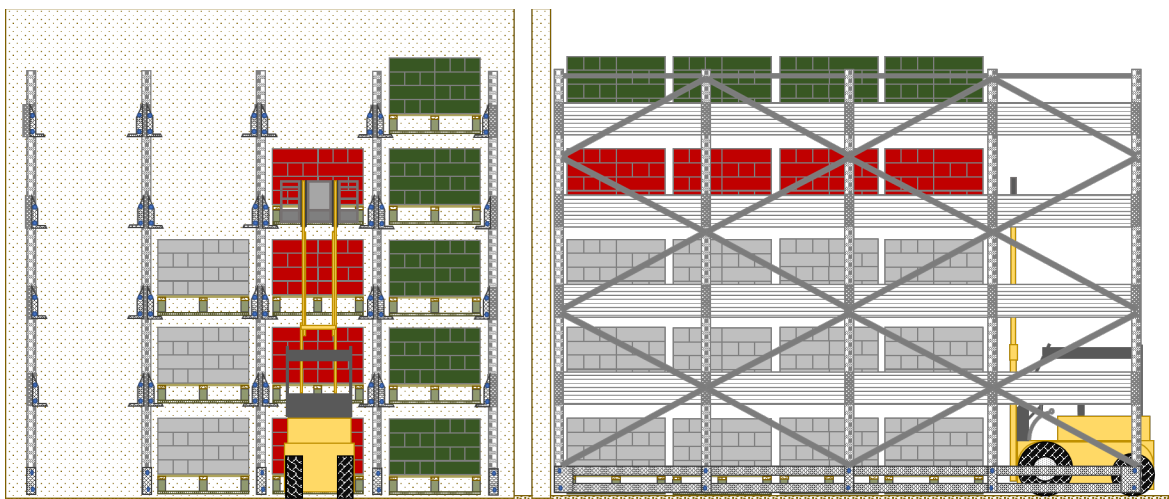


FIG. 8.2 ESTANTERÍAS TIPO DRIVE IN

✓ Estanterías *drive through*:

En este caso figura 8.3, las estanterías están configuradas como bloques en forma de isla con pasillos de maniobra en cada frente. Los vehículos apiladores pueden pasar por ellos, al igual que en el sistema *drive in*. La diferencia radica en que los apiladores pueden

realizar la carga y descarga desde ambos extremos de la isla, lo que permite seguir el principio FIFO (primero en entrar, primero en salir) para productos con rotación media/alta o alta. Sin embargo, cada pasillo debe destinarse a una misma referencia.

Al igual que en el sistema *drive in*, las estanterías *drive through* tienen principios constructivos y medidas de seguridad similares. También logran un alto índice de utilización, alcanzando hasta un 85% de aprovechamiento del espacio disponible.

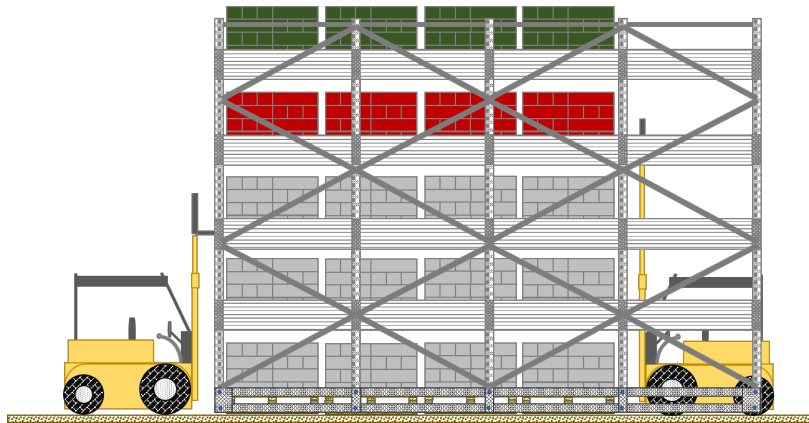


FIG. 8.3 ESTANTERÍAS TIPO DRIVE THROUGH

Ambos sistemas de estanterías tipo *drive* son económicos y ofrecen soluciones compactas para el almacenamiento difiriendo las variantes en la forma en que se configuran los pasillos y en el principio de gestión de inventario que siguen. Sin embargo, es importante considerar las necesidades específicas de gestión de inventario y el tipo de productos antes de elegir el sistema más adecuado.

### Bloque estanterías de base fija tipo *push back*

Es un sistema de almacenaje figura 8.4, a diferencia los sistemas *drive* permite referencias únicas por canal de manera que lo hace más eficiente. En las estanterías *push back*, los pallets se colocan en carriles con ligera pendiente, y cada nivel se desplaza hacia atrás mediante el empuje de un nuevo pallet. Esto permite almacenar varios pallets en profundidad, aprovechando al máximo el espacio disponible en el bloque.

Cuando se desea retirar un pallet, el operador extrae el pallet frontal y los restantes se desplazan automáticamente hacia el frente mediante la acción de gravedad. Esto lo hace más seguro que los sistemas *drive* ya que los apiladores no se introducen en los pasillos de la estantería.

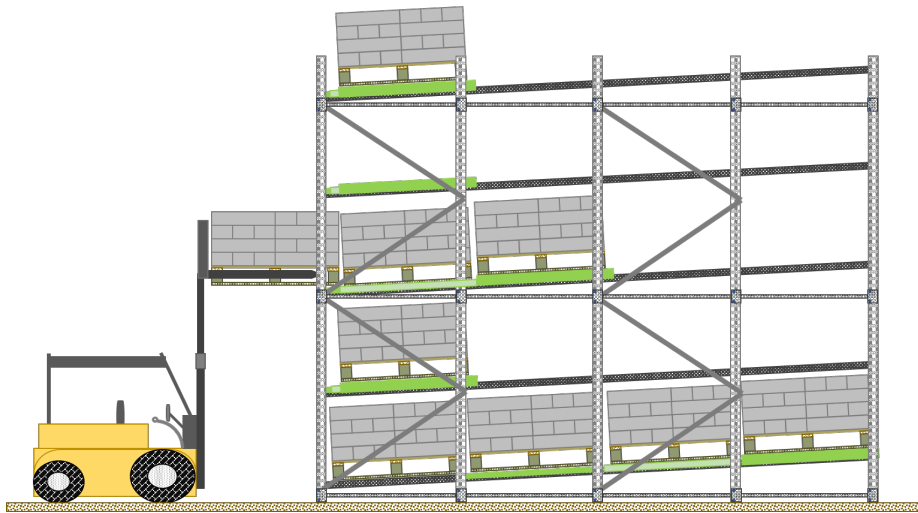


FIG. 8.4 ESTANTERÍAS TIPO PUSH BACK

En este sistema, permite dispositivos de carros (figura 8.5a) o de rodillos (figura 8.5b). Los dispositivos tipo carro permiten una profundidad de hasta cuatro pallets por canal, mientras que los dispositivos a rodillos pueden alcanzar una profundidad de hasta seis pallets, dependiendo del peso de estos.

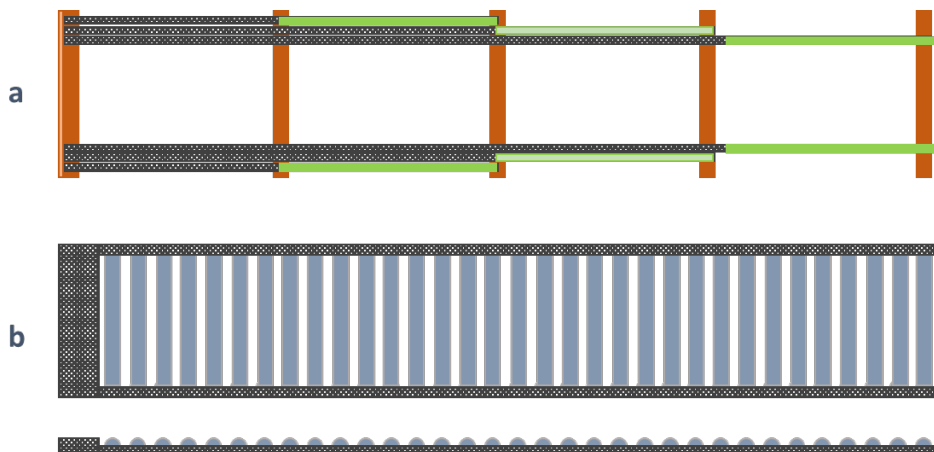


FIG. 8.5 GUÍAS DE APOYO DE PALLETS EN ESTANTERÍAS TIPO PUSH BACK

Los dispositivos cuentan con un pequeño ángulo de inclinación, de modo que la parte más elevada se encuentra en el fondo del rack de estanterías y la más baja en el frente. Esto permite que, al descargar un pallet del canal, los demás se desplacen hacia adelante una posición gracias a la gravedad.

El sistema de estanterías *push back* sigue el principio de gestión de inventario LIFO (último en entrar, primero en salir), lo que lo hace adecuado para productos de rotación media. Ofrece una solución eficiente para el almacenamiento y la gestión de productos en el almacén.

## Bloque estanterías de base fija tipo dinámicas

El bloque de estanterías de base fija tipo dinámicas es un sistema de almacenamiento diseñado para maximizar la capacidad y mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios. Este tipo de estanterías se utiliza especialmente en entornos logísticos y de almacenamiento donde se manejan grandes volúmenes de productos con una rotación constante.

Las estanterías tipo dinámicas están equipadas con carriles inclinados a 2° y rodillos o ruedas que permiten el desplazamiento automático de las cargas. Los pallets se colocan en la parte posterior de los canales y, mediante la fuerza de la gravedad, se deslizan suavemente hacia el extremo opuesto del canal. Este movimiento continuo de los pallets garantiza una rotación constante de los productos y permite una referencia por canal, siguiendo el principio FIFO (primero en entrar, primero en salir).

La longitud de los canales de las estanterías puede alcanzar hasta 20m de profundidad dependiendo en general del estado de los pallets (deben ser de primera calidad y en buen estado de conservación) y el peso de la unidad de carga logística.

Las estanterías tipo dinámicas ofrecen varias ventajas:

- **Mayor densidad de almacenamiento**  
Este sistema permite aprovechar al máximo el espacio disponible en el bloque debido a este sistema de almacenamiento, llegando a 85% de ocupación y en algunas ocasiones en forma temporal hasta superarlos.
- **Acceso fácil y rápido**  
El sistema de estanterías tipo dinámicas facilita al realizar el almacenado y el *picking* por diferentes pasillos reduce el tiempo de manipulación y mejora la eficiencia en las operaciones de carga y descarga.
- **Seguridad en la operación**  
Las estanterías cuentan con dispositivos de seguridad, como frenos y limitadores de velocidad, para garantizar un desplazamiento controlado de los pallets que permiten evitar accidentes o daños.

- Control de inventario  
Este sistema permite un seguimiento más preciso de los productos almacenados. La disposición en cascada de los pallets facilita la identificación y el conteo de las unidades, lo que contribuye a una gestión de inventario más eficiente y precisa.

Finalmente, este sistema es especialmente beneficioso en entornos con alta variedad de productos y con una alta rotación.

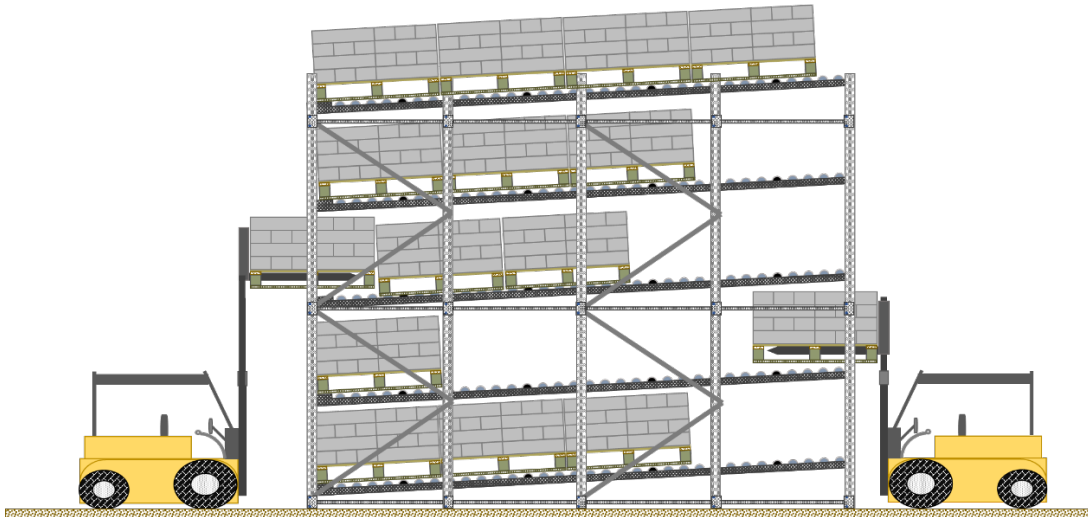


FIG. 8.6 ESTANTERÍAS TIPO DINÁMICAS

## Bloque estanterías de base fija para *pallet shuttle*

El sistema *pallet shuttle* es una solución de almacenamiento automatizada que se utiliza para maximizar la eficiencia y capacidad de un sistema de bloque de estanterías. Este sistema es especialmente útil en almacenes de alta densidad, gran variedad de referencias y manejo de grandes volúmenes de productos.

El funcionamiento del sistema *pallet shuttle* implica el uso de un vehículo o lanzadera automatizada que se desplaza dentro de los canales de las estanterías, sobre perfiles L, para cargar, descargar y mover los pallets de manera eficiente ubicando a dichos pallets en las posiciones disponibles, aventajado a los otros sistemas de penetración no solo en la profundidad que puede alcanzar los 40m, sino en una operación más rápida y segura. La capacidad de estos carros es de hasta 1.500kg.



FIG. 8.7 PALLET SHUTTLE

El carro, accionado por un motor eléctrico tiene un sistema de elevación de manera de despegar el pallet de la guía de apoyo de la estantería y poder desplazarse hasta la primera ubicación disponible o hasta la boca de salida del canal. El número de carros es proporcional al flujo de pallets en las estanterías, y normalmente un carro es utilizado en varios pasillos.

Operatoria de almacenaje:

- Preparación del sistema
 

Se configuran los canales en las estanterías, los cuales están diseñados para permitir el desplazamiento del *pallet shuttle*. Cada canal tiene un punto de acceso y salida en ambos extremos.
- Posicionamiento del *pallet shuttle*

El apilador coloca al *shuttle* en el canal donde se va a operar
- Carga de pallets
 

El operador coloca los pallets en el *pallet shuttle* en la entrada del carril utilizando apilador o equipo similar. Las capacidades de cargar y velocidad dependen de su diseño, pero los más utilizados en el mercado son de una capacidad de 1.500kg y velocidades entre 40m/min (con carga) y 95m/min (en vacío).
- Desplazamiento dentro del canal y almacenaje de los pallets
 

El operario desde un comando remoto con conexión wifi da la orden de acomodar el producto, se acciona en el *pallet shuttle* el dispositivo de elevación para despegar el pallet con el producto de la guía de la estantería y lo conduce hasta la primera posición disponible del canal, alcanzada la posición el dispositivo de elevación desciende y deposita el pallet con el producto sobre la guía de la estantería. El carro retorna a la boca del canal y se prepara para la próxima tarea.
- Almacenamiento y recuperación de pallets
 

El *pallet shuttle* deposita los pallets en los niveles de almacenamiento dentro de los canales según las instrucciones programadas. Puede moverse hacia adelante o hacia atrás para acomodar los pallets en el lugar correcto. Para la recuperación del pallet con producto se ubica el carro en la boca del canal para que

se dirija a recoger el primer pallet con mercadería disponible para traerlo a la boca del canal.

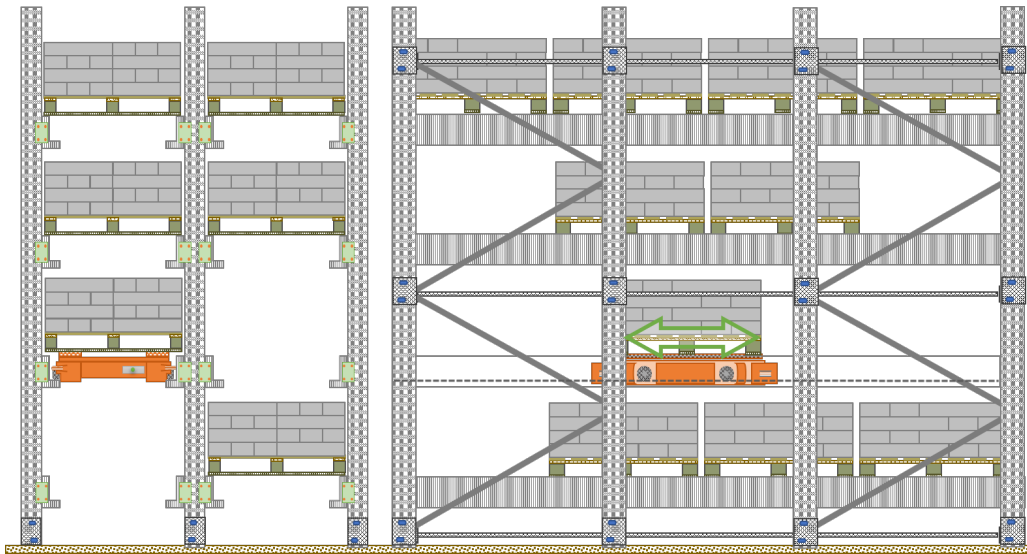


FIG. 8.8 SISTEMA DE ESTANTERÍAS PARA PALLET SHUTTLE

El sistema de estanterías ofrece la posibilidad de implementar tanto el proceso FIFO como el LIFO manteniendo la práctica de una referencia por canal. Esta flexibilidad permite adaptarse a distintas estrategias de gestión de inventario. Además, gracias a su capacidad máxima de compactación de pallets, el sistema logra una alta tasa de utilización, superando el 85%.

Una de las ventajas destacadas del sistema es la velocidad de movimiento del carro, lo cual se traduce en un aumento significativo de la productividad en comparación con otros sistemas de bloques de estanterías.

Si bien este sistema es aplicable a una amplia gama de productos, su máximo rendimiento se alcanza en procesos de un gran número de referencias y una gran cantidad de pallets por referencia. Es especialmente idóneo para su implementación en cámaras frigoríficas, ya que no se requiere el ingreso del operario, lo que facilita el mantenimiento de las condiciones de temperatura y evita la pérdida de frío.

## Dimensionamiento de un bloque sobre estanterías de base fija

En el dimensionamiento de los bloques de estanterías, se introduce una diferencia con respecto a los bloques sobre piso: el número de alturas de apilamiento, representado por  $n$ , ya no depende de las capacidades de apilamiento del producto, sino que se define en función de las necesidades de espacio y altura del edificio. Esto se debe a que los pallets se apoyarán directamente sobre las estanterías. Por lo tanto, el número de posiciones requeridas corresponderá a la cantidad de pallets que se desean almacenar.

Un bloque de estanterías está compuesto por racks, los cuales pueden ser penetrables o no. Cada nivel de apilamiento en la estantería se denomina "canal". El conjunto de canales en altura define un pasillo de estanterías. En última instancia, la suma de los pasillos de estanterías nos da el bloque completo de estanterías.

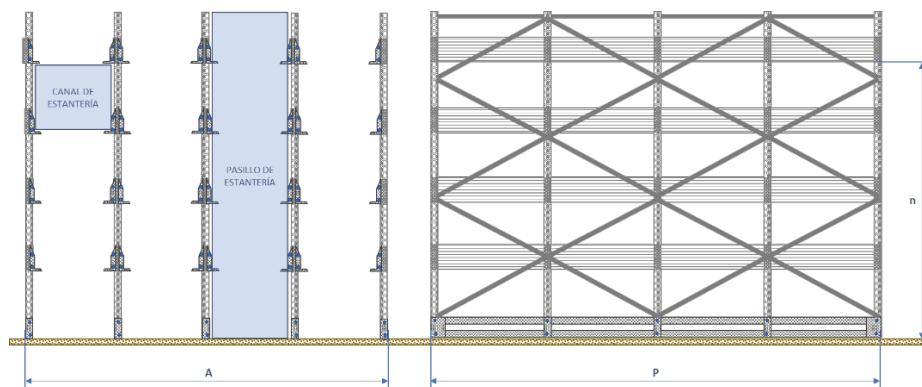


FIG. 8.9 BLOQUE DE ESTANTERÍAS – COTAS PRINCIPALES

- Bloque de estanterías con una referencia por pasillos (sistemas tipo *drive*)

Las dimensiones del edificio del almacén nos condicionaran la altura, profundidad y ancho del bloque. Definiremos a continuación los pasos a seguir en la estimación de la superficie requerida por el bloque de estanterías

- a) En función de la altura de edificio se define el número de alturas  $n$ , teniendo en cuenta que los costos y la complejidad de la operación se incrementan sensiblemente cuando se superan los 6m de altura de almacenaje.

- b) La superficie del bloque será la de los pallets a almacenar más el espacio de las estanterías y es proporcionadas por el proveedor de estas.
- c) No obstante, es conveniente estimar el número de pasillos y alturas.
- d) Con el largo del pallet  $b$  y la dimensión de  $P$  podemos calcular el número de pallets por canal  $Q_1$ :

$$Q_1 = \frac{P}{b}$$

(Ec. 8.5)

- e) El número de pallets por pasillo por será:

$$Q_2 = Q_1 * n$$

(Ec. 8.6)

- f) Finalmente, el número de pasillos por referencia  $n_p$  será:

$$n_p = \frac{Q_i}{Q_2}$$

(Ec. 8.7)

- g) El número de pasillos totales será la sumatoria de los pasillos necesarios por cada referencia

- Cálculo del número de canales por referencia para los sistemas tipo *push back*, dinámicos, y *pallet shuttle*.

Se realizan los pasos **a** al **d** del punto anterior, para luego calcular el número de canales por referencia:

$$n_c = \frac{Q_i}{Q_1}$$

(Ec. 8.8)

El número de canales totales será la sumatoria de los canales necesarios por cada referencia

Para definir la superficie de almacenamiento se debe incluir el espacio necesario para los pasillos de acceso para la colocación y retiro de los pallets. El ancho de los pasillos dependerá del tipo de equipo que se empleará en el proceso y en función de estos podrán variar en 2,8m y 3,5m. Dependiendo del sistema de estanterías serán necesarios uno o dos pasillos.

# **Capítulo 9**

## **Sistemas de almacenamiento de acceso directo**

# Sistema de almacenamiento de acceso directo

---

Este sistema permite acceder a la referencia en forma directa, lo que hace al proceso ágil, en este sistema de almacenamientos. Este sistema presenta las siguientes variantes:

- ✓ Estanterías de bases fijas
- ✓ Estanterías de bases fijas de doble profundidad
- ✓ Estanterías de bases móviles

Todas estas variantes están constituidas por racks y estos por módulos adaptables según las necesidades de cada proyecto.

## Racks de estanterías de acceso directo

Los racks del sistema de estantería se componen de una cantidad determinada de módulos de racks unitarios, los cuales son seleccionados según la configuración deseada en términos de cantidad y disposición.

Las dimensiones del rack están dadas por:

- ✓ La altura ( $h_1$ ) que dependerá del diseño del edificio
- ✓ La altura ( $h$ ) que dependerá de la altura de la unidad de carga logística y definirá el número de pallets en altura que se podrán almacenar
- ✓ La profundidad que puede ser simple o doble y cuya dimensión es función de los pallets a almacenar
- ✓ El ancho ( $A$ ) que dará la longitud del pasillo del conjunto de estanterías

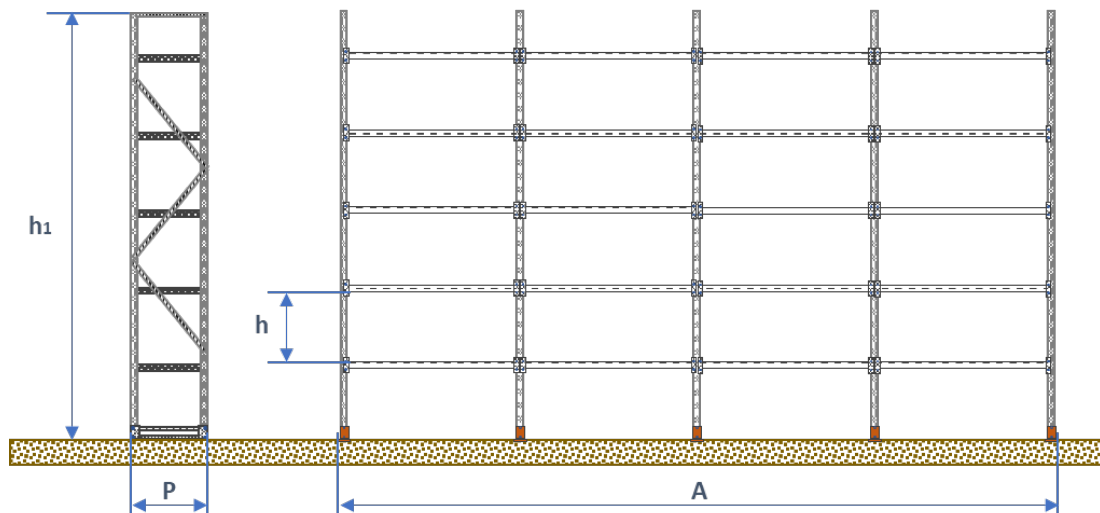


FIG. 9.1 RACK DE ESTANTERÍA

## Módulo de rack de estanterías

Los módulos de racks están compuestos por bastidores que consisten en dos puntales conectados por barras diagonales, junto con una barra horizontal en el extremo superior. Estos bastidores se apoyan sobre una base soporte que se fija al piso mediante fijaciones mecánicas en el caso de los racks de base fija figura 9.2.

En el caso de los racks de bases móviles, los puntales se apoyan en un bastidor que incluye ruedas, y en este bastidor también se monta el sistema de accionamiento, figuras 9.3a y 9.3b. La separación entre los puntales se ajusta según la profundidad de la estantería y depende del tamaño de los pallets a almacenar.

Los bastidores se unen entre sí mediante dos largueros que se fijan a cada uno de los puntales. Estos largueros son los soportes donde se coloca la unidad de carga logística a almacenar, mientras que sobre cada puntal interior se apoya el larguero del módulo siguiente. La separación en altura entre los largueros ( $h$ ) se determina en función de la altura de las unidades de carga. Es recomendable tener una altura de unidades de carga normalizada para aprovechar al máximo la altura total del rack.

En la figura 9.2 se muestran los componentes principales de un módulo de rack de estanterías de base fija.

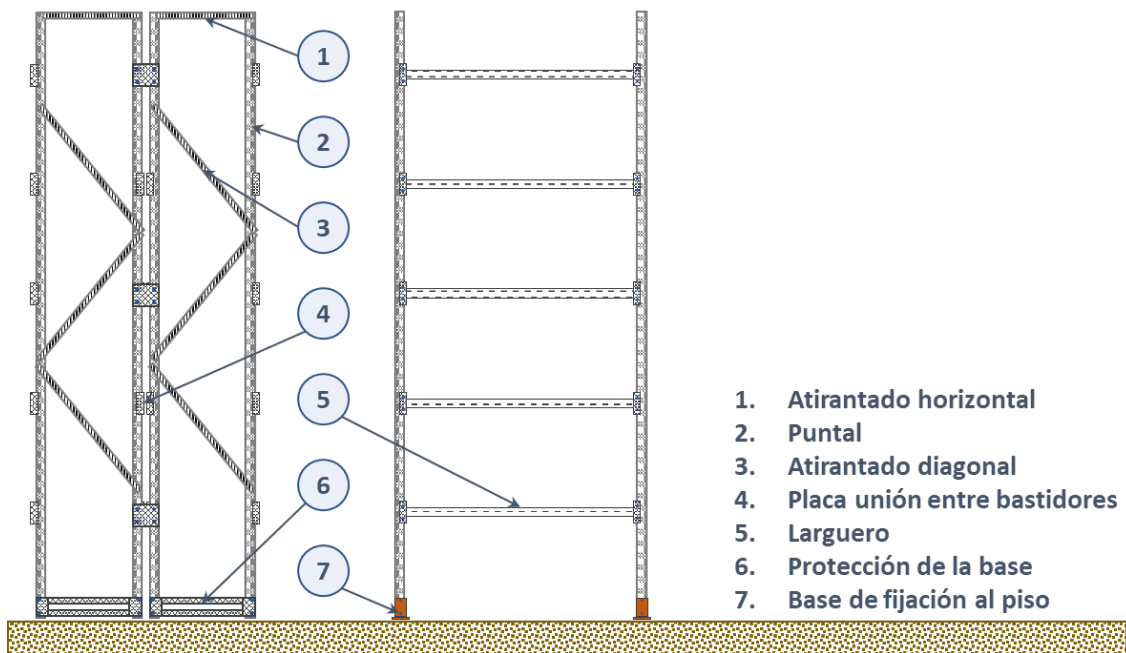


FIG. 9.2 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES FIJAS ELEMENTOS PRINCIPALES

En el caso de las bases móviles, estas se apoyan sobre guías empotradas en el piso. Los puntales se fijan al bastidor del módulo de la base, y en dicho bastidor se montan los elementos de accionamiento, motor, transmisión y ruedas. También se incluyen elementos de seguridad para el movimiento de estos racks.

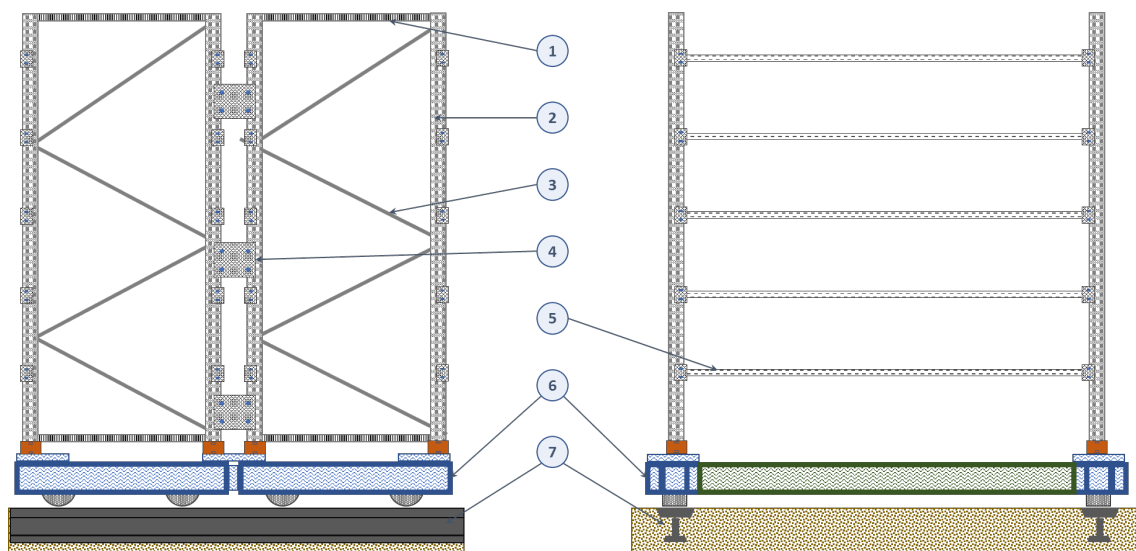


FIG. 9.3 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES MÓVILES ELEMENTOS PRINCIPALES

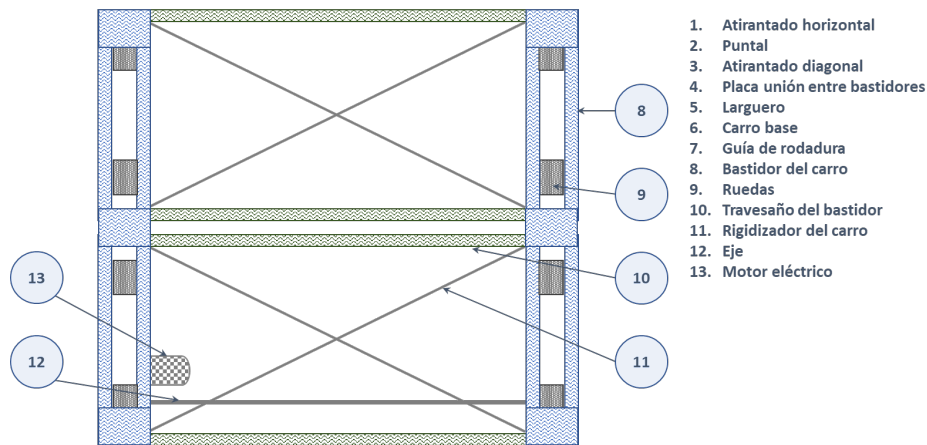


FIG. 9.4 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES MÓVILES ELEMENTOS PRINCIPALES

Todos los perfiles utilizados son de chapa laminada en frío. En el caso de los puntales, se encuentran ranurados en espacios fijos para permitir la colocación de los largueros según las necesidades operativas.

Las separaciones entre los bastidores, es decir, las longitudes de los largueros están definidas para permitir el almacenamiento de uno, dos y tres pallets entre bastidores (figura 9.5). En algunos casos, en los racks de bases móviles, se puede alcanzar hasta cuatro pallets entre bastidores.

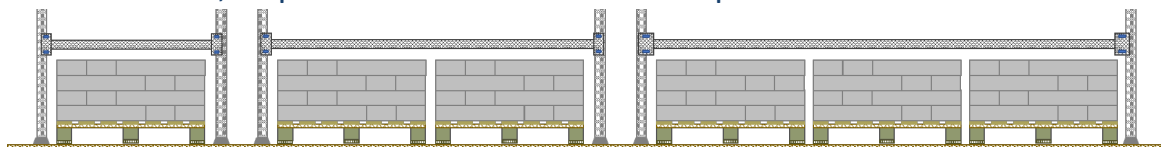


FIG. 9.5 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS ANCHO DEL LARGUERO

## Sistema de estanterías de acceso directo de base móvil

Consiste en un conjunto de estanterías convencionales montadas sobre bases móviles que se desplazan sobre rieles empotrados en el piso. Este diseño permite que los racks de estanterías se compacten entre sí, eliminando los pasillos intermedios y formando un bloque compacto. Cuando se requiere acceder a una posición específica, los racks se separan, permitiendo un acceso directo a dicha posición. Esta configuración ofrece mejoras significativas en comparación con los racks selectivos de base fija.

Estas mejoras se pueden medir en términos de ahorro de superficie para una misma cantidad de posiciones o incremento en la cantidad de posiciones en una misma superficie. En algunos casos, el incremento de

posiciones puede llegar al 100%, dependiendo de los equipos de manejo de pallets y la necesidad de pasillos principales.

Los racks están motorizados para su desplazamiento, el sistema de accionamiento puede ser controlado mediante un mando a distancia o una botonera ubicada en la cabecera del rack. Además, se instalan sensores de interferencias en los racks, los cuales detienen el movimiento en caso de detectar la presencia de operarios, máquinas o productos, garantizando la seguridad en el entorno de trabajo.

La utilización de los racks de bases móviles es versátil y aplicable en diversas situaciones. Son ideales para productos de media y baja rotación, ya que permiten un acceso rápido y directo a los artículos almacenados. Estos racks también son altamente recomendables en cámaras frigoríficas debido a su capacidad para optimizar el consumo energético. Esto puede lograrse mediante una ocupación de menor superficie o un incremento en el número de posiciones disponibles en el mismo espacio.

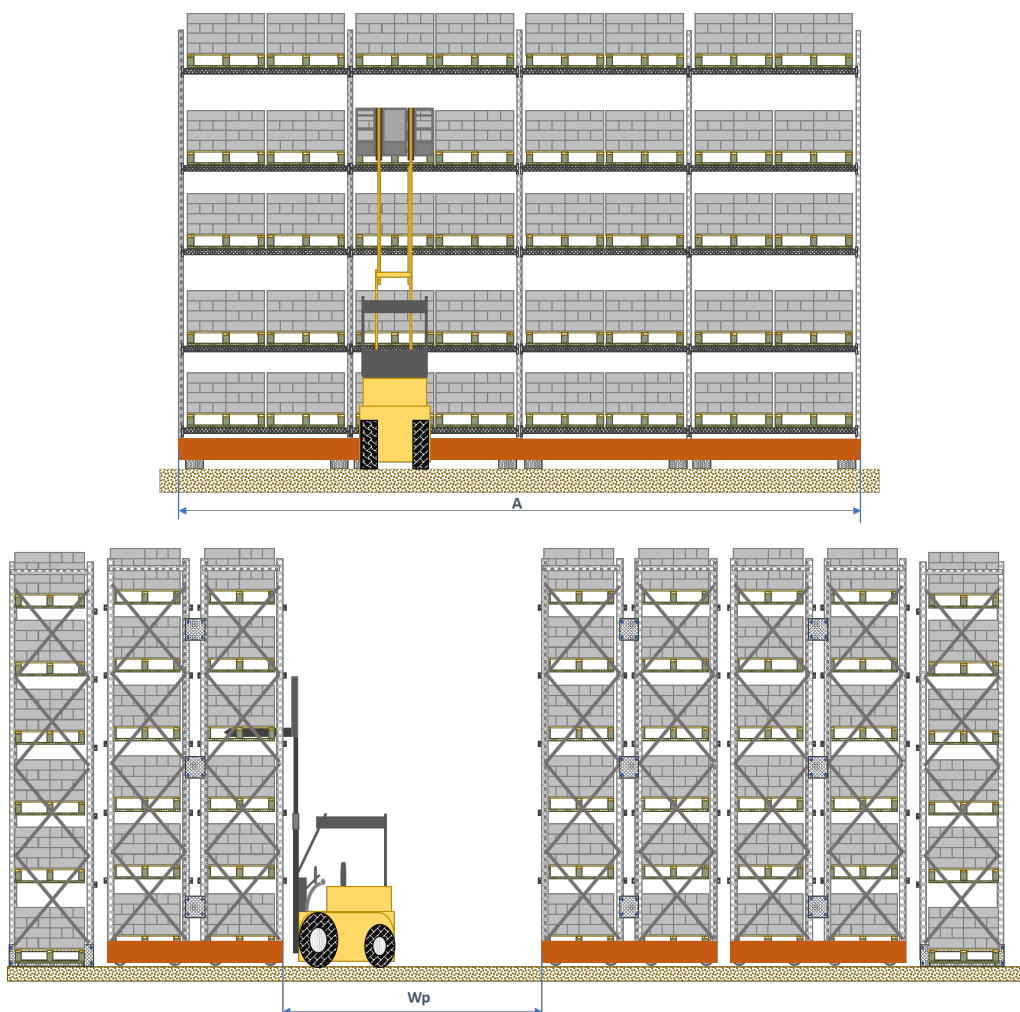


FIG. 9.6 SISTEMA DE ESTANTERÍAS DE BASES MÓVILES

El desplazamiento de los racks se hace mediante ruedas que apoyan en rieles empotrados en el piso. Estos pueden ser lisos o con guías para que las ruedas no tengan rodadura libre. La selección de uno u otro sistema generalmente viene dada por el diseño *ad hoc* del fabricante de las estanterías y depende de las características y el peso de los productos a almacenar.

## Dimensionamiento de un bloque sobre estanterías de base móvil

Este sistema de almacenamiento no tiene restricciones para la ubicación de las referencias, más allá de las limitaciones de las dimensiones del edificio, siendo esta condición lo que permitirá configurar la altura y el ancho de los racks.

El dimensionamiento del sistema de estanterías de bases móviles implica determinar la cantidad de racks necesarios para todas las posiciones a almacenar.

Determinada las medidas de la unidad de carga a utilizar, el espacio disponible en el edificio en ancho y alto nos dará el número  $n_a$  de pallets a disponer en el ancho del rack y  $n$  de pallets a almacenar en altura. En consecuencia, el número de racks necesarios será:

$$R = \frac{Q}{n * n_a}$$

(Ec. 9.1)

Por otro lado, se deberá tener en cuenta que los racks se configuran en pares, a excepción de los extremos.

Con el número de racks necesarios, los fabricantes del sistema de estantería nos proveerán la superficie necesaria para el área de almacenamiento, que incluirá la superficie de un pasillo de operación  $W_p$  cuyo ancho dependerá del tipo de equipo que se empleará en el proceso y en función de estos podrán variar en 2,8 m y 3,5 m, y la longitud del pasillo coincidirá con el ancho  $A$  del rack de estanterías.

Siempre se deberá tener en cuenta la superficie del pasillo de acceso principal que tendrá un ancho mínimo de 3m y el largo que ocupará el sistema de estanterías.

## Sistema de estanterías de acceso directo de base fija

Este sistema de almacenamiento es ampliamente utilizado en los procesos de almacenes debido a su capacidad para proporcionar un acceso directo a cada posición de almacenamiento, permitiendo estibar o retirar un producto sin tener que mover los demás, lo que agiliza la manipulación de los pallets y mejora significativamente la eficiencia operativa.

Las estanterías convencionales de base fija son muy utilizadas debido a su versatilidad para almacenar un alto número de referencias, independientemente de la cantidad de pallets de cada una, además, son altamente adaptables a diferentes unidades de carga, lo que las hace adecuadas para una amplia gama de productos.

El montaje de estas estanterías se realiza mediante la unión de dos racks hermanados en la parte trasera, asegurados al piso del depósito con fijaciones mecánicas. Entre los conjuntos de racks, se dejan pasillos de maniobra y circulación para las máquinas de manejo de pallets. Es importante destacar que el ancho de estos pasillos dependerá del tipo de equipo de manejo que se utilice, asegurando así una operación fluida y segura.

El sistema de almacenamiento descrito ofrece múltiples ventajas en términos de agilidad en la manipulación de productos y eficiencia general del almacén. Su versatilidad y adaptabilidad lo convierten en una opción altamente preferida para optimizar los procesos logísticos en diversos tipos de almacenes. Otras características ventajosas del sistema son el fácil control del inventario, la capacidad de adaptarse a diferentes tipos de carga en términos de peso y volumen, y la posibilidad de realizar *picking* tanto de pallets completos como de desconsolidados.

Aunque las estanterías convencionales tienen una menor tasa de ocupación en comparación con otros sistemas de almacenamiento, su flexibilidad y productividad asociada las convierten en una opción óptima para múltiples aplicaciones en depósitos.



FIG.9.7 SISTEMA DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES FIJAS CON PASILLOS INTERMEDIOS

Como vimos en el capítulo 6, las alturas de los racks de estanterías están limitadas por la altura y forma constructiva del edificio conjuntamente y con los equipos de manejo de materiales.

## Dimensionamiento de estanterías de base fija

Se parte de las mismas consideraciones utilizadas en el dimensionamiento de estanterías de bases móviles; es decir, se asume que el número de pallets a almacenar coincide con el número de posiciones necesarias en las estanterías. Por lo tanto, para calcular el número de racks necesarios, es aplicable la ecuación 8.7.

Una vez determinado el número de racks, se configura su distribución para establecer el número de pasillos requeridos, teniendo en cuenta que los racks se instalan emparejados de a dos, y que en los extremos — cuando no se permite el acceso— se consideran unidades individuales.

Los fabricantes del sistema de estanterías proporcionarán la superficie necesaria para el área de almacenamiento, a la que se le deberá adicionar

la superficie correspondiente a los pasillos, la cual dependerá de la altura de almacenamiento seleccionada.

Si la altura es menor a 14 metros, se pueden utilizar equipos convencionales de movimiento de materiales, que requieren pasillos con un ancho que varía entre 1,80 m y 3,50 m, dependiendo del tipo de equipo.

Si la altura es mayor a 14 metros, se utilizan pasillos estrechos, cuyos anchos varían entre 1,30 m y 1,40 m, adecuados para equipos de alta elevación y automatización.

## Sistema de estanterías de acceso directo de doble profundidad

Este sistema permite almacenar dos pallets por canal en cada pasillo (ver figura 9.8), lo que optimiza el uso del espacio al reducir la cantidad de pasillos necesarios. Sin embargo, como contrapartida, se pierde la productividad asociada al acceso directo, propio de los sistemas de una sola profundidad.

Cuando se necesita acceder al pallet ubicado en el fondo, es necesario reubicar o despachar el pallet frontal, lo cual generalmente conduce a operar bajo un sistema LIFO (último en entrar, primero en salir).

Para el manejo de los pallets en este sistema, las máquinas de carga deben estar equipadas con horquillas telescópicas, que permitan la estiba y el acceso al segundo pallet en profundidad.

La forma más eficiente de utilizar este tipo de estanterías es contar con un sistema de gestión de almacenes (WMS) que combine criterios de ubicación y rotación de cada referencia, con el fin de optimizar tanto la ocupación del espacio como la gestión operativa.

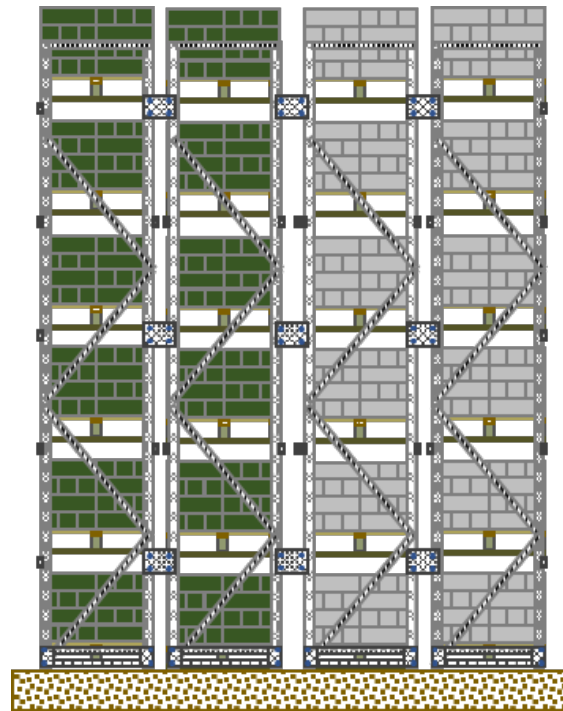


FIG. 9.8 SISTEMA DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES FIJAS DE DOBLE PROFUNDIDAD

## Estanterías de acceso directo para cargas largas – Cantilever

El sistema de estanterías Cantilever está especialmente diseñado para el almacenamiento de objetos largos, pesados o de formas irregulares, tales como tubos, barras, vigas, tableros de madera, perfiles metálicos, entre otros. Es ideal para sectores como la construcción, la industria maderera, la metalurgia y otras ramas del sector industrial.

La característica distintiva de este sistema es su estructura formada por brazos horizontales que se extienden desde columnas verticales, creando una configuración en forma de “T” o “L”. Estos brazos forman una plataforma abierta sobre la cual se pueden depositar materiales de gran longitud o volumen sin restricciones laterales.

Las columnas y ménsulas están fabricadas con perfiles estructurales en U o doble T, soldados entre sí para garantizar robustez y estabilidad. Las columnas se anclan al piso mediante fijaciones mecánicas (brocas) y se conectan entre sí mediante largueros que proporcionan rigidez al conjunto. La separación entre columnas es, en general, de

aproximadamente un metro, y la altura total del sistema suele no superar los seis metros.

Algunas características y ventajas del sistema de almacenaje cantilever son las siguientes:

- **Acceso sencillo:** el diseño de brazos abiertos permite un acceso directo a los materiales almacenados. Esto facilita la carga y descarga, ya que los operadores pueden acceder a los productos sin obstáculos.
- **Adaptable:** es altamente ajustable y se puede configurar según las necesidades de almacenamiento específicas. Los brazos son ajustables en altura, lo que permite almacenar diferentes tamaños de productos.
- **Capacidad de carga:** está diseñado para soportar cargas pesadas y objetos de gran longitud. Esto lo hace ideal para almacenar materiales largos y pesados que no se pueden almacenar en otros sistemas convencionales.
- **Seguridad:** cuentan con brazos con topes o dispositivos de seguridad para evitar que los materiales se desplacen hacia afuera y caigan.
- **Versatilidad:** es adecuado para diferentes tipos de industrias y puede adaptarse a diversas condiciones de almacenamiento.

También algunos fabricantes las presentan sobre bases móviles con la misma tecnología utilizada en los sistemas de acceso directo.

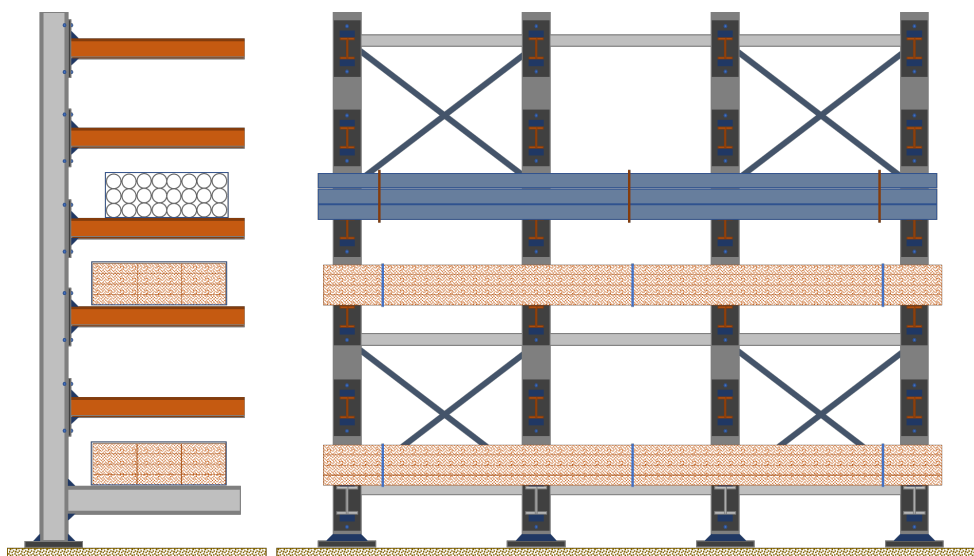


FIG. 9.9 ESTANTERÍAS PARA CARLAS LARGAS CANTILEVER

# **Capítulo 10**

## **Sistemas de almacenamiento para pequeñas piezas**

# Sistemas de estanterías para piezas pequeñas

---

Los procesos logísticos en los almacenes son diversos, y no siempre se utilizan unidades de carga paletizadas. En muchos casos, las unidades de carga se desconsolidan en formatos más pequeños para su almacenamiento. Para estos escenarios, se emplean sistemas de estanterías denominados para pequeñas piezas, diseñados específicamente para almacenar elementos de tamaño y/o peso reducido.

Este tipo de almacenamiento no solo se utiliza para la guarda de productos, sino que cumple un rol fundamental en el proceso de *picking*. En estos sistemas, los productos se disponen de forma estratégica, permitiendo que los operarios accedan fácilmente a ellos sin necesidad de recorrer grandes distancias. Es un enfoque en el que los productos permanecen en ubicaciones fijas, y los trabajadores se desplazan hacia ellos para recolectarlos, lo que reduce significativamente el tiempo y el esfuerzo físico en la preparación de pedidos.

Como se analizó en el estudio del proceso de *picking* (ver figura 2.15), el recorrido y la extracción de productos representan el mayor impacto en términos de tiempo y eficiencia. Por ello, al seleccionar los sistemas de almacenamiento, se consideran diversas estrategias de optimización y automatización que contribuyan a mejorar el desempeño de esta tarea crítica dentro del almacén.

Los procesos básicos para la preparación de pedidos son:

- ✓ Hombre a producto: es decir el operario se mueve hacia la pieza.
- ✓ Producto a hombre: el producto se mueve hacia el operario

La selección procesos está asociado a la selección del sistema de estantería a utilizar.

## Proceso hombre / producto – estanterías de base fija para picking

Las estanterías para *picking* son similares a las utilizadas para el almacenamiento de pallets, pero su estructura permite el manejo de cargas tanto livianas como pesadas. En lugar de ménsulas para pallets, se utilizan largueros transversales que sostienen los estantes, lo que permite una adaptabilidad óptima modificando la separación entre estantes según las necesidades.

La altura de estas estanterías puede variar considerablemente. Cuando se superan aproximadamente los dos metros, se requiere el uso de escaleras tipo tijera o escaleras tipo carro para colocar y recoger productos manualmente. En consecuencia, los niveles inferiores se destinan a alojar productos más pesados. Si se necesita más altura para satisfacer las necesidades de almacenamiento, se pueden colocar plataformas para crear varias plantas de circulación. Estas plantas siempre contarán con un área dedicada para recibir y despachar unidades de carga.

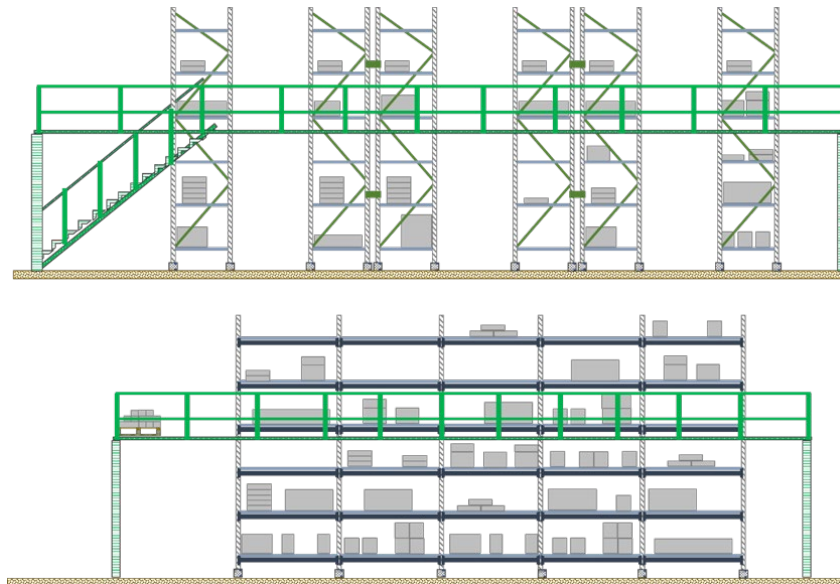


FIG. 10.1 SISTEMA DE ESTANTERÍAS PARA PICKING

Los módulos de racks que componen estas estanterías constan de bastidores formados por dos puntales unidos por diagonales y una transversal en la base y otra en el tope. Estos bastidores se conectan mediante los largueros donde se apoyan los estantes. Todos los componentes son perfiles de chapa laminados en frío de alta resistencia,

mientras que los estantes pueden estar contruidos en chapa conformada o en madera.

En la figura 10.2 se presentan los componentes principales de un módulo de rack de una estantería para *picking*.

Es importante mencionar que, aunque las dimensiones pueden variar según el fabricante, en general, se encuentran dentro de los siguientes rangos:

- $h = 1 \text{ m a } 5 \text{ m}$ , pudiéndose montar superpuestos hasta alturas de 20m.
- $L = \text{según necesidades de almacenamiento}$
- $A = 1 \text{ m a } 2 \text{ m}$
- $P = 0,40 \text{ m a } 1,2 \text{ m}$

Las estanterías para *picking* son una solución versátil para el almacenamiento de cargas livianas y pesadas, permitiendo una fácil adaptabilidad y configuración según las necesidades específicas de cada almacén o industria. Su estructura robusta y componentes de alta resistencia aseguran un almacenamiento seguro y eficiente de los productos.

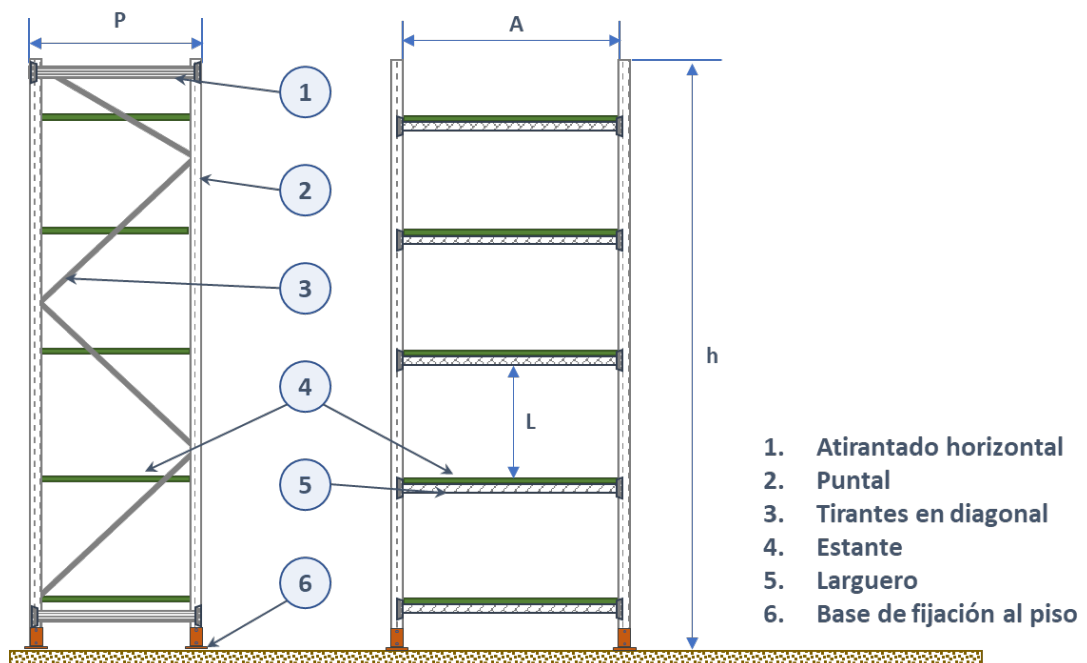


FIG.10.2 ESTANTERÍA DE BASES FIJAS PARA PICKING – COMPONENTES BÁSICOS.

## Dimensionamiento de estanterías para picking

Para dimensionar una estantería para pequeñas piezas, como cajas, componentes o productos individuales, es necesario considerar algunos factores clave para asegurarse de que la estantería sea eficiente y adecuada para el almacenamiento. Aquí están los datos necesarios y los pasos a seguir:

- **Tamaño y peso de las piezas:** se deberá determinar el tamaño promedio de las piezas que se almacenarán en la estantería. También es importante conocer el peso máximo de las piezas, ya que esto influirá en la resistencia y capacidad de carga de la estantería.
- **Volumen de inventario:** en función de la cantidad total de piezas que se necesitan almacenar. Esto permitirá determinar el tamaño y el número de estantes requeridos.
- **Frecuencia de acceso:** determinar con qué frecuencia se accederá a las piezas almacenadas. Las piezas de alta rotación deben ubicarse en estantes más accesibles para reducir los tiempos de picking y mejorar la productividad.
- **Método de almacenamiento y picking:** en función de cómo se almacenarán las piezas en la estantería y cómo se recogerán. Puede ser por cajas completas, contenedores pequeños, o a nivel individual. Esto afectará la disposición de la estantería y la forma en que se organizarán las piezas.
- **Ergonomía y seguridad:** se debe asegurar la ergonomía y la seguridad del personal que trabajará con las piezas almacenadas. Esto implica que las piezas más pesadas deben estar en los niveles bajos. Para la recolección de piezas en estantes cuya altura es superior a 1,6m se deberán utilizar escaleras tipo tijera o tipo carro. Los pasillos deben ser lo suficientemente anchos para permitir un fácil acceso y movimiento tanto del personal, como carros de recolección y escaleras, recomendándose como mínimo 1m de ancho.

Una vez recopilados estos datos, es recomendable en necesario realizar el *lay out* en función del espacio disponible en edificio del almacén para

visualizar la disposición de la estantería y ajustar los parámetros según sea necesario y optimizar la solución para un diseño efectivo.

## Proceso hombre / producto – estanterías dinámicas para *picking*

Cuando se maneja una amplia variedad de referencias con altos consumos, es recomendable utilizar estanterías dinámicas para *picking*. Estas estanterías comparten las mismas características estructurales que las de base fija, pero en lugar de tener estantes, cuentan con plataformas inclinadas equipadas con roldanas o ruedas para que la mercadería se deslice hacia el extremo de salida.

El sistema de estanterías dinámicas requiere la disposición de un pasillo de carga y otro de salida para garantizar el proceso FIFO y evitar interferencias entre la reposición y el pickeo. Esta característica tiene un impacto significativo en la productividad del proceso de *picking*.

Para dimensionar adecuadamente este sector, es necesario definir el número de referencias con alto o medio/alto consumo para determinar el número de canales necesarios, teniendo en cuenta que solo puede haber una referencia por canal.

Los módulos de estas estanterías dinámicas son adaptables en ancho, mientras que la altura no debe superar los 1,6 metros en la base del canal más alto. La profundidad de los canales varía según la rotación del producto, de manera que se minimice la necesidad de alimentar los canales. En otras palabras, a mayor rotación de un producto, mayor será la profundidad requerida para almacenarlo de manera eficiente.

Este enfoque de almacenamiento dinámico resulta especialmente beneficioso para maximizar la utilización del espacio, optimizar el flujo de mercancías y mejorar la eficiencia operativa en almacenes que manejan una amplia variedad de productos con altos niveles de demanda.

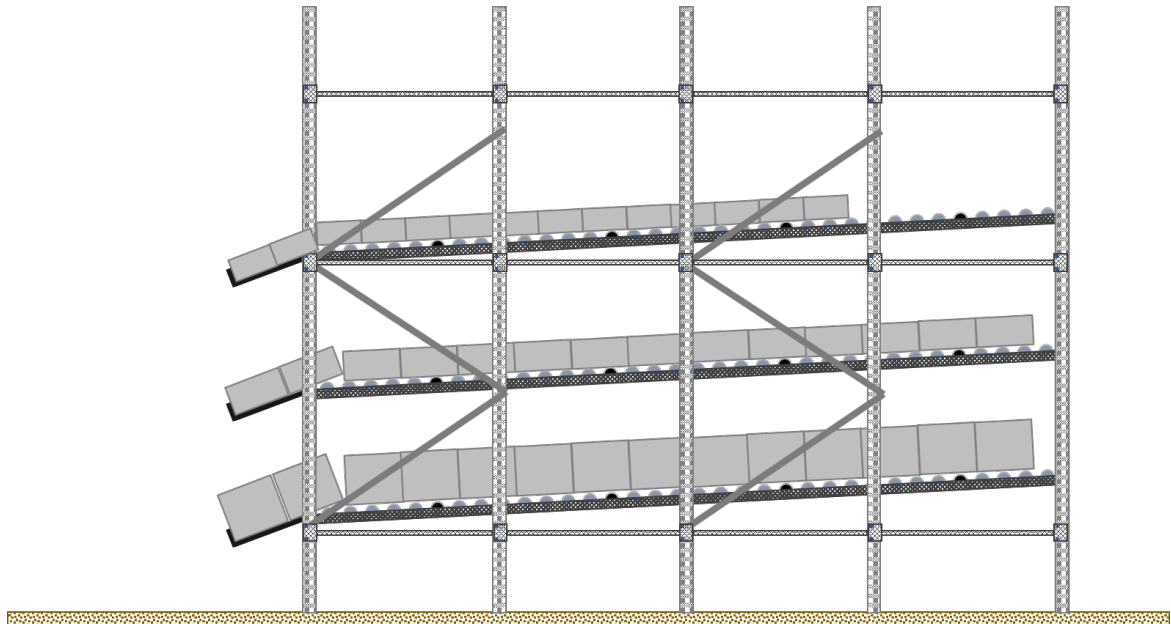


FIG. 10.3 SISTEMA DE ESTANTERÍAS PARA PICKING DINÁMICO

## Proceso producto / hombre – sistema de almacenamiento vertical

Estos sistemas de almacenamiento son básicamente estantes móviles con desplazamiento vertical, que constructivamente se presentan en dos alternativas:

- Sistema de lanzadera

Se trata de una estructura vertical con estantes interiores que contienen bandejas especiales para la mercadería. Estas bandejas pueden ser planas o con cajoneras, según el tipo de producto que se almacene, y pueden alojar una sola referencia o varias.

Las dimensiones de estos sistemas de almacenaje vertical varían según el fabricante, pero generalmente tienen una altura que oscila entre 4 metros y 15 metros, un ancho entre 2 metros y 4 metros, y una profundidad de hasta dos metros.

El proceso de operación es el siguiente: mediante un sistema de gestión, el operario selecciona una referencia específica. Luego, una lanzadera de transporte se desplaza verticalmente desde el puesto de *picking* hasta el nivel donde se encuentra el producto deseado. La lanzadera extrae la bandeja que contiene dicho producto y, finalmente, retorna al nivel del puesto de *picking*.

De esta manera, este sistema de almacenaje vertical facilita y agiliza el proceso de recogida de productos en un almacén o centro de distribución.

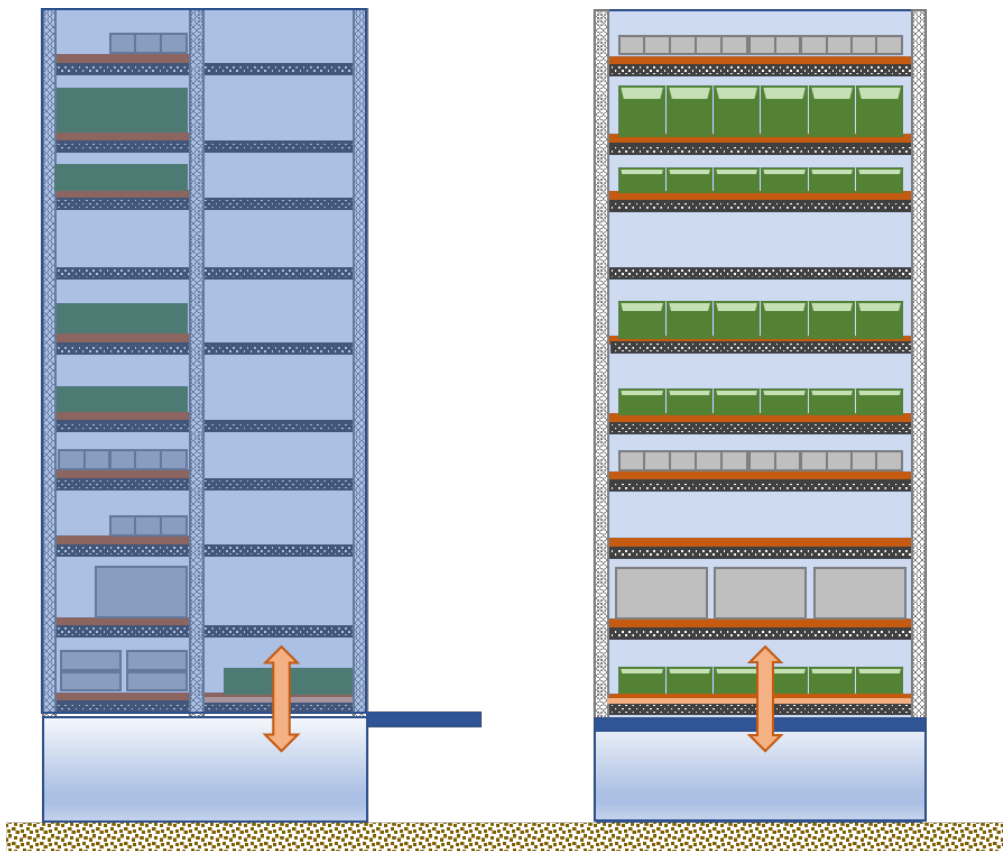


FIG. 10.4 ALMACENAMIENTO VERTICAL - SISTEMA DE LANZADERA

- Sistema de carrusel

Es un tipo de almacén vertical que opera mediante una estructura con estantes, perchas o soportes que giran verticalmente. Estos elementos son utilizados para almacenar la mercadería. Los dispositivos que sostienen la mercancía están conectados a una cadena de transporte, lo que les permite moverse.

Este sistema funciona de manera continua, lo que significa que, al buscar una referencia específica, todo el depósito se pone en movimiento. Sin embargo, debido a esta característica, su capacidad de carga es limitada. Generalmente, estos sistemas son de bajo nivel de automatización y requieren la intervención manual para su funcionamiento.

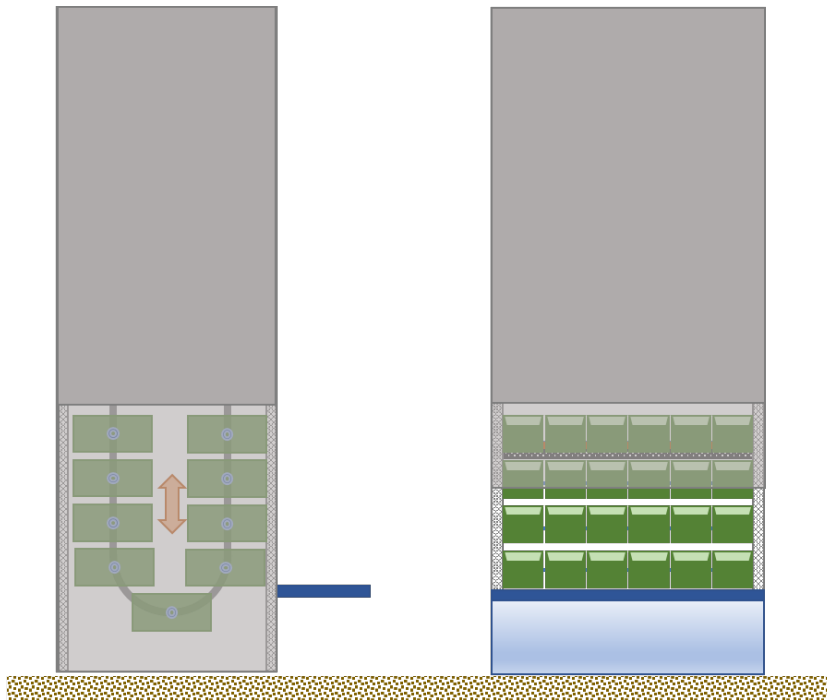


FIG. 10.5 ALMACENAMIENTO VERTICAL - SISTEMA DE CARRUSEL

## PROCESO PRODUCTO / HOMBRE – SISTEMA DE ALMACENAMIENTO HORIZONTAL

En este sistema los racks livianos están suspendidos de una estructura que permite el desplazamiento paralelo al piso. Cuando el operador solicita una posición todos los racks se desplazan alrededor del carrusel de manera que la posición / rack seleccionado se posiciona frente a la puerta de reposición / pickeo.

## DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN LAS ESTANTERÍAS

En el almacenamiento en estanterías de acceso directo corresponde determinar cómo se distribuirán las referencias en las estas. Existen dos metodologías de distribución de las referencias:

- Distribución de referencias en forma ordenada

Este tipo de distribución de referencias se basa en asignar un espacio determinado y único para el almacenamiento cada referencia, de manera que las áreas asignadas a cada una de estas deberán tener dimensiones apropiadas para absorber las fluctuaciones de stock del producto, contemplando también las

variaciones estacionales. De esta manera la tasa de ocupación del almacén es mediana.

Este modelo permite un acceso y manejo fácil a los productos, un gerenciamiento manual del almacén y un sencillo control de inventarios. Por otro lado, como desventajas presenta un flujo de movimientos complejo debido en general es difícil hacer coincidir el ordenamiento con la rotación de los productos, poca flexibilidad a los cambios de cantidades de productos por referencia y sub ocupación de la capacidad de almacenaje.



FIG. 10.6 DISTRIBUCIÓN ORDENADA.

- Distribución de referencias en forma aleatoria

Este tipo de distribución se basa en asignar los lugares de almacenamiento a medida que se reciben las referencias, en función de los lugares disponibles, permitiendo amplia flexibilidad y alta tasa de ocupación del almacén

En esta metodología es imprescindible el sistema de gerenciamiento de almacenes, para disponer de un registro preciso de las diferentes ubicaciones de cada referencia y permitir acceso eficiente a los productos.

Se debe seguir el principio de “no importa dónde se ubica una partida de producto si se registra correctamente”

En oposición a la distribución ordenada, sus ventajas son la flexibilidad a los cambios de cantidades de producto de una referencia y la alta tasa de ocupación del almacén. Como contrapartida, se hace más complejo el control de inventario.



FIG. 10.7 DISTRIBUCIÓN ALEATORIA.

### MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE REFERENCIAS POR MÍNIMO RECORRIDO

Este modelo busca solucionar el problema de distribuir las referencias en el almacén bajo el método ordenado minimizando el recorrido de los pallets desde el muelle de ingreso hasta el lugar de almacenamiento y desde este hasta el muelle de salida.

Para desarrollar el modelo se considerarán los siguientes parámetros:

Parámetro	Característica
$Q$	Cantidad de posiciones necesarias para la totalidad de los pallets a almacenar
$q_j$	Cantidad de posiciones requeridos para una referencia $j$
$v_j$	Número de viajes necesarios desde el muelle de entrada $i$ a las posiciones de almacenaje $k$ y desde estas a los muelles de salida
$d_{ik}$	Distancia desde los muelles de entrada / salida $i$ a el punto de almacenamiento $k$ , posición en la estantería. Esta es medida entre centroides de las posiciones de almacenamiento.
$p_i$	Porcentaje de viajes necesarios desde cada muelle de entrada a las posiciones de almacenaje $k$ y desde estas a los muelles de salida
$f_k$	Distancia media recorrida

TABLA 10.1 PARÁMETROS PARA EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE REFERENCIAS EN FORMA ORDENADA

El modelo busca minimizar la distancia recorrida total con la siguiente metodología:

- a) Clasificar la referencia de mayor a menor en función del cociente entre el número de viajes necesarios para el ingreso y egreso de las referencias a las posiciones de almacenamiento y cantidad de posiciones requeridas por cada referencia

$$\frac{v_j}{q_j}$$

(Ec. 10.1)

- b) Calcular los valores de  $f_k$  para todas las posiciones de almacenamiento

Se supone que cada referencia  $j$  tiene la misma probabilidad de ingresar y salir por todos los muelles disponibles.

$$f_k = \sum_{i=1}^{i=n} p_i * d_{ik}$$

(Ec. 10.2)

- c) Asignar a la referencia  $j$  con mayor valor de obtenido de acuerdo con la ecuación 10.1 las posiciones de almacenamiento con los valores más bajos de  $f_k$ , completada la asignación de posiciones para esta referencia, se continua con la siguiente referencia clasificada hasta completar todas las posiciones necesarias y así seguir con el resto de las referencias.

### **Ejemplo**

Dado el *lay out* de estanterías de 3 alturas y dos posiciones por módulo, de la figura 10.8 con las distancias  $d_{ik}$  respecto de los muelles  $m_1$  y  $m_2$ , cuya relación de viajes desde/hasta es de  $m_1 = 60\%$  y  $m_2 = 40\%$ .

Se debe distribuir cuatro referencias cuya unidad de carga logística es un pallet Arlog. Para esto y de acuerdo con las estanterías disponibles que cada posición  $k$  contendrá dos pallets por nivel en tres alturas, con lo que el número de pallets almacenados en las posiciones será  $k = 6$ .

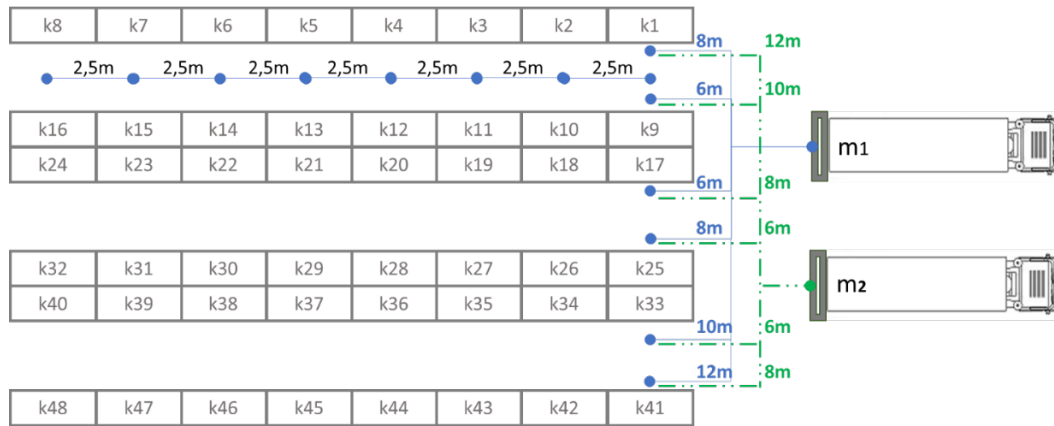


FIG. 10.8 LAY OUT PARA EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE PALLETS.

El volumen de cada referencia será la indicada en la tabla 10.2, la cantidad de posiciones  $k$ , será calculada en función de que una misma referencia ocupará las dos posiciones del rack en tres alturas. Si el número de posiciones  $k$  es fraccionario se redondeará al valor entero superior. En esta misma tabla se indicarán el número de viajes desde / hacia los muelles de cada referencia.

Referencia	$Q_j$	$Q_j / 6$	$q_j$	$v_j$
W	91	15,2	16	900
X	68	11,3	12	800
Y	60	10	10	600
Z	42	7	7	450

TABLA 10.2 REFERENCIAS A DISTRIBUIR

a) Cálculo del ratio viajes posiciones por referencia con la ec.10.1

Referencia	$q_j / v_j$	Ranking
W	56,3	3°
X	54,5	4°
Y	85	1°
Z	64,3	2°

TABLA10.3 RATIO  $Q_j/V_j$

b) Calcular los valores de  $f_k$  para todas las posiciones de almacenamiento de acuerdo con la ec.10.2

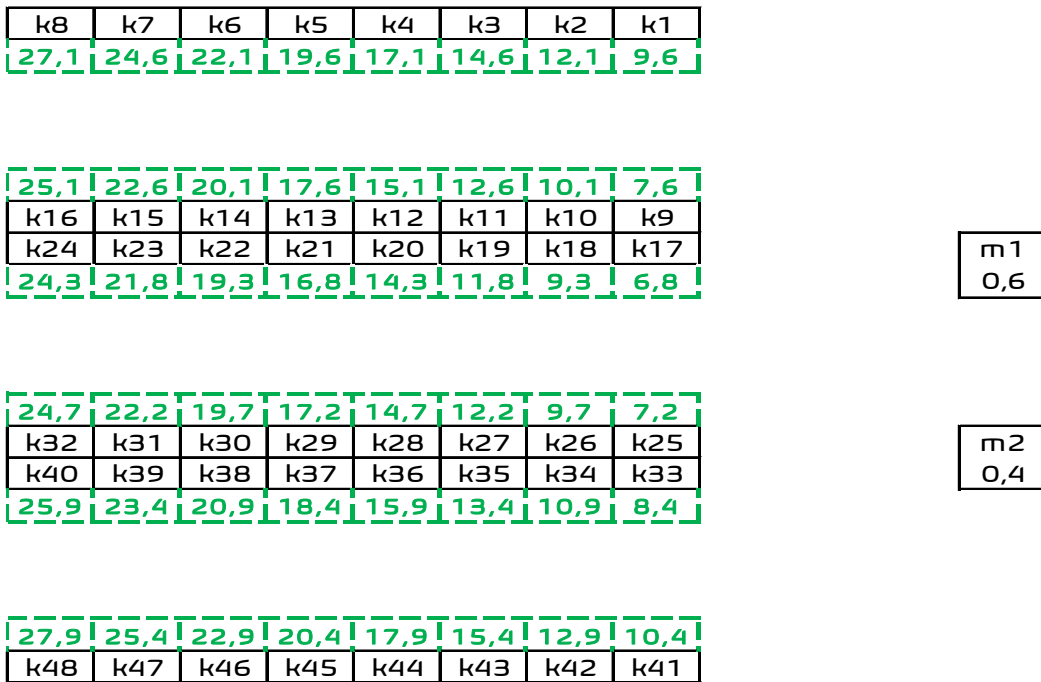


FIG. 10.9 CÁLCULO DE FK

A manera de ejemplo desarrollamos el cálculo de  $k_{18}$ :

$$f_{20} = \sum_1^2 p_i * d_{ik} = (p_1 * d_{1-20}) + (p_2 * d_{2-20})$$

(Ec. 10.3)

$$f_{20} = (0,6 * 13,5) + (0,4 * 15,5) = 14,3$$

(Ec. 10.4)

c) Se comenzará a distribuir las referencias comenzando por la referencia Y que tiene el mayor ratio  $q_j / v_j$ , en las posiciones k con menor valor de  $f_k$ . Luego se continuará con el resto de las referencias de acuerdo con el ranking de la tabla 10.3.



FIG. 10.10 DISTRIBUCIÓN DE PALLET POR EL MODELO

# Capítulo 11

## Conclusiones

# Cadena de suministros

---

¿De dónde venimos y hacia dónde estamos avanzando?

## Ing. Ricardo Stifter

La cadena de suministro actual ha sido históricamente diseñada para trasladar materiales y productos desde los proveedores hasta el cliente final. Sin embargo, su futuro se orienta hacia un modelo más resiliente, digital y sostenible. Todo este proceso ha estado atravesado por innumerables acontecimientos, entre los cuales nos gustaría destacar los siguientes:

- ✓ Revolución Industrial (siglos XVIII–XIX): introdujo la mecanización, la estandarización y el primer uso de cadenas de producción.
- ✓ Fordismo (principios del siglo XX): consolidó los conceptos de línea de montaje y producción en masa.
- ✓ Logística por ferrocarril y transporte de mercancías (siglos XIX–XX): facilitó la integración geográfica y redujo los tiempos de traslado.
- ✓ Nacimiento del *Just-in-Time* y gestión de inventarios (décadas de 1970–1990): optimizó el uso de stock y permitió un mayor flujo de información.
- ✓ Globalización y outsourcing (finales del siglo XX): generaron redes complejas de proveedores a nivel mundial.
- ✓ Digitalización y ERP (1990–2000): integraron sistemas y mejoraron la visibilidad y trazabilidad básicas.
- ✓ IoT, analítica avanzada y tecnologías de almacenes (2010–presente): habilitaron la recopilación de datos en tiempo real, la automatización y el desarrollo de gemelos digitales.

A partir de estos acontecimientos, que consideramos cambios tanto culturales como de mercado, intentaremos responder dos preguntas que, a primera vista, resultan fundamentales: ¿de dónde venimos? y ¿hacia dónde estamos avanzando?

## ¿De dónde venimos?

A principios del siglo XIX, las industrias producían el 100% de sus productos dentro de la misma planta, mediante una integración vertical y horizontal. Por lo tanto, su principal fuente de suministros correspondía a los proveedores de materia prima y a la obtención de insumos básicos para la producción. Esta estructura constituyó básicamente la primera cadena básica de suministros, que garantizaba su fluidez a través de la acumulación de stock de estas materias primas.

Con el advenimiento de la línea de producción surgieron los productos semiacabados y se introdujeron el control de inventarios, la gestión de calidad y la recepción de materiales y semielaborados.

Posteriormente, comenzó una etapa de outsourcing en las industrias, lo que amplió el horizonte de la cadena de suministros, que dejó de limitarse a los proveedores de materia prima para incluir también a los de semielaborados. Este nuevo panorama llevó a que las culturas desarrolladas dentro de la operación propia —como calidad, niveles de stock, logística, entre otras— se extendieran a los proveedores de materia prima, semielaborados y servicios.

Esto generó un flujo extenso en el que los volúmenes de producción eran determinados por el fabricante, independientemente de la demanda real del mercado. A este sistema se lo denominaba *push* (empujar). Como consecuencia, la cadena de suministros se encontraba frecuentemente desalineada con las necesidades del mercado, lo que provocaba faltantes o acumulación excesiva de productos y sus componentes. Esto implicaba costos de oportunidad e inmovilización que afectaban la rentabilidad de las empresas.

Esta situación de desbalance en la cadena de suministros fue analizada desde otra perspectiva denominada *pull* (tirar), en la cual se integró la demanda del mercado a la cadena. Así, la demanda determinaba la cadencia de toda la cadena de suministros. Por lo tanto, todos los actores debieron aumentar su flexibilidad y rediseñar sus sistemas informáticos, de planificación, fabricación y logística para, a través de este modelo, satisfacer las necesidades del mercado.

La mejor representación de estos nuevos procesos son el *Just-In-Time*, los acuerdos marco a largo plazo con proveedores, el *Kanban*, el *5S* en calidad y los indicadores clave de desempeño (KPI's).

Merece una mención especial el concepto de KPI, un elemento de gestión que trasciende el desarrollo y extensión de la cadena de suministros.

Un KPI (*Key Performance Indicator*) es una medida utilizada para evaluar el progreso hacia un objetivo específico. Ayuda a cuantificar qué tan bien está funcionando un proceso, proyecto o área, y facilita la toma de decisiones.

Los principales ámbitos en los que se desarrollaron estos KPI son: ciclos de producción, calidad, tiempos de ciclo, costos de operación por unidad, costo de inmovilizado, satisfacción del cliente, cumplimiento de proveedores y emisiones de carbono por unidad y pedido, entre otros.

## ¿Hacia dónde estamos avanzando?

Avanzamos sin cesar hacia la Industria 4.0, la cuarta revolución industrial que integra tecnologías digitales en los procesos industriales para crear fábricas inteligentes. Combina internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial, robótica, analítica de datos, manufactura aditiva (impresión 3D), ciberseguridad y sistemas ciberfísicos para mejorar la automatización, la monitorización en tiempo real, la toma de decisiones basada en datos y la flexibilidad de la producción. Su objetivo es incrementar la eficiencia, la personalización, la calidad y la capacidad de respuesta ante cambios del mercado.

Evolucionando hacia la Industria 4.0, vislumbramos beneficios como una mayor eficiencia y productividad mediante la automatización y optimización en tiempo real, lo que se traduce en una producción altamente flexible y personalizada, con lotes más pequeños y tiempos de producción reducidos.

Además, se producirá una mejora en la calidad y una visión de 360° de la cadena de suministros en cuanto a los datos (data), lo que otorgará una mayor capacidad de respuesta ante los cambios del mercado, con el consecuente incremento en oportunidades de negocio y modelos operativos de baja demanda, escalables y con servicios remotos de mantenimiento.

Por otro lado, hasta este momento no hemos mencionado cómo el recurso humano deberá acompañar este cambio, pero su presencia y calificación son fundamentales. Este proceso implicará una adaptación cultural y organizacional en todos los niveles:

- ✓ Desarrollo de habilidades digitales básicas y otras altamente especializadas que evolucionarán junto con el avance tecnológico.
- ✓ Creación de nuevos puestos específicos, como el *chief data and analytics officer* (CDAO) o Responsable de Datos, encargado de la gobernanza, calidad, protección, estrategia de datos y aprovechamiento de *insights* para el negocio.
- ✓ Gestión de dependencias entre tecnologías y proveedores.
- ✓ Fortalecimiento de la seguridad y la resiliencia frente a ciberamenazas.

En conclusión, la cadena de suministro ha evolucionado desde estructuras rígidas y basadas en el modelo *push* hacia modelos integrados y *pull*, potenciados por la digitalización y la gestión de la información. La era de la Industria 4.0 representa una oportunidad para incrementar la eficiencia, la calidad y la personalización mediante el uso de analítica avanzada, IoT, robótica y sistemas ciberfísicos. Acompañar este cambio requiere una renovación cultural y organizacional simultánea, que incluya el desarrollo de habilidades digitales, la creación de nuevos roles (como el CDAO) y una gobernanza de datos sólida. Solo integrando tecnología, personas y procesos de manera coordinada lograremos una cadena de suministro resiliente, sostenible y capaz de responder rápidamente a las demandas del mercado.

# Incorporación de *vending* industrial, *lockers* inteligentes e inteligencia artificial en la gestión de almacenes (2025)

---

**Lic. Lucas Lahitte**

Contexto: industria 4.0 y un rasgo común de todas las revoluciones

*Las revoluciones no piden permiso: irrumpen y transforman profundamente la forma de hacer las cosas.* Este principio, plenamente aplicable a la Cuarta Revolución Industrial, ayuda a comprender la urgencia del cambio actual. La convergencia entre automatización, digitalización, IoT, sistemas ciberfísicos, analítica avanzada e inteligencia artificial (predictiva y generativa) redefine los procesos industriales y logísticos.

En este marco, el proceso de almacenes deja de gestionarse como un área reactiva para convertirse en un proceso conectado, trazable y predictivo, integrado sistémicamente a la cadena de suministros y articulado con los sistemas ERP y SGA (WMS). Esta evolución se expresa en flujos físicos y de información en tiempo real, y en la capacidad de anticipar, decidir y ejecutar con base en datos, superando el paradigma histórico del almacén como mero soporte operativo.

Del almacén reactivo al almacén conectado y predictivo

El proceso de almacenes, integrado al eslabón de abastecimiento, requiere hoy visibilidad total y oportunidad de la información para tomar decisiones basadas en datos y no en supuestos. Esto implica pasar de políticas estáticas a un esquema transaccional, conectado y autoajutable.

En términos operativos, significa:

- ✓ Captura automática en el punto de uso: *vending* industrial, *lockers* inteligentes, RFID, IoT, dispositivos portátiles de mano (*hand helds*) y terminales de *picking* que registren cada movimiento (usuario, SKU, cantidad, centro de costo, orden de trabajo, lote/vencimiento, *timestamp*).
- ✓ Integración transaccional con ERP y SGA (WMS), soportada por un MDM único (datos maestros consistentes) y eventos en tiempo (casi) real para impactar inventario, costos, contabilidad y mantenimiento / calibración.
- ✓ Trazabilidad *end to end* por usuario–SKU–ubicación–proceso, habilitando auditorías, cumplimiento normativo (SST, calidad) y responsabilidad por los resultados (*accountability*).
- ✓ Parametrización dinámica de políticas de reaprovisionamiento: puntos de pedido, stocks de seguridad, lotes, acuerdos de nivel de servicios (SLA) internos, ajustadas por variabilidad, criticidad y costo de quiebre.
- ✓ Alertas y tableros operativos: quiebres potenciales, consumos anómalos, EPP vencidos, herramientas no devueltas, *lead times* reales vs. planificados, cumplimiento en tiempo y cantidad interno (OTIF), exactitud de inventario.
- ✓ Inventarios continuos/cíclicos automatizados y conciliación permanente, reduciendo la dependencia de tomas físicas masivas.
- ✓ Gobernanza y seguridad de datos: control y responsabilidad clara (*ownership*), roles y permisos, registros de auditoría y políticas de ciberseguridad.

Como consecuencia directa, el almacén deja de reaccionar y pasa a anticipar, decidir y ejecutar automáticamente (pronósticos, alertas, reposición automática, simulación y optimización continua), alineándose con la lógica de Industria 4.0 y con los objetivos de eficiencia, trazabilidad y servicio al cliente interno.

## Vending industrial y lockers inteligentes: definición operativa y beneficios clave

**Vending industrial:** sistemas automatizados de dispensación en el punto de uso de elementos de protección personal (EPP), herramientas y repuestos (MRO). Estos sistemas registran cada entrega por usuario (fecha, hora, ítem, cantidad, centro de costo), aplican reglas de autorización, mantienen el inventario en tiempo real y pueden generar reposición automática al integrarse con ERP/SGA (WMS). Producen constancias digitales de entrega de EPP, facilitando el cumplimiento de requisitos legales y auditorías, además de habilitar trazabilidad, control de costos y reducción de quiebres de stock.

**Lockers inteligentes:** taquillas electrónicas modulares para retirar y devolver insumos, herramientas y equipos. Cuentan con dispositivos de control de acceso individual, trazabilidad completa y alertas por no devolución, vencimientos o anomalías. Se integran con ERP/SGA (WMS) para actualizar inventarios, costos y responsables. Son especialmente útiles para activos de mayor valor o criticidad, y para la custodia segura entre turnos.

### Beneficios principales:

- **Reducción de consumos y mermas (20%–30%)** gracias al control por usuario, reglas de autorización y visibilidad fina del consumo. Fastenal Company<sup>5</sup> reporta estos rangos con >100.000 dispositivos activos (2019). [1]
- **Disminución significativa de quiebres de stock (hasta –75%) y ahorros directos relevantes** (p. ej., ~USD 50.000/año) por optimización de reposición y consumos (SupplyPro<sup>6</sup>, whitepaper). [4]

---

<sup>5</sup> Distribuidor industrial y operador del programa **FASTVend**. En 2019 superó las **100.000 máquinas activas**, reportando **ahorros del 20–30% en consumo** para sus clientes y **>USD 1.000 millones en ventas anuales** vinculadas al modelo de vending industrial. [1]

<sup>6</sup> Fabricante de **máquinas expendedoras y lockers industriales** con plataforma de software propia (SupplyPort). Su whitepaper documenta **reducciones de hasta 75% en quiebres de stock y ahorros directos relevantes** (~USD 50.000/año en casos tipo) gracias a control de consumos y reposición automatizada. [4]

- **Cumplimiento normativo automatizado:** generación y resguardo de constancias de entrega de EPP (quién recibió, qué y cuando), fortaleciendo auditorías internas/externas de Seguridad e Higiene y Calidad.
- **Reposición automática y parametrización dinámica** (mínimos, máximos, puntos de pedido, lotes) alimentadas con datos reales por SKU, usuario, área o proyecto.
- **Disponibilidad operativa 24/7** en el punto de uso, con fuerte reducción de tiempos improductivos por búsqueda o solicitud de insumos.
- **Trazabilidad total y *accountability*:** alarmas por no devolución de herramientas, bloqueo automático de productos vencidos, identificación de patrones de sobreconsumo y desvíos.
- **Base de datos granular<sup>7</sup> para optimizar políticas de stock con IA:** la visibilidad transaccional a nivel de usuario/SKU permite reemplazar políticas estáticas (ciclos fijos, mínimos fijos) por reglas dinámicas y predictivas (puntos de pedido, stocks de seguridad y lotes ajustados en tiempo real), reduciendo costos, quiebres y capital inmovilizado frente a los esquemas tradicionales.
- **Escalabilidad y modularidad:** diferentes formatos (espirales, cajoneras inteligentes, carruseles, gabinetes con sensores de peso/RFID, lockers modulares) permiten adaptar la solución al mix de SKU, criticidad, rotación y volumen.

Estos resultados, ampliamente documentados en actores globales como Fastenal y Grainger<sup>8</sup> —y reforzados por la investigación académica reciente sobre políticas de reposición óptimas e inteligencia artificial

---

<sup>7</sup> “**Base de datos granular**” = datos muy detallados, a nivel “grano fino”, no resumidos. En vez de saber “se consumieron 1.000 guantes en el mes”, sabés quién, cuándo, cuántos, de qué SKU/lote, en qué turno, para qué orden de trabajo/centro de costo, desde qué máquina/locker y con qué costo.

<sup>8</sup> Distribuidor industrial global. En 2017 contaba con >65.000 dispositivos *KeepStock* instalados en EE. UU., generando ~USD 1.000 millones en ventas (~10% del negocio total). Integra *vending* + *lockers* + reposición automática con el ERP del cliente. [2][3]

aplicada— constituyen *benchmarks* útiles para orientar la adopción y el diseño de casos de negocio locales. [1][2][4]

## IA Predictiva + IA Generativa en el proceso de almacenes

La combinación de Inteligencia Artificial (IA) —tanto predictiva (basada en *machine learning*, ML, o aprendizaje automático) como generativa (ChatGPT, Gemini, Copilot, etc.)— permite que el proceso de almacenes evolucione desde un esquema reactivo y descriptivo hacia uno anticipatorio, prescriptivo y explicable.

### Qué habilita (en concreto)

- Pronósticos granulares de demanda por SKU, centro de costo, turno y proyecto, con ajuste continuo mediante *machine learning* a partir de los datos detallados que proveen las máquinas de *vending*, los *lockers* inteligentes y el SGA (Sistema de Gestión de Almacenes).
- Políticas óptimas de inventario (stock de seguridad, puntos de pedido, tamaños de lote) que incorporan el costo de quiebre, la variabilidad real del lead time y la criticidad del insumo, recalculadas automáticamente.
- Optimización del *layout* y de las rutas de *picking* mediante simulación, *slotting* dinámico (ubicación de las referencias) y mapas de calor.
- Detección temprana de anomalías (sobreconsumos, quiebres potenciales, lead times fuera de control) con alertas automáticas.

## Copilotos analíticos basados en IA generativa

- ✓ Consultas en lenguaje natural sobre los datos del ERP y del SGA:
 

“Mostrarme los EPP con mayor desvío de consumo respecto del trimestre pasado, por planta y turno.”
- ✓ Automatización de reportes y auditorías (incluidas las constancias de entrega de EPP), reduciendo tiempos administrativos.
- ✓ Asistentes de procesos (procedimientos, políticas, capacitación) accesibles de forma conversacional.

- ✓ RAG (*Retrieval Augmented Generation*): la IA generativa se alimenta solo de fuentes internas validadas para minimizar errores y “alucinaciones”.

## Requisitos habilitadores

- ✓ MDM (*Master Data Management* – Gestión de Datos Maestros) sólido: códigos, unidades de medida, centros de costo, permisos, estructuras de productos.
- ✓ Captura transaccional granular (quién, qué, cuánto, dónde, cuándo, para qué orden/proyecto), proveniente de *vending*, *lockers*, IoT, RFID y el SGA/WMS.
- ✓ Integración orquestada ERP – SGA/WMS – plataformas de BI/ML mediante APIs (*Application Programming Interfaces*) o eventos en (casi) tiempo real.
- ✓ MLOps / LLMOps (operación y mantenimiento de modelos de ML y de modelos de lenguaje): versionado, monitoreo de deriva de datos/modelos (*drift*), reentrenamiento y validaciones periódicas.
- ✓ Gobernanza y seguridad: *ownership* del dato, roles y permisos, cifrado, segmentación de redes, cumplimiento normativo y de ciberseguridad.

## Riesgos y mitigaciones

- ✓ Alucinaciones y sesgos en IA generativa → RAG, reglas de negocio duras, validaciones automáticas y revisión humana en decisiones críticas.
- ✓ Deriva de datos/modelos (*drift*) → monitoreo continuo y reentrenamiento planificado.
- ✓ Fugas de información / ciberseguridad → principios de acceso mínimo necesario, auditoría y segregación de entornos.
- ✓ Optimización miope (solo costo) → objetivos multicriterio (costo, nivel de servicio, riesgo, seguridad).

## Impacto esperado

- ✓ Reducciones de consumo y quiebres en doble dígito, menor capital inmovilizado y mayor exactitud de inventarios.
- ✓ Reportes, auditorías y documentación automática en minutos (antes: horas/días).
- ✓ Decisiones más rápidas, trazables y explicables, alineadas con los objetivos de servicio y costo del Proceso de Almacenes.

## Consideraciones finales

La automatización (*vending* industrial y *lockers* inteligentes), la integración de datos (ERP/SGA/IoT) y la inteligencia artificial (predictiva y generativa) están redefiniendo el proceso de almacenes. En Argentina, esta adopción ya comenzó —primero en EPP y MRO, y cada vez más en el resto del abastecimiento interno—. Integrar estas tecnologías no solo significa eficiencia, sino también competitividad, resiliencia, trazabilidad y cumplimiento en la logística industrial del siglo XXI.

Las revoluciones no piden permiso: irrumpen y transforman la forma de hacer las cosas. La Industria 4.0 ya está en marcha. El almacén que viene —y que muchas organizaciones ya operan— no es reactivo, es predictivo; no es opaco, es 100% trazable; no es meramente operativo, es estratégico.

El camino es claro: pilotos con KPIs, integración transaccional con ERP/SGA, gobernanza de datos y despliegue progresivo de IA para anticipar, optimizar y explicar cada decisión. Quienes avancen ahora convertirán al proceso de almacenes en un nodo neurálgico de información y decisiones, alineado con los objetivos de servicio, costo y riesgo de toda la cadena de suministros. Quienes esperen, simplemente, llegarán tarde: las revoluciones no esperan.

## **REFERENCIAS**

[1] Fastenal (2019). Fastenal Hits Industrial Vending Milestone: 100,000 Active Devices. News Release, June 12, 2019.

<https://investor.fastenal.com/news-releases/news-details/2019/Fastenal-Hits-Industrial-Vending-Milestone-100000-Active-Devices/default.aspx>

[2] Industrial Distribution (INDDIST) (2017). How Grainger KeepStock Goes Way Beyond Inventory Management.

<https://www.inddist.com/home/blog/13775566/how-grainger-keepstock-goes-way-beyond-inventory-management>

[3] W.W. Grainger, Inc. (2017). Business Description – Parts I–IV. Informe anual 2017.

[https://s1.q4cdn.com/422144722/files/doc\\_financials/annual/2017/Business-Description-Parts-I-IV.pdf](https://s1.q4cdn.com/422144722/files/doc_financials/annual/2017/Business-Description-Parts-I-IV.pdf)

[4] SupplyPro, Inc. (2022/2023). The Benefits of Working with an Independent Industrial Vending Supplier in a Predominantly Vertically Integrated Market (Whitepaper).

<https://www.supplypro.com/Documents/View/The%20Benefits%20of%20Working%20with%20an%20Independent%20Vending%20Supplier.pdf>

# Bibliografía

---

- Bureau International des Containers – Identificación de contenedores. (s.f.). Obtenido de <https://www.bic-code.org/>
- Catrecasas, L. (1997). *Gestión de Stocks y de las necesidades de Materiales* –. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
- David Anderson, F. B. (2007). The 7 Principles of Supply Chain Management. *Supply Chain Management Review*.
- Espinoza, C. K. (2012). *Empaques y embalajes*. Estado de México: Red Tercer Milenio .
- Herrero, M. P. (s.f.). *Manual técnico de almacenaje*. Barcelona: Mecalux S.A.
- ITBA, O. d. (2016). Guía de buenas prácticas para la logística y la sustentabilidad. Buenos Aires, Argentina.
- Ponti, I. A. (2002). *Planificación, Programación y Control de la Producción para una Eficiente Gestión Industrial*. Buenos Aires: CEIT - Universidad Tecnológica Nacional BA.
- Porter, M. (1987). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Compañía Editorial Continental.
- Velasco, J. G. (2013). *La cadena de valor*. Madrid: IE Business Publishing.
- Zigiaris, S. (2000). *Supply Chain Management*. Thessaloniki: BPR Hellas.

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>9</b>
<b>CADENA DE SUMINISTROS</b>	<b>9</b>
<b>CADENA DE VALOR</b>	<b>10</b>
ACTIVIDADES CENTRALES	11
ACTIVIDADES DE APOYO	12
GENERADORES DE VALOR	13
GENERADORES DE COSTOS	14
VENTAJA COMPETITIVA	14
SISTEMA DE VALOR	15
CLAVES PARA EL ÉXITO DE LA CADENA DE VALOR	16
<b>CADENA DE SUMINISTROS</b>	<b>17</b>
DEFINIENDO LA CADENA DE SUMINISTROS	20
ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN LA CADENA DE SUMINISTROS	22
LA CADENA DE SUMINISTROS Y EL DESARROLLO DE PRODUCTOS	23
COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTROS	26
RESULTADOS Y BENEFICIOS DE LA CADENA DE SUMINISTROS	29
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>30</b>
<b>PROCESO DE ABASTECIMIENTO</b>	<b>30</b>
<b>PROCESO DE ABASTECIMIENTO</b>	<b>31</b>
GESTIÓN DE ABASTECIMIENTOS	31
GESTIÓN DE SUMINISTROS	32
PROCESO DE ALMACENES	34
GESTIÓN DE STOCKS	34
PLANIFICACIÓN DE MATERIALES	35
PLANIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA	35
PLANIFICACIÓN POR REPOSICIÓN CONTINUA	37
MÉTODO ABASTECIMIENTO POR LOTE	37
STOCK CON DEMANDA FLUCTUANTE	40
STOCKS DE SEGURIDAD	43
PLANIFICACIÓN DE STOCKS ESTRATÉGICOS	44
GESTIÓN DE OPERACIÓN DE ALMACENES	45
FLUJO FÍSICO	47
RECEPCIÓN DE ALMACENES	52
ALMACENAJE	56
PREPARACIÓN DE PEDIDOS	57

SISTEMAS PARA LA EXTRACCIÓN DE PRODUCTOS	59
MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE PEDIDOS	60
BUENAS PRÁCTICAS PARA LA PREPARACIÓN DE PEDIDOS	61
DESPACHO DE ALMACENES	64

### **CAPÍTULO 3** **66**

---

#### **UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA** **66**

---

<b>UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA</b>	<b>67</b>
PRINCIPIO DE UNITARIZACIÓN DE CARGA	67
DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA (UCL)	67
CONFIGURACIÓN DE LA UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA	68
IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE LOS PRODUCTOS EN LAS UNIDADES DE CARGA	70
IDENTIFICACIÓN PARA EL MANEJO Y ALMACENAJE DE LAS UNIDADES DE CARGA	73
<b>ENVASES Y EMBALAJES</b>	<b>75</b>
DEFINICIONES	76
CLASIFICACIÓN EUROPEA, DIRECTIVA 94/62/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO	77
CONSIDERACIONES DEL DISEÑO DE UN ENVASE	79
MATERIALES PARA ENVASES Y EMBALAJES	83
MÓDULO DE EMBALAJE NORMALIZADO	85
ENVASES, EMBALAJES Y EL MEDIO AMBIENTE	86
DIRECTIVA 94/62/CE RELATIVA A LOS ENVASES Y SUS RESIDUOS	87
DESARROLLO DE MATERIALES ALTERNATIVOS	87

### **CAPÍTULO 4** **89**

---

#### **PALLETS** **89**

---

<b>PALLETS</b>	<b>90</b>
DEFINICIÓN SEGÚN ISO 445	91
DEFINICIÓN SEGÚN IRAM 10.010	91
RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DE LA CARGA EN EL PALLET	91
RESISTENCIA	91
ESTABILIDAD	93
PALLETS DE MADERA	96
DIMENSIONES DE LOS PALLETS	96
TIPOS DE PALLETS	99
COMPONENTES DEL PALLET	100
PALLETS PLATAFORMA	102
CICLOS DE USO DE LOS PALLETS	104
CARGAS DE TRABAJO	105
DISTRIBUCIÓN DE CARGAS	105
CARGA MÁXIMA DE TRABAJO	106
MEDIDAS FITOSANITARIAS PARA EL CONTROL DE PALLETS DE MADERA	108
NIMF 15	108

MARCACIÓN DEL EMBALAJE DE MADERA	109
PALLET DE AGLOMERADO DE MADERA	110
PALLET PLÁSTICO	111
PALLET DE CARTÓN	111
PALLET METÁLICO	112

## **CAPÍTULO 5** **113**

### **CONTENEDORES** **113**

TEU – TWENTY EQUIVALENT UNITS	116
CARGAS DE TRABAJO	117
COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DEL CONTENEDOR	117
TIPOS DE CONTENEDORES	118
SUJECIÓN DE CONTENEDORES	124
IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTENEDORES	126
DATOS DE IDENTIFICACIÓN	126

## **CAPÍTULO 6** **132**

### **DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ALMACENES** **132**

<b>DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ALMACENES</b>	<b>133</b>
TIPOS DE ALMACENES	135
CLASIFICACIÓN POR GRADOS DE PROTECCIÓN	135
CLASIFICACIÓN POR TIPO DE MATERIAL ALMACENADO	136
CLASIFICACIÓN POR SU FUNCIÓN LOGÍSTICA	137
DISEÑO SUSTENTABLE	138
CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO	139
CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE	140
GESTIÓN ENERGÉTICA (ISO 50.001)	140
NORMATIVA SOBRE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE	141
OPERACIÓN FÍSICA DE LOS PROCESOS	142
MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	143
GESTIÓN DE RESIDUOS	143
DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACÉN	144
LAY OUT DEL ALMACÉN	147
DIMENSIONAMIENTO DE LAS ÁREAS DEL ALMACÉN	151
ZONAS DE CARGA Y DESCARGA	151
DIMENSIONAMIENTO DE ZONA DE CARGA / DESCARGA PARA CAMIONES	151
ZONA DE RECEPCIÓN	155
ZONA DE ALMACENAJE	157
ZONA DE PREPARACIÓN DE PEDIDOS	157
ZONA DE DESPACHO	159
ZONA DE OFICINAS Y SERVICIOS	160

<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>161</b>
<b>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>161</b>
<b>TIPOS DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>162</b>
SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	163
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO CROSS DOCKING	164
ALMACENES AUTOPORTANTES	169
ALMACENES AUTOMATIZADOS	171
<b>CAPÍTULO 8</b>	<b>173</b>
<b>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO EN BLOQUES</b>	<b>173</b>
<b>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO EN BLOQUE</b>	<b>174</b>
BLOQUES SOBRE PISO	174
DIMENSIONAMIENTO PARA ALMACENAMIENTO EN BLOQUES SOBRE PISO	175
BLOQUES DE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA	177
BLOQUE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA TIPO DRIVE	177
BLOQUE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA TIPO <i>PUSH BACK</i>	179
BLOQUE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA TIPO DINÁMICAS	181
BLOQUE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA PARA <i>PALLET SHUTTLE</i>	182
DIMENSIONAMIENTO DE UN BLOQUE SOBRE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA	185
<b>CAPÍTULO 9</b>	<b>187</b>
<b>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ACCESO DIRECTO</b>	<b>187</b>
<b>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ACCESO DIRECTO</b>	<b>188</b>
RACKS DE ESTANTERÍAS DE ACCESO DIRECTO	188
MÓDULO DE RACK DE ESTANTERÍAS	189
SISTEMA DE ESTANTERÍAS DE ACCESO DIRECTO DE BASE MÓVIL	191
DIMENSIONAMIENTO DE UN BLOQUE SOBRE ESTANTERÍAS DE BASE MÓVIL	193
SISTEMA DE ESTANTERÍAS DE ACCESO DIRECTO DE BASE FIJA	194
DIMENSIONAMIENTO DE ESTANTERÍAS DE BASE FIJA	195
SISTEMA DE ESTANTERÍAS DE ACCESO DIRECTO DE DOBLE PROFUNDIDAD	196
ESTANTERÍAS DE ACCESO DIRECTO PARA CARGAS LARGAS – CANTILEVER	197
<b>CAPÍTULO 10</b>	<b>199</b>
<b>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA PEQUEÑAS PIEZAS</b>	<b>199</b>
<b>SISTEMAS DE ESTANTERÍAS PARA PIEZAS PEQUEÑAS</b>	<b>200</b>
PROCESO HOMBRE / PRODUCTO – ESTANTERÍAS DE BASE FIJA PARA PICKING	201
DIMENSIONAMIENTO DE ESTANTERÍAS PARA PICKING	203
	231

PROCESO HOMBRE / PRODUCTO – ESTANTERÍAS DINÁMICAS PARA <i>PICKING</i>	204
PROCESO PRODUCTO / HOMBRE – SISTEMA DE ALMACENAMIENTO VERTICAL	205

---

**CAPÍTULO 11 CONCLUSIONES** **214**

<b>CADENA DE SUMINISTROS</b>	<b>215</b>
¿DE DÓNDE VENIMOS Y HACIA DÓNDE ESTAMOS AVANZANDO?	215
¿DE DÓNDE VENIMOS?	216
¿HACIA DÓNDE ESTAMOS AVANZANDO?	217
<b>INCORPORACIÓN DE <i>VENDING</i> INDUSTRIAL, <i>LOCKERS</i> INTELIGENTES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN DE ALMACENES (2025)</b>	<b>219</b>
CONTEXTO: INDUSTRIA 4.0 Y UN RASGO COMÚN DE TODAS LAS REVOLUCIONES	219
DEL ALMACÉN REACTIVO AL ALMACÉN CONECTADO Y PREDICTIVO	219
<i>VENDING</i> INDUSTRIAL Y <i>LOCKERS</i> INTELIGENTES: DEFINICIÓN OPERATIVA Y BENEFICIOS CLAVE	221
IA PREDICTIVA + IA GENERATIVA EN EL PROCESO DE ALMACENES	223
COPILOTOS ANALÍTICOS BASADOS EN IA GENERATIVA	223
REQUISITOS HABILITADORES	224
RIESGOS Y MITIGACIONES	224
IMPACTO ESPERADO	225
CONSIDERACIONES FINALES	225
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>227</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>228</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS</b>	<b>233</b>

# Índice de imágenes y tablas

---

## **CADENA DE SUMINISTROS** **9**

---

FIG.1.1 CADENA DE VALOR DE PORTER	11
FIG.1.2 SISTEMA DE VALOR DE PORTER	15
TABLA 1.1 PRINCIPIOS ORGANIZACIONALES	16
FIG.1.3 ORGANIZACIÓN CON FUNCIONES TIPO SILOS	18
FIG.1.4 ORGANIZACIÓN CON PROCESOS TIPO CADENA DE SUMINISTROS	19
TABLA 1.2 CONCEPTOS ORGANIZACIONALES	19
TABLE 1.3 ETAPAS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO	24
FIG. 1.5 CADENA DE SUMINISTROS Y PROCESO DE DISEÑO	25
FIG.1.6 INCIDENCIA DE CADENA DE SUMINISTROS EN EL PECIO DE VENTA	26
TABLA 1.4 CONCEPTOS DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTROS	27
FIG.1.7 DESAGREGADO DE COSTOS DE CADENA DE SUMINISTROS	27
FIG. 1.8 FRONTERA DE EFICIENCIA DE CADENA DE SUMINISTROS	28

## **PROCESO DE ABASTECIMIENTO** **30**

---

FIG.2.1 PROCESO DE ABASTECIMIENTO	31
FIG.2.2 SEGMENTACIÓN DE PROVEEDORES	32
TABLA 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS RELACIONES CON PROVEEDORES	33
FIG.2.3 ESTRATIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE PLANIFICACIÓN	36
FIG. 2.4 ABASTECIMIENTO POR LOTE	37
FIG. 2.5 COSTO TOTAL ASOCIADO AL TAMAÑO DE LOTE	38
FIG. 2.6 PLANIFICACIÓN DETERMINÍSTICA – CASO PRÁCTICO 1	39
FIG.2.7 PROGRAMACIÓN DE DEMANDA FLUCTUANTE	40
FIG. 2.8 DEMANDA CON QUIEBRE DE STOCK	41
FIG. 2.9 STOCKS PARA DEMANDA FLUCTUANTE	42
FIG. 2.10 FLUJO FÍSICO Y DE INFORMACIÓN DEL PROCESO DE ALMACENES	47
TABLA 2.2 FLUJOS FÍSICOS Y DE INFORMACIÓN	48
FIG. 2.11 FLUJOS DEL PROCESO DE ALMACENES	51
FIG. 2.12 PARETO DE FLUJOS Y VOLUMEN POR REFERENCIAS EN EL ALMACENES	52
FIG. 2.13 TAREAS DE RECEPCIÓN EN ALMACENES	53
FIG. 2.14 TAREAS DE PREPARACIÓN DE PEDIDOS	57
FIG. 2.15 DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE TIEMPOS DE LAS TAREAS	59
FIG. 2.16 DISTRIBUCIÓN MEDIA DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE ALMACENES	62
FIG. 2.17 MAPA DE CALOR PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS	63
FIG. 2. 18 TAREAS DE DESPACHO EN ALMACENES	64

## **UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA** **66**

---

FIG. 3.1 UNIDAD DE CARGA LOGÍSTICA	68
TABLA 3.1 UTILIZACIÓN DE LAS UCL	69
FIG. 3.2 CAMBIOS EN LA UCL A LO LARGO DE LA CADENA DE SUMINISTROS	69

FIG. 3.3 PICTOGRAMAS PARA PRODUCTOS, SUSTANCIAS Y OBJETOS PELIGROSOS.	72
FIG. 3.4 IDENTIFICACIÓN EN TRANSPORTES TERRESTRES PARA PRODUCTOS, SUSTANCIAS Y OBJETOS PELIGROSOS.	73
FIG. 3.5 PICTOGRAMAS PARA PRESERVACIÓN DE EMBALAJES	74
FIG. 3.6 ENVASES	76
FIG. 3.7 EMPAQUE	77
FIG. 3.8 EMBALAJE	77
FIG. 3.9 CLASIFICACIÓN EUROPEA DE ENVASES	78
TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y COMERCIALES	80
FIG. 3.10 REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA EL DESARROLLO Y DISEÑO DE ENVASES Y EMBALAJES.	81
TABLA 3.3 RIESGOS INHERENTES AL MEDIO DE TRANSPORTE	82
TABLA 3.4 MÓDULOS DE EMBALAJES ISO	85

---

**PALLETS** **89**

FIG. 4.1 PALLET	90
FIG. 4.2 CARACTERÍSTICA DE RESISTENCIA	92
FIG. 4.3 CONFIGURACIONES DE UCL QUE REDUCEN LA RESISTENCIAS	93
FIG. 4.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS EMBALAJES SOBRE PALLET	94
FIG. 4.5 UCL ESTABILIZADA POR RETRACTILADO	95
FIG. 4.6 TIPOS DE FLEJADO DE LA UCL	95
FIG. 4.7 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL PALLET	96
TABLA 4.1 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL PALLET	96
FIG. 4.8 DISTRIBUCIÓN DE PALLETS ARLOG EN UNIDADES DE TRANSPORTE	97
FIG. 4.9 DISTRIBUCIÓN DE EUROPALLET EN UNIDADES DE TRANSPORTE	98
FIG. 4.10 CLASE DE PALLETS	100
FIG. 4.11 ENTRADAS DE LOS PALLETS	100
FIG. 4.12 TIPOS DE PISOS SUPERIOR	101
FIG. 4.13 COMPONENTES PRINCIPALES DEL PALLET	102
FIG. 4.14 PALLET DE PISO SIMPLE	102
FIG. 4.15 PALLET DE PISO INFERIOR CON PATINES	103
FIG. 4.16 DISPOSICIÓN DE ALMACENAJE DEL PALLET DE PISO INFERIOR CON PATINES	103
FIG. 4.17 PALLET DOBLE FAZ CON PISO INFERIOR SOBRE PATINES Y TIRANTES	103
FIG. 4.18 PISO INFERIOR BASE PERIMETRAL	104
FIG. 4.19 PALLETS DE PISO REVERSIBLE	104
FIG. 4.20 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL PALLET	106
TABLA 4.2 CARGA MÁXIMA DE TRABAJO	106
FIG. 4.21 POSICIONAMIENTO DE APOYOS Y CARGAS SEGÚN LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN	107
TABLA 4.3 CARGA MÁXIMA DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE TABLAS	107
TABLA 4.4 VALORES PARA TRATAMIENTO POR FUMIGACIÓN	109
FIG. 4.22 MARCACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA NIMF 15	109
FIG. 4.23 PALLET AGLOMERADO DE MADERA	110
FIG. 4.24 PALLET PLÁSTICO	111
FIG. 4.25 PALLET DE CARTÓN	112
FIG. 4.26 PALLET DE METÁLICO	112

<b>CONTENEDORES</b>	<b>113</b>
FIG. 5.1 CONTENEDOR METÁLICO	114
TABLA 5.1 DIMENSIONES DE CONTENEDORES ISO 668 REVISIÓN 2020.	115
FIG. 5.2 REPRESENTACIÓN DE 1 TEU	116
EC. 5.1 CARGA BRUTA MÁXIMA	117
FIG. 5.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTENEDOR DRY VAN	117
FIG. 5.4 CONTENEDOR REEFER	119
FIG. 5.5 CONTENEDOR PORTHOLE	119
FIG. 5.6 CONTENEDOR VENTILADO	120
	121
FIG. 5.7 CONTENEDOR OPEN TOP	121
FIG. 5.8 CONTENEDOR FLAT TRACK	121
FIG. 5.9 CONTENEDOR OPEN SIDE	122
FIG. 5.10 CONTENEDOR TANQUE	122
FIG. 5.11 CONTENEDOR GRANELERO	123
FIG. 5.12 CONTENEDOR PLATAFORMA	123
FIG. 5.13 CANTONERAS PARA LA FIJACIÓN Y EL IZAJE	124
FIG. 5.14 DISPOSITIVO DE FIJACIÓN PARA CONTENEDORES	125
FIG. 5.15 CÓDIGO ISO DE IDENTIFICACIÓN	126
FIG. 5.16 CÓDIGO ISO DE DIMENSIONES Y TIPO	127
TABLA 5.2 CÓDIGO DEL LARGO DEL CONTENEDOR ISO 6346	128
TABLA 5.3 CÓDIGO DEL ALTO Y ANCHO DEL CONTENEDOR ISO 6346	128
TABLA 5.4 CÓDIGO DEL TIPO DEL CONTENEDOR ISO 6346	128
FIG. 5.17 IDENTIFICACIONES EN PANELES FRONTALES, PUERTAS Y FONDO	130
FIG. 5.18 IDENTIFICACIONES EN LATERALES Y TECHO	131
<b>DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE ALMACENES</b>	<b>132</b>
FIG. 6.1 VARIABLES DE INGRESO PARA EL DISEÑO DE ALMACENES	133
FIG. 6.2 CONSIDERACIONES PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE	138
FIG. 6.3 DISEÑO DEL PROCESO PARA UNA GESTIÓN SUSTENTABLE	139
FIG. 6.4 TIPOS BÁSICOS DE FLUJOS	149
FIG. 6.5 LAY OUT DEL ALMACÉN	150
FIG. 6.6 ZONA DE CARGA / DESCARGA INTEGRADA	152
FIG. 6.7 ZONA DE CARGA / DESCARGA INDEPENDIENTE	152
TABLA 4.1 FACTOR L PARA EL ESPACIO LIBRE DELANTE DEL MUELLE	154
FIG. 6.8 DIMENSIONES DELANTE DE LOS MUELLES	154
TABLA 6.2 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE RECEPCIÓN	156
FIG. 6.9 ZONA DE PREPARACIÓN	158
TABLA 6.3 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE PREPARACIÓN	159
TABLA 6.4 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE DESPACHO	160
<b>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>161</b>
FIG. 7.1 ALMACENAJE EN EXTERIORES.	162
FIG. 7.2 SISTEMAS DE ALMACENAJE	163
	235

FIG. 7.3 TIPOS DE CROSS DOCKING.	165
FIG. 7.4 ALMACÉN AUTOPORTANTE	171

## **SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO EN BLOQUES** **173**

---

FIG. 8.1 ALMACENAMIENTO EN BLOQUE.	175
TABLA 8.1 PARÁMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES SOBRE PISO	176
FIG. 8.2 ESTANTERÍAS TIPO DRIVE IN	178
FIG. 8.3 ESTANTERÍAS TIPO DRIVE THROUGH	179
FIG. 8.4 ESTANTERÍAS TIPO PUSH BACK	180
FIG. 8.5 GUÍAS DE APOYO DE PALLETS EN ESTANTERÍAS TIPO PUSH BACK	180
FIG. 8.6 ESTANTERÍAS TIPO DINÁMICAS	182
FIG. 8.7 PALLET SHUTTLE	183
FIG. 8.8 SISTEMA DE ESTANTERÍAS PARA PALLET SHUTTLE	184
FIG. 8.9 BLOQUE DE ESTANTERÍAS – COTAS PRINCIPALES	185

## **SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ACCESO DIRECTO** **187**

---

FIG. 9.1 RACK DE ESTANTERÍA	189
FIG. 9.2 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES FIJAS ELEMENTOS PRINCIPALES	190
FIG. 9.3 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES MÓVILES ELEMENTOS PRINCIPALES	190
FIG. 9.4 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES MÓVILES ELEMENTOS PRINCIPALES	191
FIG. 9.5 MÓDULO DE RACKS ESTANTERÍAS ANCHO DEL LARGUERO	191
FIG. 9.6 SISTEMA DE ESTANTERÍAS DE BASES MÓVILES	192
FIG. 9.7 SISTEMA DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES FIJAS CON PASILLOS INTERMEDIOS	195
FIG. 9.8 SISTEMA DE RACKS ESTANTERÍAS DE BASES FIJAS DE DOBLE PROFUNDIDAD	197
FIG. 9.9 ESTANTERÍAS PARA CARLAS LARGAS CANTILEVER	198

## **SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA PEQUEÑAS PIEZAS** **199**

---

FIG. 10.1 SISTEMA DE ESTANTERÍAS PARA PICKING	201
FIG. 10.2 ESTANTERÍA DE BASES FIJAS PARA PICKING – COMPONENTES BÁSICOS.	202
FIG. 10.3 SISTEMA DE ESTANTERÍAS PARA PICKING DINÁMICO	205
FIG. 10.4 ALMACENAMIENTO VERTICAL - SISTEMA DE LANZADERA	206
FIG. 10.5 ALMACENAMIENTO VERTICAL - SISTEMA DE CARRUSEL	207
FIG. 10.6 DISTRIBUCIÓN ORDENADA.	208
FIG. 10.7 DISTRIBUCIÓN ALEATORIA.	209
TABLA 10.1 PARÁMETROS PARA EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE REFERENCIAS EN FORMA ORDENADA	209
FIG. 10.8 LAY OUT PARA EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE PALLETS.	211
TABLA 10.2 REFERENCIAS A DISTRIBUIR	211
TABLA 10.3 RATIO QJ/VJ	211
FIG. 10.9 CÁLCULO DE FK	212
FIG. 10.10 DISTRIBUCIÓN DE PALLET POR EL MODELO	213

# Proceso de almacenes

## Diseño y Dimensionamiento

Carlos Gustavo Grimolizzi

*En un mundo donde la eficiencia define la competitividad, la gestión de almacenes se ha convertido en un actor silencioso de toda operación logística. Este libro ofrece una visión completa y práctica del proceso, desde los fundamentos de la cadena de suministros y el abastecimiento, hasta la estructura misma de cómo se mueve y se almacena la mercancía.*

*A lo largo de sus capítulos, el lector recorre los principios de la unidad de carga, el uso estratégico de pallets y contenedores, y los criterios esenciales para el diseño y dimensionamiento de almacenes modernos. Se analizan los distintos sistemas de almacenamiento, como los distintos tipos de bloques, de acceso directo o destinados a pequeñas piezas, mostrando cómo cada configuración impacta en la eficiencia operativa.*

*El cierre mira hacia el futuro: la irrupción de la inteligencia artificial en los almacenes, una transformación que redefine la planificación, la trazabilidad y la toma de decisiones.*

*Una obra orientada a la práctica, pensada para estudiantes, profesionales y cualquier persona que desee comprender cómo funcionan y hacia dónde evolucionan los almacenes en la era digital.*

edUTecNe



ISBN 978-987-8992-66-2



9 789878 992662



**UTN.BA**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES