

Resumen de Contenidos

Capítulo 0: Introducción.	6
0.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.	7
0.2. CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS.	8
Capítulo 1: Caracterización de Almacenes.	10
1.1. INTRODUCCIÓN.	10
1.2. LOGÍSTICA DE ALMACENES.	11
1.2.1. CONCEPTO DE ALMACENAMIENTO.	11
1.2.2. FUNCIONES DE LOS ALMACENES. POR QUÉ ALMACENAR?.	11
1.2.3. TIPOS DE ALMACENES. CLASIFICACIÓN.	12
1.2.4. JUSTIFICACIÓN DEL ALMACENAJE.	16
1.2.5. VENTAJAS DE UN BUEN ALMACENAJE.	18
1.2.6. PRINCIPIOS BÁSICOS EN EL ALMACENAJE.	19
1.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMACENES.	21
1.3.1. FUNCIONES O PROCESOS EN LOS ALMACENES.	22
1.3.2. RECURSOS EN LOS ALMACENES.	27
1.3.3. ORGANIZACIÓN DE LOS ALMACENES.	56
Capítulo 2: Diseño de Almacenes.	60
2.1. INTRODUCCIÓN.	60
2.2. DISEÑO DE ALMACENES.	60
2.2.1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REALIZACIÓN DE ALMACENES.	61
2.2.2. PROBLEMAS DE DISEÑO.	63
NIVEL ESTRATÉGICO.	63
NIVEL TÁCTICO.	65
NIVEL OPERACIONAL.	67
2.2.3. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ALMACENES.	68
2.2.4. SECUENCIA DE DISEÑO	99
2.3. APLICACIÓN.	101

Capítulo 3 : Modelo de Costes para la Gestión de Almacenes.	121
3.1. INTRODUCCIÓN.	121
3.2. DESCRIPCIÓN DE COSTES EN UN ALMACÉN.	125
3.2.1. COSTES DIRECTOS DE MANIPULACIÓN.	126
3.2.1.1. COSTES DEL PERSONAL LABORAL DEL ALMACÉN	126
3.2.1.2. EQUIPOS DE MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS.	127
3.2.1.3. OTROS COSTES DE MANIPULACIÓN.	127
3.2.2. COSTES DIRECTOS DE ALMACENAJE.	128
3.2.2.1. EDIFICIO.	128
3.2.2.2. ALREDEDORES.	129
3.2.2.3. EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO.	129
3.2.2.4. MODIFICACIONES DEL ALMACÉN.	129
3.2.2.5. SERVICIOS PÚBLICOS.	130
3.2.2.6. MANTENIMIENTO INTERIOR.	130
3.2.2.7. SEGURIDAD.	130
3.2.2.8. OTROS COSTES DE ALMACENAMIENTO.	130
3.2.3. COSTES ADMINISTRATIVOS DE OPERACIÓN.	130
3.2.3.1. SALARIOS DE LOS GERENTES Y PERSONAL ADM.	131
3.2.3.2. TRABAJOS TEMPORALES.	131
3.2.3.3. EQUIPAMIENTO DE OFICINA.	131
3.2.3.4. MANTENIMIENTO DE OFICINAS.	132
3.2.3.5. COSTES DE COMUNICACIONES.	132
3.2.3.6. SERVICIOS POSTALES Y DE MENSAJERÍA.	132
3.2.3.7. MATERIALES DE OFICINA.	132
3.2.3.8. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	132
3.2.3.9. COSTES LEGALES Y PROFESIONALES.	133
3.2.3.10. LICENCIAS E IMPUESTOS.	133
3.2.3.11. VIAJES.	133
3.2.3.12. SEGUROS.	133
3.2.3.13. PÉRDIDAS POR DAÑOS, ERRORES...	134
3.2.3.14. OTROS COSTES.	134
3.2.4. COSTES ADMINISTRATIVOS GENERALES.	134
3.2.4.1. SALARIOS DE LOS EJECUTIVOS Y TRABAJADORES.	136
3.2.4.2. OFICINAS.	136
3.2.4.3. VEHÍCULOS.	137
3.2.4.4. OPERACIONES GENERALES EN LAS OFICINAS.	137
3.2.4.5. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	137

3.2.4.6. IMPUESTOS.	138
3.2.4.7. COSTES LEGALES Y PROFESIONALES.	138
3.2.4.8. PUBLICIDAD.	138
3.2.4.9. VIAJES.	139
3.2.4.10. COSTES DE FORMACIÓN Y OTROS DEBERES.	139
3.2.4.11. OTROS COSTES NO OPERATIVOS.	139
3.3. OTROS ALGORÍTMOS DE COSTES.	139
3.3.1. COSTES DE MANIPULACIÓN POR HORA LABORAL.	140
3.3.2. COSTES DE ALMACENAMIENTO POR METRO CUADRADO.	141
3.3.3. CÁLCULO DE LA TASA DE MANIPULACIÓN POR UNIDAD.	141
3.3.4. CÁLCULO DE LA TASA ALMACENAMIENTO POR UNIDAD.	142
3.4. APLICACIÓN.	142
Capítulo 4: Introducción a la Gestión de Riesgos.	149
4.1. INTRODUCCIÓN.	149
4.1.1. ¿QUÉ ES EL RIESGO?.	150
4.1.2. RIESGO E INCERTIDUMBRE.	152
4.2. LA GESTIÓN DE RIESGOS.	153
4.2.1. METODOLOGÍAS DE PROCESOS GESTIÓN DE RIESGOS (RMP).	156
4.2.2. MODELOS DE GESTIÓN DE RIESGOS BASADO EN R.M.P. APLICADO A LOS COSTES DE UN PROYECTO.	161
4.2.2.1. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.	162
4.2.2.2. MEDIDA DE RIESGOS.	164
4.2.2.3. VALORACIÓN DE RIESGOS.	164
4.2.2.4. EVALUACIÓN DE RIESGOS.	165
4.2.2.5. SUPERVISIÓN Y CONTROL DE RIESGOS.	167
Capítulo 5: El Análisis Financiero de un Proyecto.	172
5.1. INTRODUCCIÓN.	172
5.2. LAS FUENTES DE FINANCIACIÓN.	172
5.2.1. FORMAS DE FINANCIACIÓN.	173
5.2.2. PROBLEMAS DE LA FINANCIACIÓN.	175
5.3. RENTABILIDAD ECONÓMICA DE PROYECTOS.	175

5.3.1. VIABILIDAD DE UN PROYECTO.	176
5.3.2. LOS CRITERIOS CLÁSICOS: VAN, TIR, PERIODO DE RECUPERACIÓN.	176
5.3.3. APLICACIÓN.	178
5.4. INTRODUCCIÓN A LOS RIESGOS FINANCIEROS.	179
5.4.1. LA GESTIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS EN LA EMPRESA.	179
5.4.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN INSTRUMENTOS DERIVADOS.	182
5.4.3. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SWAPS DE TIPOS DE INTERÉS.	184
5.4.4. LA COBERTURA DE RIESGOS CON SWAPS TIPOS DE INTERÉS.	186
5.4.5. NEGOCIACIÓN, VENTAJAS E INCONVENIENTES.	188
5.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE RIESGOS FINANCIEROS.	190
Capítulo 6: Aplicación de la Gestión de Riesgos al Diseño de un Almacén.	195
6.1. INTRODUCCIÓN.	195
6.2. PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS.	196
6.3. ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES EN DEMANDA.	209
6.3.1. AUMENTOS EN LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS.	210
6.3.2. DESCENSOS EN LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS.	211
6.3.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO FINANCIERO DEL RIESGO.	212
6.4. ANÁLISIS DE RIESGOS FINANCIEROS.	215
6.4.1. ANÁLISIS DEL RIESGO FINANCIERO PRODUCIDO POR LAS VARIACIONES EN LA DEMANDA.	215
6.4.2. EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.	216
6.4.3. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL PROCESO DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES.	217
Capítulo 7: Conclusiones. Nuevas Líneas de Investigación.	222
7.1. CONCLUSIONES.	222
7.2. EXTENSIONES. NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	225
Capítulo 8: Referencias.	227
Anexos.	230

0. Introducción.

La tendencia cada vez más creciente hacia una mayor variedad de productos y un menor tiempo de respuesta ha tenido un tremendo impacto en la habilidad de establecer eficientes operaciones logísticas. Esas operaciones juegan un papel importante en la determinación de la competitividad de las empresas, desde que los costes logísticos constituyen una gran parte de la totalidad de los costes de producción. La efectividad y eficiencia en cualquier red de distribución pasa por un correcto diseño y gestión de cualquiera de sus nodos, como son por ejemplo los almacenes, en este sentido, se han producido muchos avances e innovaciones en la tecnología usada en los almacenes durante la última década.

Con respecto a la gestión de almacenes, campos como la planificación y el control de los mismos han gozado de un profundo interés por parte de la literatura especializada, no hay mas que ver el estudio realizado por Van den Berg [1] y las referencias contenidas en él. Como contraste, una base teórica para desarrollar una metodología de diseño de almacenes aún se echa en falta.

Típicamente el diseño de un almacén comienza por una descripción funcional, es decir, para que se va a usar el futuro almacén, con que tipo de mercancías se va a trabajar y cómo se va a trabajar con ellas, que mercado se va a abastecer, las necesidades de espacio que se van a necesitar para satisfacer a nuestros clientes..., continuando con las especificaciones técnicas de construcción de la nave industrial, normalmente de pórticos de vigas metálicas con mucha luz para evitar molestos pilares en la parte central del edificio, lo que dificultara en gran medida a posteriori la distribución del espacio interior, las estanterías y el flujo de mercancías, finalmente se selecciona el equipamiento, tanto de almacenaje como para almacenar, y la distribución final en planta de todo el conjunto, sin olvidar el presupuesto y la necesidades de personal para la gestión del almacén.

En cada paso, los objetivos y criterios de realización (costes, capacidad de almacenaje, tiempos de respuesta y operación, rendimientos) deben ser alcanzados. Como se puede observar el diseño de un almacén es una tarea muy compleja donde en cada etapa, a menudo, se debe alcanzar una solución de compromiso entre objetivos contrarios. Otra dificultad añadida es el gran número de instalaciones a diseñar, hasta el momento no existe un procedimiento sistemático y global para diseñar almacenes, lo que hace esa tarea altamente complicada.

Por otro lado, en la gestión operativa de los almacenes no se suele tener en cuenta la gestión de los riesgos asociados al funcionamiento diario del mismo, tema que cobra gran

importancia a partir de los años noventa donde las empresas logísticas comienzan a darse cuenta que unas políticas activas de gestión de riesgos proporcionan a medio o largo plazo ventajas competitivas sobre las empresas rivales del sector e importantes ahorros de dinero, al identificar y reducir áreas de la misma menos competitivas o deficientes en su funcionamiento.

El principal problema que se plantea en España con la gestión de riesgos es la falta de una conciencia y voluntad clara en su desarrollo y aplicación activa de la gestión de riesgos, hecho que ha provocado una lamentable escasez de personal cualificado en llevarla a cabo, esto unido a que se trata de un campo muy amplio, con multitud de técnicas y metodologías posibles hace que sea cada vez más difícil su implementación. Esta tendencia está cambiando en la actualidad una vez que se han puesto de manifiesto para las empresas las ventajas de aplicar un proceso de gestión de riesgos en todos los departamentos de la misma.

0.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Los objetivos que persigue este proyecto son principalmente dos, en primer lugar proporcionar una metodología sistemática para el diseño de almacenes dada la poca aportación en este sentido que existe en la bibliografía especializada que se dedica en su mayoría a la correcta definición y gestión de los procesos que tienen lugar en el almacén y la utilización adecuada de los recursos presentes en el mismo.

Existen sin embargo, diversos textos sobre cómo diseñar las distintas partes funcionales del almacén, los procesos y los equipos presentes, estos textos son escasos y de alcance limitado, en este trabajo se pretende integrar gran parte de la teoría expuesta en esos textos para dar como resultado un método sistemático a seguir para diseñar un almacén a partir de unos pocos datos iniciales como son el número de referencias a almacenar, rotación anual del inventario, tamaño de los lotes, capacidad de apilamiento...

En segundo lugar, y como objetivo principal del proyecto, se pretende estudiar el proceso de gestión de riesgos aplicado a un proyecto. La gestión de riesgos es un campo muy extenso y no muy bien conocido por ello, se pretende exponer qué se entiende por gestión de riesgos, su alcance y extensión y aplicarla al campo de la evaluación de proyectos.

En concreto se persigue enlazar la gestión de riesgos con la estrategia logística, saber que pasa si cambian los flujos de material, si el diseño del almacén no se ajusta al final a lo que se necesita, si resulta ser demasiado pequeño o demasiado grande, si los equipos de manejo resultan no ser los adecuados..., y luego se analiza el riesgo financiero correspondiente.

0.2. CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS.

En el capítulo 1 se establece la teoría sobre almacenes, se exponen los conceptos generales relacionados con la logística de almacenes, tipos de almacenes, funciones de los mismos, principios básicas que lo soportan, y las ventajas que se obtienen de una buena planificación y diseño de los almacenes.

Una segunda parte donde se muestra el marco general para el diseño de los almacenes, analizando los problemas mas comunes y las posibles soluciones que se puedan dar, así como las distintas operaciones que se realizan en los mismos, los principios y objetivos en los que se basan dichas operaciones..., y una descripción de los elementos que se encuentran en los almacenes, los diferentes equipos de almacenamiento de mercancías disponibles en el mercado así como los de manipulación de dichas mercancías.

En el capítulo 2 se estudia el diseño propiamente dicho siguiendo las ideas y directrices apuntadas por la teoría del capítulo 1, en la primera parte del capítulo se crea una secuencia de diseño secuencial de un almacén, para en la segunda parte aplicarla a un caso concreto.

El capítulo 3 se dedica a los costes del almacén, se crea un modelo de costes de gestión que sirve para saber cuánto nos va a costar construir y gestionar el almacén diseñado en el capítulo 2, ese modelo es una versión del creado por la sociedad americana WERC a finales del 2003. Con ese modelo se crea el presupuesto estimado de gestión anual del almacén.

En el capítulo 4 se introducen los conceptos básicos de la gestión de riesgos, sus problemas y cómo solucionarlos, se pone de manifiesto la gran extensión del campo a tratar y la necesidad de acotar su estudio, se hace incapié en las metodologías existentes en la bibliografía sobre el proceso de gestión de riesgos y sus diversas aplicaciones, concluyéndose que la gestión de riesgos se puede aplicar a cualquier departamento o estamento de las empresas y los proyectos, obteniéndose ventajas importantes y reales, eso sí, a medio o largo plazo.

El capítulo 5 se centra en la parte financiera del proyecto, se realizará un análisis de riesgos financieros y su forma de solucionarlos actualmente mediante el uso de productos financieros derivados, explicándose a su vez, qué son esos productos y cómo se suelen usar.

En el capítulo 6 se realizará una aplicación de la metodología de gestión de riesgos propuesta al proyecto del diseño del almacén realizado en el capítulo 2, dicha aplicación comenzará con un estudio preliminar de los riesgos operativos asociados a la gestión del almacén, su impacto económico y las medidas necesarias para reducirlos o eliminarlos, objetivo final de cualquier proceso de gestión de riesgos.

Posteriormente se aplica el análisis financiero al presupuesto del almacén obtenido en el capítulo 3, centrandose el estudio en el riesgo de cambios en los tipos de interés, el más importante hoy en día por su impacto en los créditos bancarios, principal fuente de financiación de los proyectos. El estudio se realizará mediante un análisis de sensibilidad.

En una segunda parte del capítulo se realizará un estudio más detallado al centrarlo en el riesgo de los cambios en las demanda de los productos almacenados, dicho riesgo puede traer como consecuencia el haber dimensionado mal el almacén, que pasa si cambian los flujos de material, si el diseño del almacén no se ajusta al final a lo que se necesita, si resulta ser demasiado pequeño o demasiado grande, si los equipos de manejo resultan no ser los adecuados... Y luego se analiza el riesgo financiero correspondiente.

En el capítulo 7 se reúnen las conclusiones derivadas de los estudios realizados a lo largo de todo el proyecto, se apuntarán también posibles ampliaciones del proyecto así como nuevas líneas de investigación para futuros proyectos fin de carrera.

El capítulo 8 recoge las referencias que se nombran a lo largo del proyecto y que han servido de base teórica para el mismo, tras este capítulo se colocan los anexos con los datos iniciales de los productos del almacén, las distintas alternativas de distribución en planta del mismo y los cálculos económicos y financieros realizados.

1. Caracterización de Almacenes.

1.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se va a tratar de introducir los conceptos necesarios para proporcionar un marco útil para el diseño de almacenes, obteniéndose de la revisión de la literatura especializada así como de artículos de revistas científicas. Por otro lado se utilizará este marco como metodología para crear un modelo de diseño de almacenes, en forma de secuencia de operaciones, que se usará para obtener el almacén inicial al que luego se le aplicará el análisis de riesgos. Este marco se ceñirá a temas relacionados con la estructura interna del almacén y sus operaciones, temas como la justificación económica de por que se debe almacenar, el problema de la correcta localización de los almacenes y la logística externa no van a ser tratados en este estudio, como tampoco se entrará en la gestión de los recursos humanos o el control de calidad, estos simplemente se nombrarán y tratarán de forma somera. También se estudiarán los distintos sistemas para almacenar, las máquinas utilizadas en los almacenes y se analizará la mejor forma de usar dichos sistemas y herramientas mediante un análisis de comparación, se revisaran los problemas que se suelen encontrar al diseñar o rediseñar almacenes o sistemas de almacenaje.

Un inconveniente importante es el echo de que una abrumadora mayoría de las publicaciones científicas serias referentes a este campo lo tratan desde una naturaleza analítica; análisis de desarrollo, evaluación y control de políticas de gestión de almacenes, etc. Un planteamiento orientado al diseño, por otro lado, proporciona la síntesis de un gran número de ambos sistemas, técnico, y de los procesos de planificación y control.

Muchos de los problemas encontrados en el diseño de almacenes lamentablemente no están bien definidos o, a menudo, no pueden reducirse a múltiples y aislados subproblemas para tratar de resolverlos por separado, el diseño requiere una mezcla de habilidad analítica y creatividad.

Este capítulo se va a organizar como sigue:

- Una primera parte donde se desarrollan conceptos generales relacionados con la logística de los almacenes, tipos de almacenes, funciones de los mismos, los

principios básicos que los soportan, y las ventajas que se obtienen de una buena planificación y diseño de los almacenes...

- Una segunda parte donde se muestra el marco general para el diseño de los almacenes, analizando los problemas mas comunes y las posibles soluciones que se puedan dar, así como las distintas operaciones que se realizan en los mismos, los principios y objetivos en los que se basan dichas operaciones..., y una descripción de los elementos que se encuentran en los almacenes, tanto para colocar la mercancía almacenada como para manejarla, realizando un análisis de comparación para vislumbrar que conjunto o combinación de máquinas son las más aconsejables en relación con el tipo de almacén y la naturaleza de la mercancía.

1.2. LOGÍSTICA DE ALMACENES.

En este apartado, se pretende hacer una revisión del concepto de almacén, sus funciones principales, y la necesidad de estos en la empresa desde el punto de vista de costes mínimos. Se verán también las principales ventajas que ofrece un buen almacenaje y los principios básicos que lo sostiene.

1.2.1 CONCEPTO DE ALMACENAMIENTO.

Si se conociera con exactitud la demanda de producto y este pudiera ser suministrado de manera instantánea, no serían necesarios los almacenes intermedios, bastaría con suministrar los productos directamente del fabricante al punto de venta. Pero aun así, las actividades de producción deberían ser capaces de dar respuesta inmediata a esas peticiones de demanda. Escasos son los productos cuya demanda coincide en tiempo y cantidad con su oferta, se observa por tanto, la necesidad de una red logística capaz de solucionar, o al menos amortiguar los problemas asociados a la incertidumbre entre la oferta y la demanda.

El almacenaje es la función logística que permite mantener cercanos los productos a los distintos puntos de venta y consumo, al tiempo que (ejerce) tiene una función reguladora, ajustando la producción a los niveles de demanda, facilitando el servicio.

1.2.2. FUNCIONES DE LOS ALMACENES. ¿POR QUÉ ALMACENAR?

En la cadena de suministros el almacén actúa como una válvula para controlar el mercado mediante cuatro funciones básicas:

- El equilibrio de la producción en serie y mecanizada, con la demanda imprevisible.
- El equilibrio de la producción irregular y estacional con la demanda a lo largo del año.
- La acumulación de existencias para hacer frente a los picos de demanda estacional.
- La redistribución entre el fabricante y el punto o comercio del detallista, asegurando la disponibilidad constante de determinados productos.

Las tareas básicas en los almacenes son:

1. Custodiar el inventario físico, garantizando su conservación y coordinando así el desequilibrio temporal entre oferta y demanda.
2. Efectuar las entradas de nuevos materiales y los despachos contra órdenes de producción o pedidos de clientes.
3. Llevar un control contable justificativo del inventario, para ello cada movimiento físico, llevara aparejado un movimiento contable en un sistema de control manteniéndose el histórico de movimientos.
4. Garantizar siempre la igualdad entre inventario físico y contable mediante actividades de recuentos internos.

1.2.3. TIPOS DE ALMACENES. CLASIFICACIÓN.

En una cadena de distribución, un almacén puede servir para uno (o más) de los siguientes requerimientos logísticos:

1. Si se usa para equilibrar las diferencias entre la planificación de la producción y la demanda, el almacén esta normalmente localizado cerca de los puntos de fabricación y deben ser caracterizados en función del flujo de pallets llenos que entran y salen, asumiendo que el tamaño del producto y su volumen justifican su carga en pallets. Un almacén que opera solo con esta función puede tener rangos de demandas desde mensual a trimestral, y sustituciones de stock al siguiente nivel en la cadena de distribución.

Este tipo de almacén suele ser muy grande, son los llamados **almacenes centrales únicos**. En el se pueden reunir todos los materiales a almacenar de una empresa.

Ventajas:

- Mejor posibilidad de control.
- Economía de espacio.
- Mejor utilización y economía de personal.
- Concentración de medios, que hace posible un mejor equipo de almacenamiento, manipulación, despacho, etc.

Inconvenientes:

- Cuando el almacén pasa de un cierto tamaño, va perdiendo efectividad en los servicios al detalle.
- Cuando una empresa tiene una gran dimensión superficial o debe actuar en un ámbito geográfico extenso, pierde rapidez de reacción ante las necesidades perentorias y obliga a los materiales pesados a aumentar su circulación, complicando su manejo y transporte.

Este tipo de almacén es aconsejable en empresas de reducida dimensión en el aspecto de almacenaje.

2. Un almacén puede ser usado para acumular y realizar envíos *consolidados* de productos desde varios puntos de fabricación a un mismo cliente, dentro de una misma compañía o poniéndose de acuerdo varias empresas para combinar envíos a clientes comunes, compartiendo los gastos de los mismos. Para esta misión los almacenes pueden ser localizados en un punto más o menos equidistante entre cada punto de fabricación y los clientes que sirva. El movimiento de productos puede ser tipificado por entrada de pallets llenos y salida de cajones llenos. La instalación responde típicamente a la demanda regular de mercancías semanal u ordenes mensuales.

Estos almacenes son de tamaño mediano, son los llamados **almacenes escalonados**, en realidad, es una solución de compromiso entre los almacenes centrales y los descentralizados que se corresponde con la búsqueda de la solución mas efectiva en la práctica, para las circunstancias de cada empresa, tratando de reunir las máximas ventajas de uno y otro, evitándose los inconvenientes.

Los almacenes secundarios son, dentro del escalonamiento, especialmente aptos en casos de:

- Materiales pesados o de difícil manejo.
- Materiales de pequeño valor unitario muy diversificado y de uso frecuente.
- Materiales de poco valor unitario medio, con gran frecuencia de salidas de poco volumen.

En los dos últimos casos, las existencias se mantienen por una reserva en el almacén central.

Dar una solución correcta a la estructuración de almacenes con un adecuado escalonamiento de los mismos y de sus misiones parciales, es una orientación inicial a toda aplicación del almacenaje. Para conseguir una mejor acomodación de la estructuración (estructura de un sistema de almacenes) de los almacenes a las necesidades del almacenaje, conviene conocer los escalones y sus posibilidades de utilización, así como las características prácticas que más las diferencian entre sí.

Estas características principales suelen ser:

- ❖ Misión a la espera.
- ❖ Grado de disponibilidad de las existencias por el propio almacén.
- ❖ Efectos contables del movimiento de materiales.
- ❖ Participación en el nivel de las existencias.
- ❖ Participación en la reposición de las existencias.

Los escalones pueden tipificarse en los casos más complicados en cinco:

- Primer Escalón: Almacén Central.
 - Segundo Escalón: Almacenes Secundarios.
 - Tercer Escalón: Depósitos.
 - Cuarto Escalón: Almacenillos.
 - Quinto Escalón: Parques.
3. Los almacenes pueden ser distribuidos en las regiones de forma que minimicen las distancias de transporte, permitiendo una *rápida respuesta* a las necesidades y demandas de los clientes, en estos almacenes los artículos individuales son frecuentemente seleccionados y enviados al mismo cliente cada día.

Suelen ser de tamaño pequeño/mediano en comparación con la primera misión, se les suele llamar **almacenes descentralizados**.

Ventajas:

- Reducción de distancias y de tráfico.
- Gran capacidad de reacción a las necesidades perentorias, y correspondiente ganancia de tiempo.

Inconvenientes:

- Pérdida de las ventajas de la solución centralizada.

Es utilizable en empresas con factorías dispersas, de dimensiones individuales suficientes y materiales diversificados o idénticos en los de mayor valor, lo cual permite una gestión central de compras, muy interesante en cuanto a precios, con envío directo del material desde proveedores a los almacenes de cada factoría. (Ej: EADS-CASA)

Los factores más decisivos para la estructuración de los almacenes de una empresa son:

- La política empresarial al respecto y la estructuración general existente o prevista.
- El ámbito geográfico de actuación.
- La dimensión de cada factoría.
- El material de partida.
- El proceso productivo.
- El producto terminado.
- La disponibilidad de terreno (superficie).

De su consideración específica y conjunta, se deducirá un compromiso económico-político, que conducirá a la solución más adecuada en cada caso.

En la siguiente figura, se muestra una ilustración de los distintos (funciones) papeles de los almacenes en una típica red de distribución de mercancías. Cuando sea (fuese) posible, dos o más de estas misiones deberían ser combinadas en el mismo tipo de almacén. Recientes cambios en la disponibilidad y opciones de costes de transportes hacen que esta combinación sea posible para muchos productos, particularmente, productos pequeños de gran valor, con una demanda imprevisible.

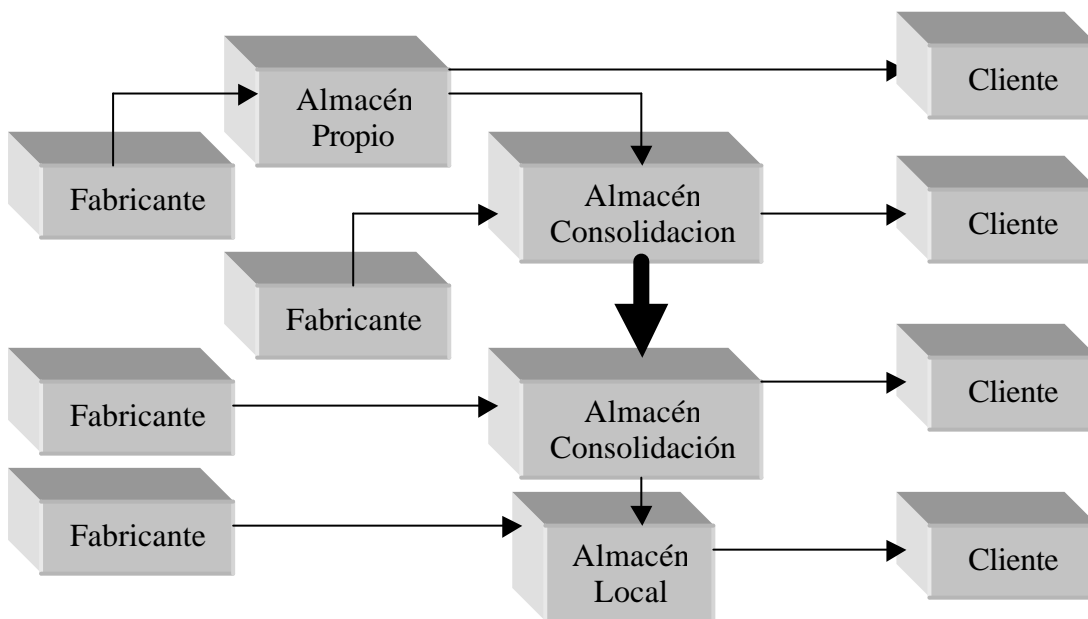


Figura 1.1. Misiones de los Almacenes dentro de una Red de distribución.

1.2.4. JUSTIFICACIÓN DEL ALMACENAJE.

Para satisfacer las necesidades de una empresa, el material servido para el proceso productivo debe cumplir una serie de requisitos, a saber:

- Cantidad. Se debe disponer del material en la cantidad adecuada para que la producción sea la deseada con el proceso previsto y al ritmo programado.
- Calidad. Se debe tener la seguridad de que el material servido dispone de la calidad requerida en el momento de ser utilizada.
- Oportunidad. Se debe tener la seguridad de poder situar el material pedido en el lugar deseado y en el momento oportuno.
- Precio. Se debe obtener el material con los requisitos anteriores y al precio más económico.

Aun si se realizan las previsiones y gestiones del material de la forma que se estime mas adecuada, es prácticamente imposible conseguir que la oportunidad se identifique con la simultaneidad de llegada del material a la empresa y a su lugar de utilización.

De llegar el material mas tarde de lo requerido para su utilización, no se cumplen los requisitos y se originan unos costes adicionales de “no almacenar”.

Si llegan antes de su necesidad, el requisito de oportunidad se cumple y favorece el cumplimiento de los demás. Para actuar adecuadamente en este supuesto, se necesita disponer del espacio, y otros medios, para que el material pueda esperar hasta su utilización, lo cual da lugar a otros costes “de almacenar”.

En el siguiente cuadro se muestran los costes más significativos por ambas causas.

PRINCIPALES COSTES ORIGINADOS POR:	
<i>NO ALMACENAR</i>	<i>ALMACENAR</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Paro de personal directamente productivo. • Paros de maquinaria e instalaciones. • Perdidas de tiempo de los mandos y de otro 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste de las inversiones de capital en terreno, edificios y dispositivos relacionados con el almacenaje. • Coste del material durante el tiempo de

<p>personal no directivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Defectos en la producción en cantidad y en calidad. • Retrasos en los plazos de entrega de los productos. • Aumento de los costes por excesivos lotes, preparaciones de maquina y utilización de medios complementarios. • Programaciones no cumplidas o imposibilidad de realizarlas con la seguridad adecuada. • Aumento de los precios de los materiales por compras reducidas y no utilización de las oportunidades del mercado. 	<p>espera (intereses de capital almacenado).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costes de gestiones, administración, manejo, protección y conservación durante el almacenaje. • Perdidas de material por cambios de modelo y de especificaciones, por inutilidades, por robo, por daños durante su almacenaje y análogos. • En ocasiones, los costes de financiación de los capitales ajenos empleados en el almacenamiento.
--	---

En la siguiente grafica se muestran los costes de almacenar y no almacenar. De ahí se obtiene la curva de costes conjuntos.

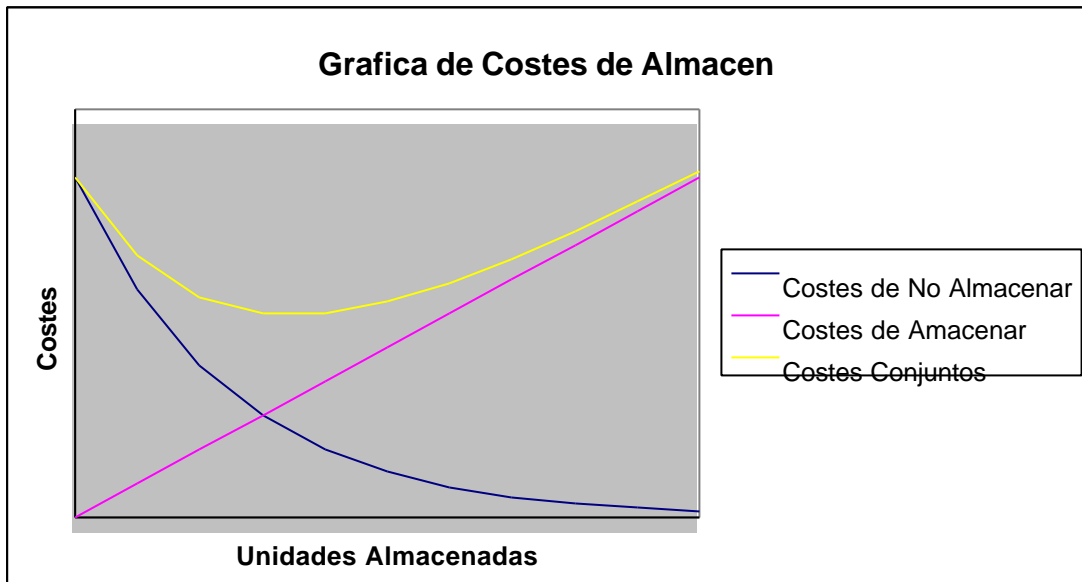


Figura 1.2. Grafica de Costes

Como se puede observar en la figura 1.2, entre los costes de no almacenar y los costes de almacenar en exceso, existe un valor del material almacenado para el cual el coste conjunto de almacenar y no almacenar es mínimo, de lo que se deducen las siguientes conclusiones:

- Hasta ciertas cantidades de material es más económico y por lo tanto aconsejable, almacenar frente a no hacerlo.
- Existe una cantidad óptima a almacenar de cada producto; y esta es la que produce los costes conjuntos mínimos.
- La cantidad correspondiente a ese óptimo, depende del precio y la cantidad consumida de los productos, aunque también puede influir los lotes de consumo y la frecuencia de este, su cálculo no es trivial.
- Por encima de esta cantidad óptima los costes conjuntos crecen, llegando a no existir ventaja alguna por almacenar.

Por tanto, el almacenaje se justifica siempre que con el se obtengan los costes totales mínimos.

1.2.5. VENTAJAS DE UN BUEN ALMACENAJE.

Las ventajas que podemos obtener de un almacenaje técnicamente bien concebido y realizado, se traducen en reducción de costes en los siguientes aspectos:

1. **Incremento de la producción y mejor utilización de la maquinaria de producción.** Se evitan las pérdidas de tiempo originadas por la falta de material en almacén. también se evitan los tiempos perdidos en la localización de las existencias disponibles y que se encuentren mal situadas en el momento de su utilización.
2. **reducción de las existencias.** Tanto por un mayor conocimiento de las necesidades reales de reserva, como por centrar el control detallado en aquellos materiales de mayor coste e importancia relativa para la empresa.
3. **Mejor aprovechamiento del espacio disponible.** Por considerar y utilizar como disponible la altura, además de las dimensiones horizontales, mediante estantes, apilamiento sobre pallets, jaulas, contenedores individuales apilables, soportes para bidones, etc.
4. **Disminución de errores y confusiones.** Tanto en la repetición innecesaria de peticiones de material, (despachos dobles), como en la acomodación de lo recibido o lo entregado, a lo solicitado.
5. **Disminución de pérdidas e inutilidades.** Tanto de materiales deteriorados en su movimiento o durante la etapa de almacenamiento, como los que se quedan obsoletos..., ambos forman lo que se llaman materiales “muertos de almacén” que ocupan espacio aumentando los costes.

6. **Más fácil supervisión y realización de controles físicos y administrativos.** Con una disposición del material por “amontonamiento” o difícilmente accesible, llega a ser prácticamente imposible realizar esta tarea de control, llegando a no utilizarse algunas existencias, por desconocerse su paradero o por las complicaciones que supone su extracción.
7. **Reducción de costes de manejo.** Traspasando los esfuerzos corporales de las personas, muchas veces excesivos e inútiles, a medios mecánicos que los evitan y realizan mas seguramente, obteniéndose un ahorro de tiempo y de gastos por bajas laborales debido a lesiones u otros conceptos.
8. **Reducción de riesgos y aumento de la seguridad personal.** Destinando el sitio adecuado para cada material o conjunto de estos, y unos medios suficientes para su movimiento eficaz, se estará en condiciones de evitar que el material haya que colocarlo donde se pueda y como se pueda: Por los pasillos, entre las maquinas en pilas poco estables, sin considerar suficientemente los riesgos personales, ni los posibles efectos secundarios en caso de incendio o explosión. Esto se evita con una cuidadosa planificación del espacio necesario en el almacén.
9. **Satisfacción del personal.** Tanto por la reducción de esfuerzos corporales inútiles, como por evitar paros en el personal productivo directo, lo que permite aumentar sus percepciones suplementarias.
10. **Facilidad de acomodación a cambios de condiciones.** Esta ventaja se esta haciendo cada día mas importante, debido a la rápida evolución industrial de la maquinaria, en materiales, en modelos que ya son obsoletos a poco de salir al mercado y en artículos clásicos que son eliminados del mercado a corto plazo.

Puede tenderse a obtenerla, no solo pensando en las lógicas ampliaciones en superficie y altura, sino también agilizando los soportes y medios para adaptarse a las necesidades del mercado y sus clientes, las nuevas distribuciones de áreas y espacios; además de utilizar planes de almacenamiento dinámicos y suficientemente “elásticos” para que cada variante en una zona pueda acomodarse, sin distorsiones excesivas, a las anexas.

1.2.6. PRINCIPIOS BÁSICOS EN EL ALMACENAJE.

Para obtener la mejor solución práctica al problema del almacenaje, la literatura especializada orienta las acciones a seguir en la forma de nueve principios básicos, según el tipo de almacén que se quiera diseñar se le dará más importancia relativa a unos frente a otros:

1. **Principio de la integración de acciones.** El mejor almacén es aquel que integra todos los medios, acciones y necesidades de la empresa, con el resultado del más adecuado compromiso para la comunidad empresarial.

El almacén no es un ente aislado, independiente del resto de la empresa, su Planificación deberá ser acorde con la política general de la empresa. Debe recordarse que el almacenamiento (como cualquier otro sector), es únicamente parte de un conjunto y esta al servicio de este.

2. **Principio de la existencia económica.** A la igualdad de las restantes condiciones, el mejor almacenaje se obtendrá cuando la existencia media y su reposición sean las que originen un coste mínimo.
3. **Principio del tráfico mínimo.** A igualdad de las restantes condiciones, es mejor aquella ordenación del almacenaje cuyo tráfico sea mínimo. Se expresa por tráfico el producto resultante de las distancias a recorrer por la frecuencia de realización del recorrido.

$$\text{Trafico} = d_i \cdot n$$

Siendo: d_i : Distancia hasta un producto desde un punto de referencia.
 n : Frecuencia de realización del recorrido hasta un producto.

Equivale a establecer que las longitudes totales a recorrer deben ser mínimas y también que para distancias iguales, el número de viajes debe reducirse al mínimo.

4. **Principio de la distancia mínima.** A igualdad de las restantes condiciones, es mejor aquel almacenaje que permita distancias mínimas a recorrer por el material.

Este principio es, en realidad, otro caso particular del anterior al considerar iguales las frecuencias.

Se formula por separado debido a su carácter directamente estático, utilizable al estudiar las situaciones relativas entre almacenes, y las de estos frente a la de los usuarios. Su consideración inicial facilita el estudio y conduce inevitablemente a la consecución del tráfico mínimo.

5. **Principio de la carga completa.** A igualdad de las restantes condiciones, es mejor el almacenaje cuya ordenación utilice los medios de movimiento a su máxima capacidad. Esta capacidad puede estar definida por limitaciones de peso o dimensiones.
6. **Principio de la saturación del espacio.** El almacenaje más óptimo es aquel que utiliza de modo más efectivo todo el espacio disponible en superficie y altura.

7. **Principio de la satisfacción y de la seguridad.** A igualdad de condiciones, será siempre más efectivo el almacenaje que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para el personal.

La satisfacción del personal es un factor importante, su consecución tiene las enormes ventajas de aunar por un lado, la elevación moral de las personas y el desarrollo de la iniciativa personal con, por otro lado, las reducciones de costes correspondientes a un trabajo bien hecho y a la primera.

La seguridad es otro factor importante, especialmente a partir de las leyes aprobadas por el gobierno, a raíz de directivas de la Unión Europea sobre seguridad y salud en el trabajo, para reducir el número creciente de accidentes laborales en España. El almacenaje no puede ser efectivo si se somete al personal a riesgos innecesarios de accidentes.

8. **Principio de la flexibilidad.** A igualdad de condiciones, siempre es más efectivo el almacenaje que pueda ser reajustado, o reorientado, a la evolución de las necesidades con menor coste.

Gran parte de este trabajo está orientado en este sentido, analizar la repercusión en los costes de diseño y construcción de un almacén tras cambios en las necesidades de la empresa propietaria o el mercado.

El mercado actual obliga a las empresas a reajustar sus materiales, diseños, modelos y productos tanto en cantidad como en calidad. Es necesaria una correcta previsión de espacios libres para poder atender necesidades futuras, esto se puede conseguir con un buen sistema de gestión de almacenes. Su flexibilidad de adaptación y agilidad de reacción a variantes futuras necesarias, tanto de conjunto como de zonas, impone la previsión de ampliaciones futuras generales o zonales, además de sencillez de movimientos para los soportes de material como estanterías o racks.

9. **Principio de la facilidad de gestión.** también se puede considerar un principio básico pues mediante su correcta informatización, se obtiene una visibilidad y seguimiento de todas las necesidades departamentales, mediante la información diaria de tareas pendientes relativas a: despachos pendientes, inventario On-line, control de caducidades, auditorías internas, etc.

1.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMACENES.

Para poder diseñar bien un almacén hay que caracterizarlo de forma correcta, saber las distintas funciones que se realizan en el interior del mismo y las especiales necesidades de medios y espacio para una correcta realización de las mismas, es por ello que se comienza esta

parte del capítulo analizando las diferentes funciones a realizar, los tipos de sistemas de almacenamiento disponibles en el mercado y los equipos de manipulación de mercancías, viéndose cuando es mejor usarlos en combinación con los racks.

La caracterización de los almacenes se va a realizar desde tres puntos de vista distintos: Procesos, recursos y organización. Los productos llegan al almacén, se les realiza una serie de pasos o etapas denominados *procesos* o funciones, los *recursos* hace referencia a todos los medios, equipos y personal necesario para trabajar un almacén y, finalmente, la *organización* incluye toda la planificación y control de procesos que se usan para operar el sistema.

1.3.1. FUNCIONES O PROCESOS EN UN ALMACEN.

El flujo de mercancías a través de un almacén puede ser dividido en distintas fases o procesos, un buen conocimiento de estas fases, así como una buena planificación de las mismas ayuda a realizar un correcto diseño de ellas y por tanto del almacén trayendo como consecuencia, una mejor gestión del mismo. En esta parte del capítulo vamos a mostrar con rigor los procesos más típicos que se realizan en un almacén, los principios que los sostienen y los criterios y objetivos que debe cumplir un buen diseño de los mismos. Las necesidades de espacio que requieren estos procesos se verán y calcularán más adelante.

Así las actividades más comunes que ocurren en los almacenes como parte del proceso de entrada y salida de mercancías son:

- ❖ **RECEPCIÓN.** Los productos llegan por camión, tren o transporte interno, en el caso de almacenes de producción, algunos problemas pueden presentarse si los transportistas que interactúan con esta actividad no son tenidos en cuenta, el posicionamiento de los camiones y su tipo son importantes en esta etapa, al igual que en la salida, es por ello que resulta útil pensar en los transportistas como parte integrada en esta etapa, de ahí que las actividades de los mismos sean incluidas en la planificación de las zonas de entrada y salida de mercancías.

Las actividades que se realizan en la recepción de mercancías son:

- a) Posicionar el medio de transporte en el que vienen las mercancías en el muelle de entrada adecuado.
- b) Bloquear las ruedas.
- c) Colocar y asegurar la rampa de descarga, o plataforma que se valla a utilizar.
- d) Descargar el camión y ordenar la recepción de materiales que están entrando en el almacén.
- e) Revisar la carga mediante chequeos de la documentación y el material visualmente, de forma que se pueda asegurar que la calidad y cantidad del material que entra se corresponde con lo esperado por el pedido. Para esto es necesario un sistema de información adecuado, y una zona de espera de la carga que entra en el almacén.

- f) Preparar el material para el almacenaje, paletizarla o containerizarla si es apropiado hacerlo, asignar los códigos de localización, si hay que reempaquetarlo en diferentes módulos de almacenaje, formar kits con otras mercancías, o para cualquier otra función como envíos directos, reposición de material, etc.
- g) Despachar el camión.
- h) Preparar el informe de recepción.
- i) Almacenar las mercancías.

Los requerimientos de espacio para llevar a cabo estas tareas son:

- Suficiente espacio para posicionar o mantener a la espera los camiones.
 - Equipos de descarga como son rampas y otros medios integrados en los muelles.
 - Suficiente espacio para la descarga de la mercancía, paletizarla y clasificarla en función de su urgencia, a reserva o a la zona de picking directamente.
 - Una oficina para gestionar la documentación de entrada y hacer los informes de recepción de mercancías.
- ❖ **ENVIO DE MERCANCIAS A ALMACENAR.** Es el acto físico de colocar la mercancía en las distintas posiciones de almacén asignadas, incluye el transporte hasta la localización, y el posicionamiento, se requiere un buen sistema de asignación de localizaciones para minimizar los tiempos requeridos en esta función.
- ❖ **ALMACENAJE.** Los elementos ya están situados en localizaciones específicas dentro del almacén, es la fase en la que están esperando a la demanda que los retire del almacén. La forma de almacenaje dependerá del tamaño de la mercancía, cantidad en inventario, y de las características de manejo de los productos o contenedores. El área de almacenaje puede consistir en dos zonas distintas:
- a) **área de reserva.** Donde los productos están almacenados de la forma más económica y esperan allí para ser usados en reposiciones de material o una demanda específica. Suele ser un área de grandes bultos. Por ejemplo, un almacén de reserva puede consistir en racks de pallets.
 - b) **área de despachos o de picking.** Donde los productos están almacenados de la forma más fácil para ser expedidos contra ordenes de despacho de clientes, según el sistema de trabajo del almacén. Unas veces pueden ser pallets directamente, o ítems sueltos en cajitas o cualquier combinación posible de expedición de material.

Los productos en el área de despachos, a menudo, suelen estar almacenados en pequeñas cantidades y en módulos de almacenaje de fácil acceso, por ejemplo, un almacén de despachos puede consistir en estanterías.

La transferencia de mercancías del área de reserva al área de despachos o de picking se denomina reposición.

Un buen diseño de las áreas de almacenamiento de mercancías cumple los siguientes criterios u objetivos:

- Maximizar la utilización del espacio.
- Maximizar la utilización de los equipos.
- Maximizar el uso de la mano de obra. Los operarios.
- Maximizar la accesibilidad a todos los materiales.
- Maximizar la protección a todos los materiales.

Planificar un buen almacén y unas buenas instalaciones deriva directamente de estos objetivos a cumplir, la planificación de la maximización de la utilización de los equipos pasa primero por elegir los adecuados a nuestra instalación, el tercer objetivo, involucra directamente la necesidad de servicios y oficinas, la accesibilidad a las mercancías es una tarea de la buena distribución en planta de los sistemas de almacenamiento, la máxima protección de las mercancías es una consecuencia del adecuado espacio el uso de los medios correctos y por el personal cualificado, en una distribución en planta bien planificada.

Los principios a tener en cuenta y tratar de cumplir para un buen diseño del área de almacenamiento son:

- **Popularidad.** Es la aplicación de la “Ley de Pareto” al almacenamiento de materiales, esa ley en este campo dice que el 85% de las operaciones de entrada y salida en un almacén son debidas al 15% de los elementos almacenados, por lo tanto, si se quiere maximizar el rendimiento se tiene que localizar esos materiales populares y almacenarlos en las localizaciones mas accesibles y de menor recorrido, de echo, los materiales deberían ser almacenados de forma que la distancia a recorrer para alcanzarlos sea inversamente proporcional a su rotación de inventario, es decir a su popularidad.
- **Similaridad.** Los artículos que se reciben y envían juntos, deberían ser almacenados juntos, incluso si los artículos no son recibidos juntos. Si se observa que los clientes siempre los piden juntos en sus pedidos, deberían almacenarse en posiciones de almacén lo más cercanas posibles, para minimizar el recorrido del operario para su despacho.
- **Tamaño.** Tener pequeños objetos en espacios designados para grandes bultos es desaprovechar espacio. Una variedad de tamaños de posiciones de almacén debería ser tenida en cuenta, si existe incertidumbre en el tamaño de las mercancías a almacenar los racks fácilmente ajustables y/o estanterías pueden usarse para absorber esa necesidad.

En general, materiales pesados, grandes bultos y elementos difíciles de manipular, suelen almacenarse cerca de su punto de uso, sin embargo, la asignación de localización debería hacerse en función de su popularidad. Si dos elementos tienen la misma rotación y uno es mucho mayor que el otro, ese es el que se coloca más cerca de su punto de uso que el otro.

- **Características.** Las características de los materiales que se estén almacenando y manipulando, a menudo contradicen el método visto de popularidad, tamaño, similitud... los materiales que requieren consideraciones especiales son:
 - Productos Perecederos. Es necesario tener en cuenta su fecha de caducidad para evitar que se pierdan por este motivo sin ser vendidos.
 - Materiales frágiles o con formas extrañas. Suelen requerir espacio en exceso.
 - Materiales Peligrosos. Ya sean inflamables, explosivos, tóxicos...requieren unas condiciones muy particulares de almacenamiento
 - Materiales Valiosos. artículos con un alto valor monetario y/o pequeño tamaño son a menudo objeto de robo, estos materiales necesitan algún tipo de protección extra en el área de almacenaje.
 - Compatibilidades. Algunos productos químicos no se pueden almacenar cerca de otros porque pueden reaccionar de forma violenta, en estos casos es necesario guardar las normas de seguridad y compatibilidad de los mismos.

- **Utilización del Espacio.** Para la planificación del espacio, es necesario incluir los requerimientos de espacio para el almacenamiento de los materiales, algunos factores deben tenerse en cuenta en el desarrollo de la distribución en planta del almacén:
 - conservación del espacio. Se refiere a la maximización de la concentración de materiales y la minimización de las perdidas por panal (honeycombing), que son las posiciones de almacén que se quedan vacías por el bloqueo de otros productos, se minimiza almacenando los materiales en la altura y profundidad de estanterías o filas adecuadas a la cantidad de material de cada referencia.
 - Limitación de espacio. El espacio utilizable puede estar limitado por columnas, vigas, sistemas de protección contra incendios, rutas de evacuación...
 - Accesibilidad. Una mala distribución del espacio, puede significar una pobre accesibilidad a los materiales. Los pasillos de trabajo deben ser diseñados y planificados de forma que el ancho del mismo sea suficiente para que los equipos de manipulación de mercancías puedan operar en ellos sin problemas. Los pasillos no deben estar a lo largo de un muro a menos que este contenga puertas, los pasillos principales deben estar a lo largo del eje longitudinal de la nave, o área de almacenamiento.

- ❖ **DESPACHO DE LAS ORDENES DE PEDIDOS DE CLIENTES (PICKING).** Se refiere a la retirada de materiales de sus localizaciones en almacén para hacer frente a las peticiones de los clientes, esta retirada se puede hacer manual o parcialmente automática. Tras ser retirado el material, se debe transportar al área de expediciones, (empaquetado, consolidación y salida), consolidación aquí se refiere al agrupamiento de items con un mismo cliente como destino.

El despacho de ordenes es, con mucho, la actividad mas costosa de las típicas que se llevan a cabo en el almacén, estudios recientes revelan que alrededor del 55% de los costes de

operación en un almacén pueden ser atribuidos a esta actividad, esta actividad representa el servicio básico que proporciona un almacén a sus clientes, y suele ser la función alrededor de la cual se basan los diseños clásicos.

Hoy en día esta actividad está registrando un aumento en la dificultad de gestión debido principalmente a los cambios introducidos en los programas de producción; Just-in-time, reducción del tiempo de ciclo, las nuevas técnicas de respuesta rápida y las nuevas estrategias de marketing son algunos ejemplos...por otro lado, los requerimientos de calidad y el cada vez mejor servicio a los clientes han forzado a los gerentes de los almacenes a replantearse la actividad del despacho de ordenes y enfocarla ahora hacia minimizar los daños al producto, reducir los tiempos de transacciones e incrementar la exactitud y precisión en las operaciones.

La respuesta convencional a estos aumentos en los requerimientos suele ser aumentar la plantilla o invertir en más equipos automáticos, afortunadamente hay una variedad de caminos que se pueden tomar para aumentar la productividad en el despacho de ordenes en un almacén, sin aumentar de forma alarmante las inversiones en equipo o plantilla, algunos de ellos se pueden encontrar en el libro publicado por Tompkins, Facility Planning [2].

❖ **EMPAQUETADO DE PEDIDOS Y SALIDA.** En un área reservada a las salidas de material, las ordenes de pedidos son chequeadas, empaquetadas y a veces cargadas en los camiones, trenes o cualquier medio de transporte de mercancías. Esta función suele incluir:

- a) Acumulación del material pedido en la orden.
- b) Control mediante chequeo de las ordenes de despacho, comprobando que lo que se pide está incluido en el envío.
- c) Empaquetado de la mercancía en los contenedores o cajas adecuadas, y de la forma adecuada según el tipo de mercancía.
- d) Preparación de la documentación necesaria para el envío, incluyendo lista de partes enviadas (packing list), etiquetas de destino y dirección y factura de envío.
- e) Pesar los envíos para determinar la carga a enviar y por tanto los costes del envío.
- f) Acumular envíos para carga de camiones.
- g) Posicionar los camiones en los muelles de salida.
- h) Bloquear las ruedas de los mismos.
- i) Colocar y asegurar las rampas de carga.
- j) Carga física de camiones, en muchos almacenes esta tarea es responsabilidad de los transportistas.
- k) Salida del camión.

Las necesidades de instalaciones para realizar estas tareas de forma eficiente son:

- Suficiente área para mantener los materiales pedidos por las órdenes mientras se les hacen todas las comprobaciones y procesos vistos.
- Área de oficina para la documentación de salida y órdenes de clientes.
- Suficiente área para mantener en espera y posicionar los camiones.
- Rampas y plataformas para cargar los camiones.

En la figura 1.3 se pueden ver un grafico con los flujos de mercancías y las funciones asociadas a cada flujo.

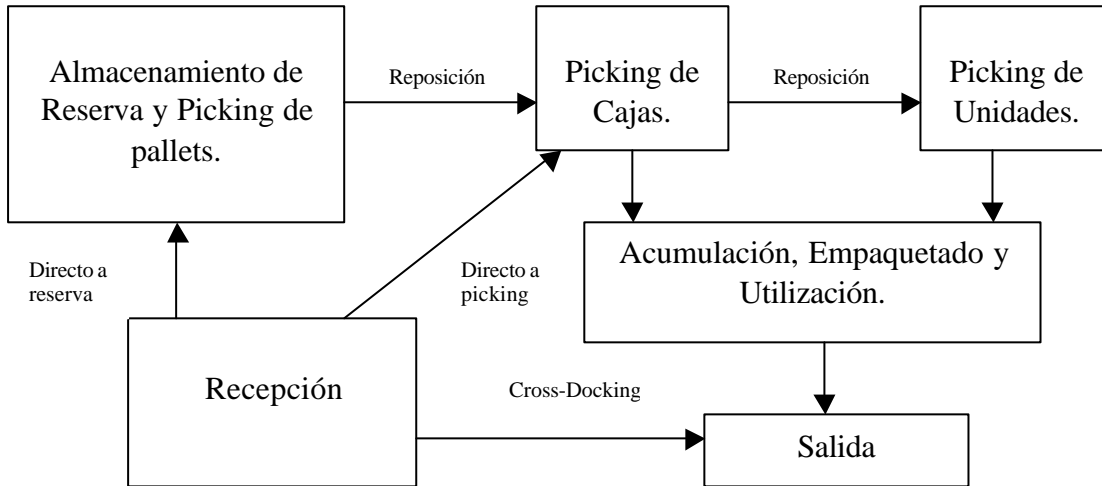


Figura 1.3 Funciones típicas de un almacén y flujos de mercancías.

1.3.2. RECURSOS EN UN ALMACÉN.

Dentro de un almacén es necesario contar con una serie de recursos que facilitan el manejo del material y posibilitan el normal desarrollo de la actividad que se realiza, se va a realizar una profunda descripción de estos elementos, comparándolos entre sí, para conocerlos bien dado que de ellos depende en gran medida el presupuesto del almacén y su sistema de gestión, en primer lugar se expondrán las características de la carga y mas tarde se analizaran los recursos, así:

➤ Características de la carga.

La unidad de almacenamiento con la que los productos van a entrar y salir del sistema y van a ser almacenados, ejemplos de unidades de almacenamiento son pallets, cajas de cartón, de plástico y/o de madera, unidades independientes..., se deben escoger antes de cualquier diseño pues determinan como van a ser las estanterías o zonas de almacenaje temporal o permanente.



Figura 1.4 Unidad de almacenamiento, pallet.

Las dimensiones, (ancho, alto y profundidad) de la carga son un factor crítico para determinar el sistema de almacenaje, en el caso de pallets un sistema estándar de tamaños ha sido desarrollado a lo largo de los años y viene dado siempre en una secuencia específica, (ver figuras adjuntas), sus dimensiones son 1200x800 mm (48''x40'') correspondientes al pallet estándar europeo, 1200 es la profundidad y 800 es el ancho, es decir la cara, es por donde se insertan las cuñas de los elementos de transporte de esos materiales. Transpallets, carretillas contrapesadas...

En lo sucesivo, se va a considerar en este trabajo que la carga que entra o sale en el almacén, es paletizada.

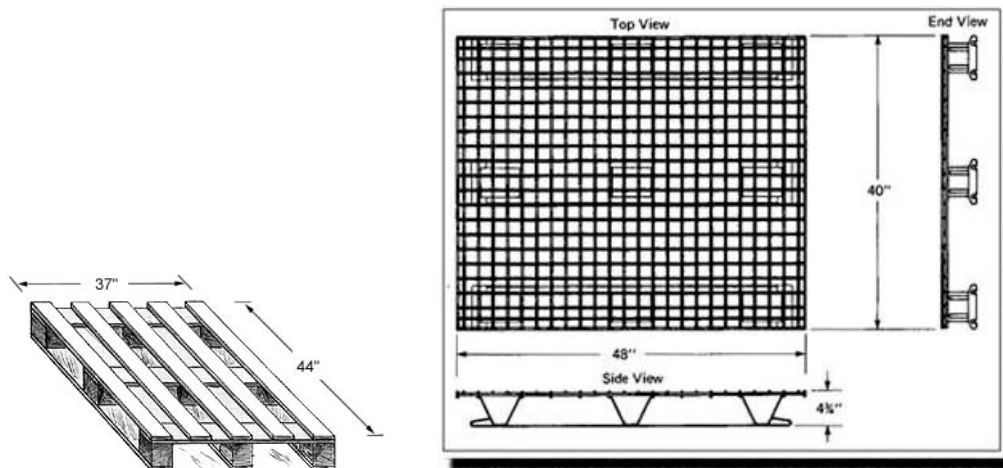


Figura 1.5 Las dimensiones de los pallets

El peso de la carga es otro factor determinante a tener en cuenta en la selección de las capacidades de soporte de carga de los racks y tipos de módulos de almacenamiento, si hay una considerable variación en los pesos de las cargas en los pallets, es importante considerar un peso medio y máximo, en ambos casos, puede que sea necesario el uso de diferentes módulos de almacenamiento que los diseñados para cargas pesadas.

La capacidad de apilamiento es una característica que se expresa en función del número de unidades de carga que pueden estar apiladas unas sobre otras sin que se aprecie daño en el producto manteniéndose además estable el apilamiento. Es, por tanto, una función de la naturaleza física de los productos y de la uniformidad de la superficie superior de la carga, si la superficie no es uniforme en el pallet, o la carga es frágil no se podrán apilar, teniéndose que utilizar otro medio de almacenaje que se discutirá más adelante. Si el producto es robusto y está bien configurado en el pallet, puede colocarse en lo alto de otro sin causar inestabilidad o daños al producto, por ejemplo, pallets de cartones de comida para perros pueden ser apilados hasta 4 o 5 de ellos en altura. Algunos productos se pueden apilar bien y otros no, hay que contemplar esta característica con cuidado para diseñar las zonas de apilamiento y las de racks.

➤ **El sistema de almacenaje.**

Existen muchos tipos diferentes de sistemas de almacenamiento, desde simples estanterías a los más punteros en tecnología de automatización, cada uno tiene sus ventajas, usos y sus inconvenientes dependiendo del tipo de carga y la cantidad de carga que están soportando. Se va a distinguir entre:

- **Apilamiento en el suelo.** Se trata de la forma más simple de almacenaje posible, los pallets son apilados unos sobre otros en el suelo y permanecen allí en líneas de profundidad variable según la cantidad de pallets de cada mercancía en stock. Hay dos situaciones en las cuales el apilamiento en el suelo es comúnmente usado:
 - **Edificios de techo bajo,** en los cuales la altura máxima de pallets en la pila son 2 o 3, por lo que no suele ser rentable utilizar racks.
 - **Grandes lotes de mercancías.** Si hay más de 20 pallets de una mercancía o ítem y tiene buena capacidad de apilamiento (3 o 4 pallets), el apilamiento en el suelo está especialmente indicado pues proporciona un buen ahorro de espacio en el almacenaje y en los costes de los racks

El almacenamiento en profundidad suele estar limitado entre 6 y 8 pallets debido a la dificultad en mantener la fila recta, lo que imposibilita en gran medida el que la carretilla elevadora o los equipos de manipulación de mercancías puedan circular libremente a través de las filas.



Figura 1.6 Apilamiento en el suelo.

- **Marcos para apilamiento.** Este método de almacenaje es parecido al anterior pero se usa en los casos en que tenemos grandes lotes de mercancías pero con mala capacidad de apilamiento, para poder apilarlos en el suelo. La carga es introducida y protegida por una estructura metálica a modo de marco, ver figura, dicho marco permite el almacenaje por apilamiento. El marco debe tener el tamaño suficiente para permitir a los pallets de productos entrar en ellos y ser manipulados con posterioridad. Este tipo de almacenaje puede ser usado como un rack de pallets flexible. Tiene los mismos problemas de gestión y limitaciones que el apilamiento en el suelo.



Figura 1.7 Marcos para apilamientos.

- **Módulos de almacenamiento estáticos.** No están mecanizados, pero pueden usar la gravedad como una forma de mover los pallets dentro del modulo. Dentro de este grupo se pueden encontrar:
 - **Estanterías ligeras.** Son aquellas que permiten almacenar objetos de tamaño pequeño o mediano con un peso por unidad de menos de 25 Kg.

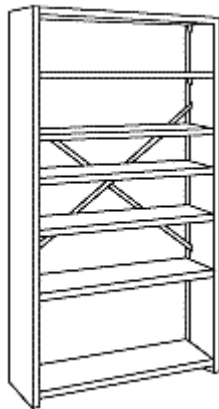


Figura 1.8 estanterías ligeras.

Las estanterías simples pueden estar formadas por varias secciones o módulos conectados lateralmente. Las estanterías dobles están formadas por dos conjuntos de estanterías simples en configuración espalda con espalda.

- **Estantes para pallets.** Son estanterías para almacenar mercancías sobre pallets. están formados por bastidores verticales sobre los que se enganchan las tablas horizontales, ver figura. Los pallets se manejan con carretillas o transelevadores.

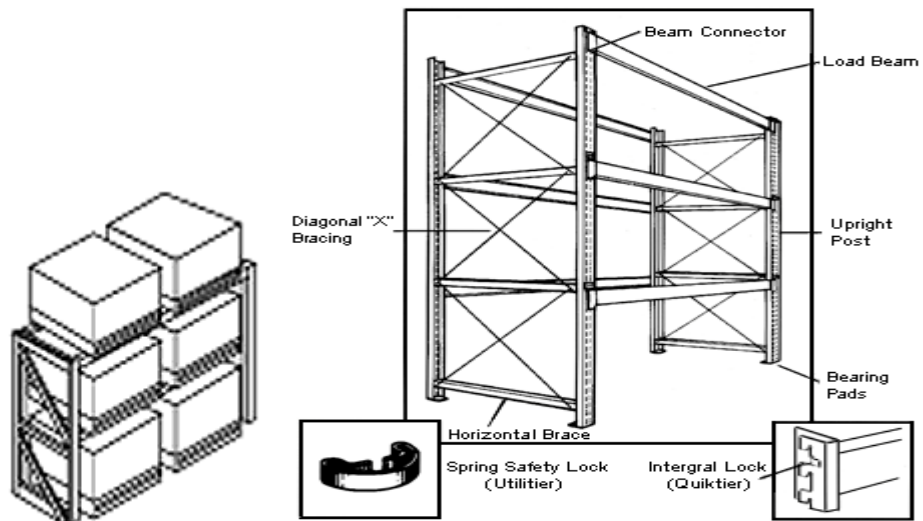


Figura 1.9 Estantes para pallets.

Pueden tener alturas de hasta 25 metros, simples y dobles. Deben ser estables y estar cogidos al suelo por medio de tornillos de expansión. Los pasillos entre estantes serán de un ancho que permitan moverse con libertad a los medios de manipulación de mercancías que se vayan a utilizar. Dentro de este grupo se distinguen a su vez:

- **Rack simple.** también conocido como rack de profundidad simple, cada pallets tiene su acceso individual desde el pasillo de trabajo. Generalmente existen configuraciones en los que dos rack simples se colocan espalda con espalda dejando un espacio entre ellos, para acomodar pallets en el saliente o alero. Hileras simples pueden ser colocadas contra las paredes para utilizar el espacio del suelo eficientemente, y un único pasillo se usa para trabajar con las dos hileras de racks.



Figura 1.10a Rack simple.

Este tipo de modulo de almacenamiento es el mas flexible que existe cuando se trata de almacenar, recuperar o elegir pallets sin manipular otros. Los rack simples se pueden usar para cualquier tipo de tamaño de lotes, pero es más económico usarlo con lotes de entre 1 y 5 pallets por ítem.

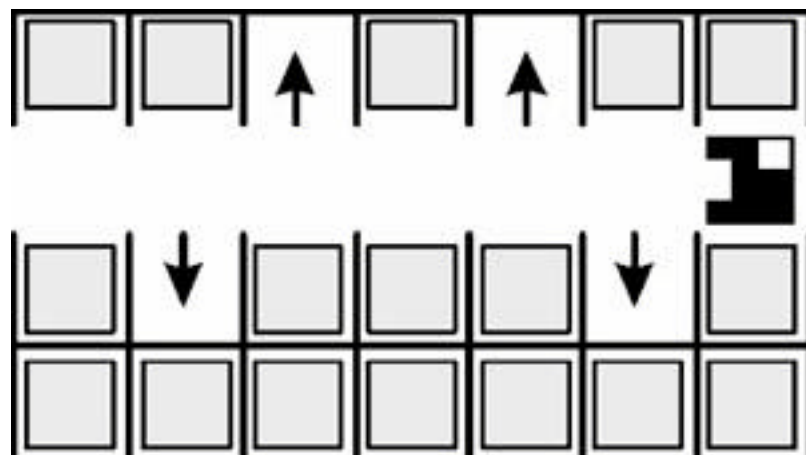


Figura 1.10b Rack simple.

- **Rack doble.** también llamado de doble profundidad, en esta configuración, dos hileras de racks simples son colocados juntas para almacenar dos pallets en profundidad, uno detrás del otro, presentando una sola cara para dos pallets. Es necesario el uso de carretillas elevadoras extensibles para operar con estos racks. Es deseable almacenar el mismo ítem en la parte de delante y de atrás de la misma fila del rack, para evitar tener que manipular el de delante si solo se quiere despachar el de detrás.



Figura 1.11a Rack Doble.

El rack doble es el más aconsejable cuando el tamaño del lote es de entre 6 y 20 pallets por ítem, sin embargo es común usarlo para almacenar grandes lotes.



Figura 1.11b Rack Doble.

- **Drive-in o Drive-Through Racks.** Estos racks permiten a productos con poca capacidad de apilamiento ser almacenados verticalmente en líneas con una considerable profundidad, en este tipo de equipo de almacenaje, cada pallet es soportado por cada lado por una balda estrecha la cual se fija a la estructura del marco, es por ello que se necesitan usar pallets en buen estado.

Las carretillas elevadoras depositan y recuperan los pallets introduciéndose entre las estanterías como se muestra en la siguiente figura. El método de almacenaje no es tan flexible como el almacenaje en suelo o en marcos especiales porque no es fácil de reconfigurar, sin embargo el coste por posición es significativamente menos que el caso de los marcos.

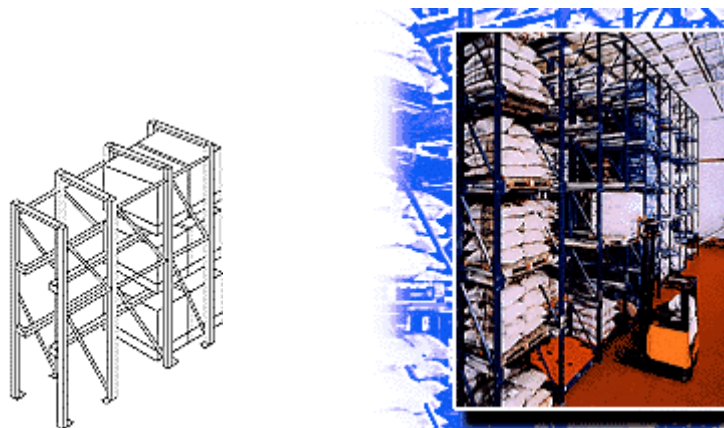


Figura 1.12a Drive-In Rack.

El ancho de las líneas de estanterías debe ser diseñado en función del tipo de carretilla elevadora que se utilice, por lo tanto si se decide una configuración

de drive-in racks, primero hay que decidir que medios de manipulación de la carga se van a utilizar, las carretillas contrapesadas son muy comunes en este caso porque no necesitan “pies” con ruedecillas lo que incrementa el ancho total del vehículo, por lo que la estantería puede ser mas estrecha.



Figura 1.12b Drive-In Rack.

El mas común de estos dos tipos de módulos es el Drive-in, en el cual la carretilla entra y sale por un único lado, esto permite montar una configuración de “espalda con espalda” para una mayor densidad en el sistema de almacenaje. Drive-in racks tienen las mismas desventajas que el almacenamiento en el suelo, no permite una rotación del material por el sistema FIFO (First in/First out).

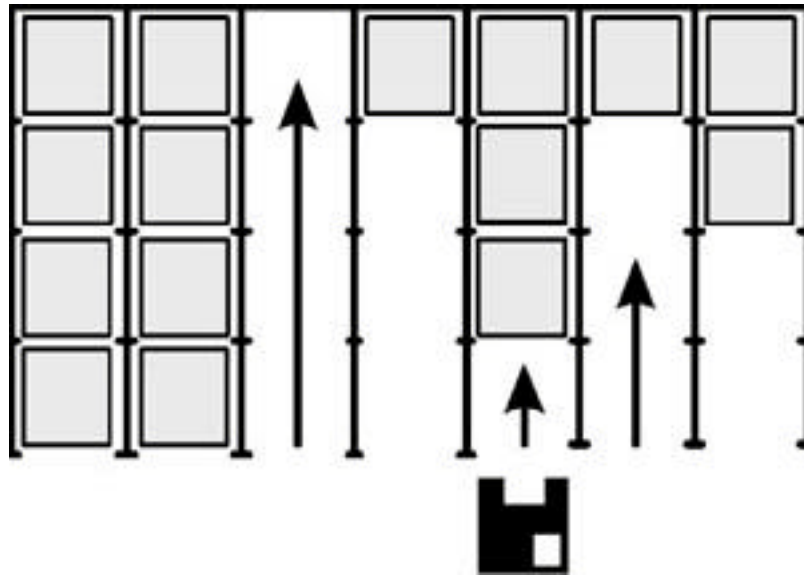


Figura 1.12c Drive-In Rack.

Drive-Through racks tienen acceso de carretillas por los dos extremos de las estanterías, esta configuración permite su uso para materiales que requieren un estricto sistema de rotación de mercancías FIFO, el otro uso común de los Drive-Through racks es para pallets en espera, es decir cuando se colocan para recepción o expedición en los distintos muelles destinados a cada tarea. Estando verticalmente colocados el espacio requerido para mercancías en espera puede verse reducido de una forma significativa.

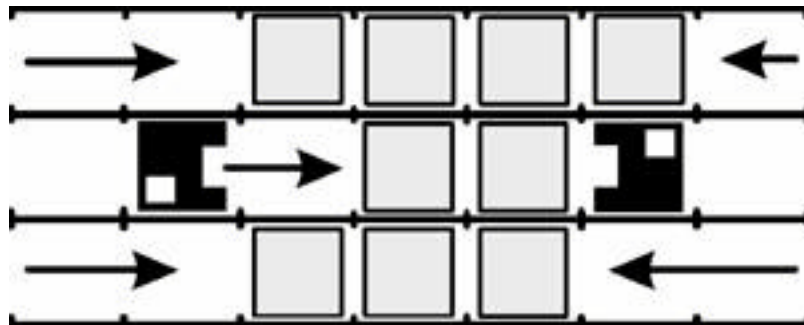


Figura 1.12d Drive-Through Rack.

- **Push-Back Racks.** Estos son racks de varias profundidades servidos desde un único pasillo, a diferencia de los anteriores en los que la carretilla entraba dentro de la estructura del rack. En este tipo de sistema de almacenamiento los pallets son empujados por los nuevos que se colocan y desplazados cómodamente por un sistema de pequeños rodillos colocados en el suelo de las estanterías, estos racks están preparados para almacenar de 2 a 5 pallets por posición y en cada nivel de altura pueden haber diferentes tipos de mercancías.



Figura 1.13a Push Back Rack.

La profundidad del sistema de racks está limitado por el peso que la carretilla elevadora puede empujar sin excesivos problemas. Estos sistemas se usan comúnmente en instalaciones donde el espacio es restringido y los tamaños de lotes de mercancías están entre 6 y 50 pallets, su coste es sensiblemente mayor que el de los Drive-in racks pero son más flexibles a la hora de cambiar la configuración de los módulos y el almacén, y además, cualquier tipo de carretilla elevadora puede operarlos sin necesidad de cambiar el ancho de los racks.

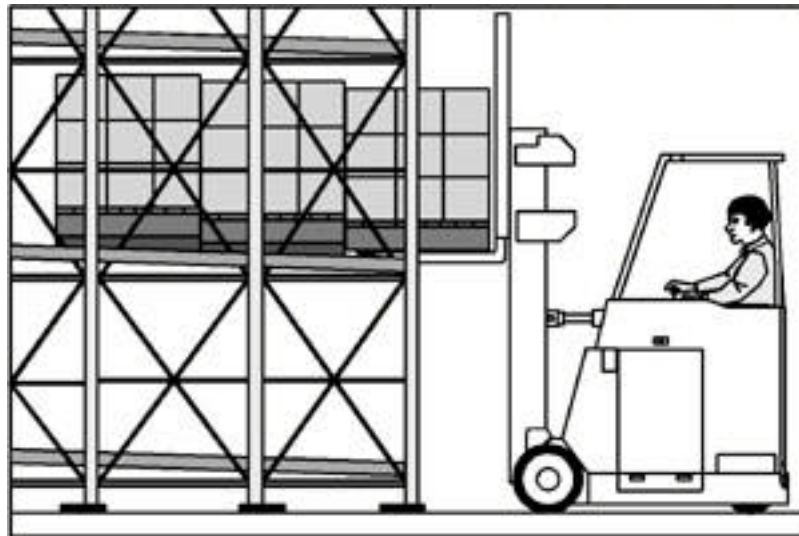


Figura 1.13b Push Back Rack.

- **Racks de Flujo de Pallets.** En este tipo de instalación los pallets se desplazan a través del rack por medio de la gravedad. La profundidad del sistema de almacenamiento no suele sobrepasar de los 8 pallets por fila debido a la pendiente que tiene que haber y que puede reducir el número de pisos del rack, esta pendiente dependerá del peso de la carga a almacenar.

La filosofía en la que se basan es que si hay que tener varios artículos de la misma referencia, no es necesario acceder simultáneamente a todos ellos. De ahí la idea de realizar alveolos profundos dispuestos longitudinalmente para que los artículos puedan introducirse por un extremo y extraerse por el otro.



Normalmente los artículos se introducen en estos alveolos, un tanto particulares, en forma de pasillos o túneles, por simple gravedad, sobre rampas con rodillos, pero pueden utilizarse también dispositivos mecánicos y neumáticos mas complejos y caros para regular el movimiento del pallet, algunos constructores utilizan incluso colchones de aire.

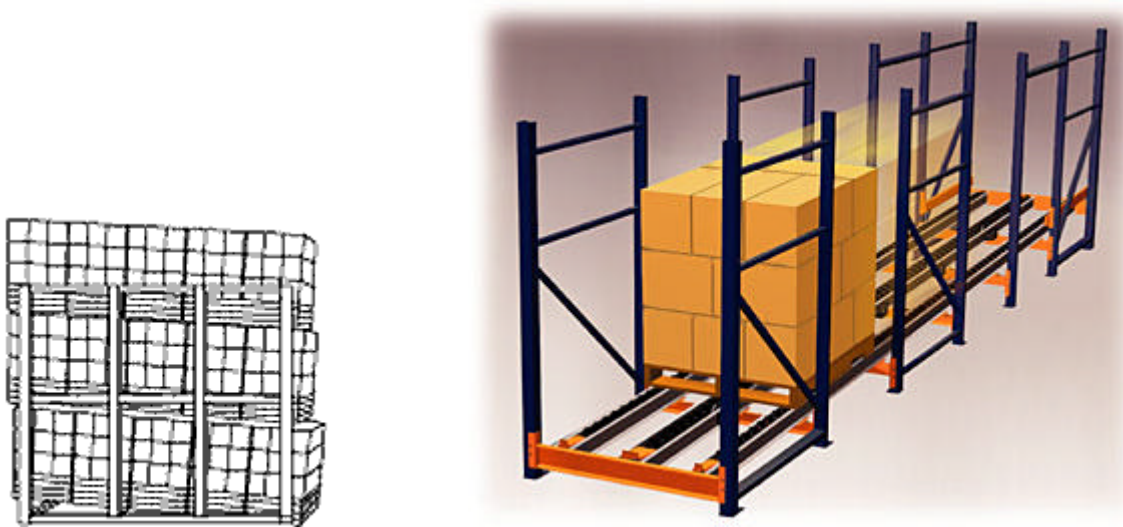


Figura 1.14 Rack de Flujo de Pallets.

Para saber si este tipo de almacenamiento esta justificado, se comparara el numero de referencias que hay que almacenar y el numero de artículos correspondientes. Esta solución se adopta en los almacenes donde los artículos de una misma referencia son numerosos y las tasas de rotación son altas. Permite evitar cruces de flujos pues las entradas en stock se hacen en un pasillo y las salidas en otro distinto. Cabe apuntar que este tipo de instalación obliga a respetar un FIFO estricto y a almacenar una sola referencia por pasillo.

Este tipo de equipo existe tanto para pallets como para cajas o cubetas mucho más pequeñas.

- **Estanterías Cantilever.** Son estanterías que sirven para almacenar mercancías especiales con una considerable longitud de la carga, como pueden ser tablones de madera, materia prima de aluminio y perfiles para la venta. El almacenamiento se hace sobre estanterías de brazo voladizo, góndolas o cantilever.

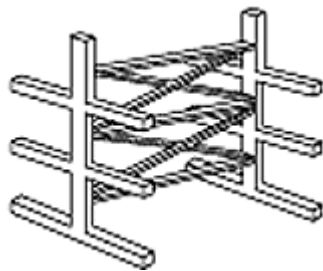


Figura 1.15 estanterías Cantilever.

- **Módulos de almacenamiento dinámicos.** están mecanizados o tienen fuentes de alimentación de energía externas, ejemplos de este tipo de equipo son:
 - **Sistemas de almacenado o recuperación automáticos (AS/RS).** Van a quedar fuera de este estudio debido a su alto grado de automatización, por lo que resulta muy cara su implantación.

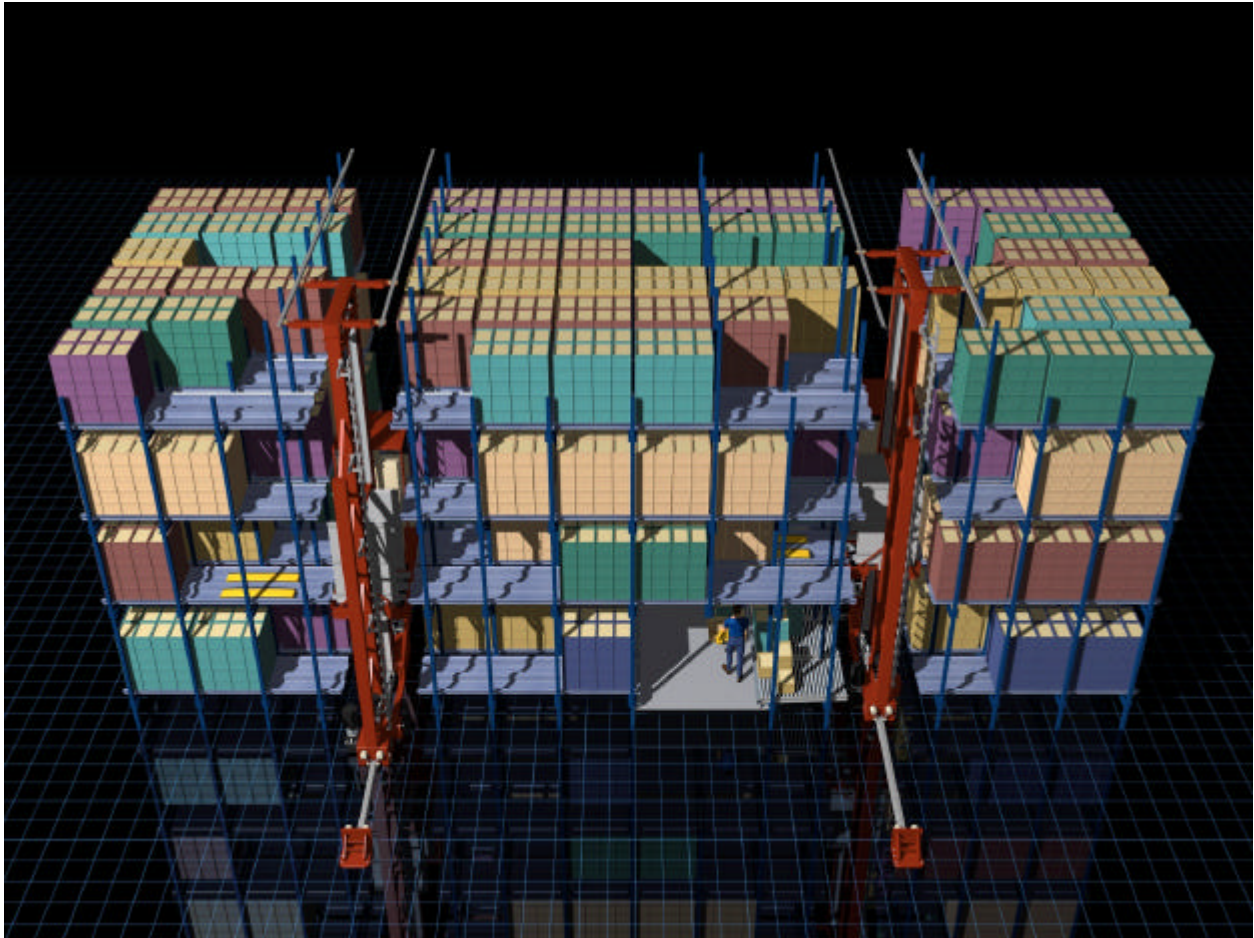


Figura 1.16 Sistema AS/RS.

- **Almacén vertical rotativo. Armarios Rotativos.** Los armarios rotativos son equipos contruidos alrededor de ejes horizontales superpuestos separados varios metros, entre 2 y 6. Estos ejes están provistos, en los extremos, de grandes piñones sobre los que se extienden dos largas cadenas. Entre estas cadenas se han fijado barras horizontales que aguantan bandejas, casilleros o cubetas para guardar cosas.

El ancho de estos armarios puede alcanzar 4 o 5 metros y su altura 15 metros. La rotación de los ejes hace desfilar las barras hasta una altura ergonómica. Lo normal es que estos armarios estén provistos de un automatismo que permita seleccionar la barra deseada. Este tipo de modulo se utiliza especialmente para guardar herramientas en talleres o piezas pequeñas en almacenes de distribución de tortillería y material de ese tipo.



Figura 1.17 Armarios Rotativos.

Aparte del armario rotativo vertical común, podemos encontrar:

- **Lanzadera.** Esta basado en la misma filosofía de aprovechamiento vertical del espacio.

En el centro del mueble hay un ascensor computerizado llamado extractor, en la parte delantera y trasera se encuentran la bandeja donde se almacenan los elementos en contenedores adecuados. El acceso a las localizaciones se realiza mediante el control electrónico del extractor, el cual, es el encargado de almacenar o recuperar los contenedores solicitados. Este proceso se realiza a través de una ventana que se encuentra colocada a una altura ergonómica.



Figura 1.18 Lanzadera.

El funcionamiento es como sigue, se selecciona en un terminal destinado a tal efecto, el elemento deseado. El extractor se desplaza primero verticalmente hasta la altura de la bandeja donde se encuentra el elemento deseado y a continuación tiene un desplazamiento horizontal para extraer los contenedores situados en dicha bandeja. El extractor junto con los contenedores se desplaza verticalmente hasta la altura ergonómica donde existe la ventana por lo que se accede al material.

- **Carrusel Horizontal.** Los carruseles horizontales son equipos construidos alrededor de ejes verticales. De los mosquetones de un transportador aéreo

cuelgan barras que soportan los casilleros para guardar cosas. La altura del último nivel de depósito es del orden de 1,6 metros. La longitud del transportador no está limitada por condicionamientos tecnológicos, solo por los tiempos de acceso. El ancho del dispositivo de almacenamiento es del orden de 1 metro.

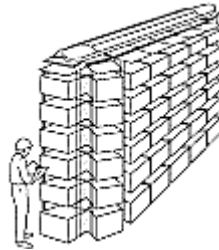


Figura 1.19 Carrusel Horizontal.

- **Módulos de almacenamiento compacto (estanterías Móviles).** La idea que ha llevado a elaborar este concepto es la siguiente. Los pasillos de servicio pueden representar una superficie igual a la que ocupan los muebles de almacenamiento, de hecho un estudio reciente indica que el 49% del espacio en un almacén bien diseñado son estanterías y puntos de almacenaje de mercancías, el 16% pasillos de servicio, y el 27% corresponden a áreas de recepción y despacho de material. Esto también es cierto en términos de volumen, ahora bien, cuando los stocks se mueven poco, esos pasillos se frecuentan también poco. Una solución para mejorar el almacén sería que los muebles fueran móviles y dedicar un solo pasillo entre 5 y 8 muebles.

El almacenamiento compacto puede estar formado por estantes para pallets, casilleros, bandejas o estanterías cantilever para cargas largas que puedan desplazarse lateralmente.

Cuando se desee acceder a una casilla o a un alveolo, se desplazara una parte de los muebles para que el pasillo se abra hacia la dirección de almacenamiento que nos interese. El desplazamiento de estos muebles puede ser motorizado en el caso de cargas pesadas o cuando una automatización se muestre necesaria, si no es el caso, los movimientos los realizara el operario de almacén manualmente girando un volante o una manivela situada en un lateral del mueble.



Figura 1.20 Estanterías Móviles.

La justificación para elegir este tipo de equipo se hará comparando el número de referencias que hay que almacenar con el número de accesos correspondientes, ya que el tiempo para acceder a una referencia en un estante compacto puede superar en un 50% al tiempo de acceso en un estante estático. Se utilizan mucho en archivos de bibliotecas.

- **Almacenamientos especiales.** Algunos almacenes tienen que alojar elementos con formas difíciles de adaptar a los sistemas de almacenamiento estándar. Estos tipos de elementos tienen un tratamiento en cada caso particular. Se suelen usar en fabricas de piezas voluminosas o irregulares.
- **Equipos de manipulación de mercancías.** Estos equipos son la parte móvil del almacén, también existen diferentes tipos de equipos. Cada equipo tiene sus propias limitaciones en su forma de operar y en su capacidad, se van a analizar dividiéndolos en tres categorías: Transpallets y carretillas elevadoras, carretillas especializadas y equipos de manipulación de mercancías automatizados. Los tipos mas comunes dentro de estas tres categorías se describen a continuación:

a) **Transpallets y Carretillas elevadoras.**

Transpallets. Son equipos utilizados para mover los pallets a nivel del suelo, tienen cuñas como las carretillas elevadoras que se introducen en el pallet, las ruedas a

diferencia de las carretillas elevadoras están bajo esas cuñas, lo que limita la capacidad de estos equipos de posicionar el pallet en cualquier sitio con suelo.

Existen distintos tipos de transpallets, a saber:

- Transpallets manuales.
- Transpallets eléctricos.
- Transpallets elevadores.

Los transpallets manuales son operados por una persona sin ninguna otra ayuda, para facilitar el movimiento, el pallet es elevado un poco por medio de un cilindro hidráulico que es manipulado por el operario mediante un pedal o una palanca.



Figura 1.22 Transpallet Manual.

Los transpallets eléctricos usan baterías y motores para elevar el pallet del suelo y mover también el aparato horizontalmente, están dotados de unas plataformas donde se sitúa el operario que los conduce, dependiendo del modelo, esta plataforma se sitúa detrás de la carga o delante, para cada modelo la longitud de las cuñas puede variar para transportar varios pallets, con un máximo de 3.



Figura 1.23 Transpallets eléctricos.

Los transpallets elevadores son un híbrido entre los transpallets y las carretillas elevadoras, como el nombre sugiere, una persona caminando opera el transpallets que

tiene la capacidad de elevar la carga de la misma manera que una carretilla elevadora, varios metros del suelo.



Figura 1.24 Transpallet Elevador.

Muchos de los transpallets elevadores usan baterías para esas funciones, elevar y moverse, pero existen modelos manuales que tienen que elevar la carga mediante un sistema de bombeo. La altura máxima que alcanzan estos equipos varía entre 2,6 y 3,2 metros, con una capacidad de carga de 2000 kilos. Estos equipos se utilizan mayoritariamente para pequeñas operaciones de bajo rendimiento.

Carretillas Elevadoras. Son equipos utilizados para mover los pallets de un punto a otro y posicionarlo en las estanterías correspondientes que pueden estar a varios metros del suelo. Podemos encontrar diferentes tipos:

- Carretilla contrapesada.
- Carretilla elevadora estrecha
- Carretilla elevadora extensible
- Carretilla elevadora extensible en profundidad.
- Transelevadores.

La carretilla contrapesada o comúnmente llamada “torito”, es la más básica y versátil herramienta para mover mercancías paletizadas, puede operar en los muelles cargando y descargando camiones, en las rampas, en el propio almacén, manipulando muchos tipos de cargas distintas moviéndolas de unas posiciones a otras, muchos tipos de mercancías están diseñadas para ser operadas con esta herramienta.

Este equipo tiene varias configuraciones posibles: de tres o cuatro ruedas, asiento o para estar de pie, eléctrico o con motor diesel o de gas, propano, cada configuración dependerá de la capacidad y el uso requerido para el equipo. Los modelos de interior típicos son eléctricos excepto en casos especiales cuando tienen que manipular productos explosivos con requerimientos de manejo especiales.



Figura 1.25 "Torito" o Carretillas Contrapesadas de 4 y 3 ruedas.

Generalmente, los pasillos de trabajo entre estanterías tienen que tener un mínimo de 4 metros de ancho cuando tienen que operar carretillas de cuatro ruedas y 3,5 metros para carretillas de tres ruedas, siendo mayores cuando se trata de carretillas de exterior de 4 ruedas de alta capacidad.

La capacidad de carga de estos equipos de interior suele rondar entre las 1000 y 3000 kilos, y las de exterior pueden ser mayores de 10000 kilos, usándose comúnmente mecanismos neumáticos cuando la capacidad de carga excede las 7500 kilos. Para asegurar la estabilidad del vehículo y la integridad del mástil elevador, el máximo de altura de este equipo suele estar limitado a 20 pies (6.6 metros).



Figura 1.26 Carretilla Contrapesada de alta capacidad.

La carretilla elevadora estrecha representa una versión mas sencilla que el aparato anterior, sirve para ser utilizada en pasillos de trabajo de 2 metros y medio, la carretilla recoge el pallet del suelo, introduciendo los pies de la misma en el pallet, esto es uno de sus principales inconvenientes, pues para posicionar el pallet en el rack, debe introducir estos pies en la parte de abajo de la estantería, necesita un mínimo de 6 pulgadas de tolerancia en cada lado del pallet para poder introducir los pies de la carretilla y las horquillas, se requiere mucha habilidad por parte del operario para manejar eficientemente este aparato.



Figura 1.27 Carretilla Elevadora Estrecha.

Es la mejor solución para posicionar pallets en la parte de abajo de las estanterías, en los casos en los que sea posible que este aparato pueda introducirse en la parte de abajo de los estanterías, las restricciones que tiene es que no puede manejar pallets mas anchos que sus pies y su altura máxima de trabajo ronda los 8 metros.

La carretilla elevadora extensible es la segunda generación de carretillas para trabajar en pasillos estrechos, se ha desarrollado para eliminar los principales inconvenientes encontrados al operar con la carretilla elevadora estrecha, como es la necesidad de introducir los pies de la carretilla en el pallet, esto se soluciona montando las horquillas en un mecanismo extensible, o mástil móvil hacia delante, de forma que el operario puede recoger el pallet del suelo extendiendo las horquillas, levantarlo un poco, recoger las horquillas a su posición inicial para el transporte del pallet y finalmente, volver a extender las horquillas para posicionar el pallet en la estantería adecuada.



Figura 1.28 Carretilla Elevadora Extensible.

Esta carretilla no es tan versátil como la contrapesada debido principalmente a las pequeñas ruedas delanteras y al mástil, el cual suele ser demasiado alto para poder entrar en los trailers, sin embargo puede trabajar en pasillos de 2,5 metros sin problemas, aunque para situar carga en el rango máximo de su altura, entre los 9 y los 10,5 metros necesita pasillos mayores para poder maniobrar bien, de unos 3 metros.

La carretilla elevadora extensible en profundidad es un aparato diseñado para operar en racks de doble profundidad, puede extender las horquillas elevadoras lo suficientemente lejos como para alcanzar el segundo pallet de este tipo de racks, y también esta diseñada para operar en pasillos estrechos de 3 metros debido a lo pesado del mecanismo extensible, y un límite de altura alcanzable de 9 a 10.5 metros como la anterior, en este caso necesita mayores pasillos de maniobra 3.5 metros o mas.



Figura 1.29 Carretilla Elevadora Extensible en Profundidad.

Los transelevadores son aparatos de transporte destinados a los traslados verticales de las cargas. Es una maquina concebida para obtener una gran productividad en los pasillos muy estrechos, de 2 metros o menos, el aparato no puede darse la vuelta en el pasillo de trabajo pero el mecanismo de las horquillas puede girar 90 grados a la derecha o izquierda del aparato para posicionar o retirar pallets de los racks.

Esta construido a partir de un travesaño que rueda sobre un único rail en el suelo, con ayuda de dos rodillos, uno de ellos es motor. Fijado al travesaño un mástil vertical tiene en su cabeza dos rodillos que circulan por un rail de conducción horizontal, paralelo al anterior, pero por el techo del almacén. A lo largo del mástil, pueden desplazarse las horquillas, estas son telescópicas para poder alojar y retirar los pallets de las estanterías.



Figura 1.30 Transelevador

Los transelevadores no están diseñados para operar fuera de los raíles en los pasillos para estantes. Algunos modelos, sin embargo, se proyectan para cambiar de pasillo. Pueden hacerlo solos (entonces uno de los rodillos portadores es director y los raíles alto y bajo tienen sistema de agujas que permiten las maniobras) o mediante un puente trasbordador.

Existen varios tipos de transelevadores:

- **Transelevadores Manuales.** Se trata de una cabina, en la que se halla el operario, instalada delante de las horquillas, a su altura. Esta cabina está equipada con un tablero de mando que permite dirigir las translaciones horizontal y vertical y los movimientos de las horquillas cuando los hay. Algunos no se diseñan para trasladar pallets y se destinan únicamente a la toma de artículos.
- **Transelevadores automáticos.** Pueden tener una cabina que se eleva con la carga, una cabina que no se eleva y queda a nivel del travesaño en el suelo, o sin cabina, las alturas que alcanzan pueden rondar los 45 metros y las variantes son múltiples: modelos con bimástil para cargas pesadas, modelos con varias horquillas, modelos que cambian de pasillo.
- **Transelevadores para la acumulación.** Para responder a ciertas características del stock, en particular de numerosos artículos con la misma referencia, algunos constructores proponen este tipo de transelevador. En lugar de estar equipados con las clásicas horquillas, poseen una pequeña carretilla capaz de separarse del equipo lateralmente y desplazar la carga en el interior de los alveolos en forma de pasillo, como en el caso de un almacenamiento dinámico. Esta pequeña carretilla se llama robot de transferencia, hurón o zorro. Está unida al transelevador por un umbilical encargado de llevarle la energía eléctrica necesaria para su translación y operaciones.

- **Mini-Transelevadores.** Son modelos reducidos de las gamas anteriores, están pensados para cargas de 50 Kg. o menos, las cargas se suelen guardar en cubetas o cajones. Este tipo de equipo es perfecto para piezas pequeñas de gran rotación.

b) **Carretillas elevadoras especializadas.**

En este grupo se incluyen todos los accesorios disponibles en el mercado para adaptar las carretillas contrapesadas o las carretillas elevadoras de cualquier tipo, a operaciones especiales. Así se pueden distinguir entre las carretillas espaciales más comunes a:

Carretilla elevadora articulada. Se trata de una carretilla contrapesada con una articulación entre el cuerpo principal de la carretilla y las horquillas, lo que permite que el mecanismo completo de elevación de la carga pueda girar 90 grados a la izquierda y la derecha. Con este diseño estas carretillas pueden operar en pasillos de trabajo de 2.3 metros manteniendo las capacidades y ventajas de la clásica carretilla contrapesada, como es el poder introducirse en los trailers. El máximo de altura operativa es aproximadamente de unos 10 metros.

Carretilla de mástil pivotante. también esta basada en el diseño de la carretilla contrapesada en la que las horquillas están montadas en un sistema que permite una rotación de 90 grados hacia uno de los dos lados, izquierda o derecha, para después extenderse hasta la altura deseada para posicionar o recoger mercancía. Este tipo de equipo puede operar en pasillos de menos de 2 metros y su techo de operación es de 10 metros. El hecho de que solo gire 90 grados hacia un lado puede causar problemas en el manejo del aparato.

Debido a que puede ser conducido con las horquillas giradas, gracias al mástil pivotante, este equipo es usado comúnmente para la manipulación de materiales largos como perfiles, el diseño permite también ser usado en los muelles del almacén, en operaciones de carga y descarga de camiones.

Equipos de cargas laterales, carretilla trilateral. Es otro tipo especial de carretilla que como su nombre indica, las horquillas están situadas en el lateral del cuerpo principal de la carretilla, esto hace que su uso prioritario sea para cargas de gran longitud. Es por ello, que son utilizados en conjunción con los racks de sistemas de estanterías cantilever. El pasillo de trabajo que requieren estos equipos se calcula por el ancho de la carretilla y la carga juntos, la carretilla debe salir del pasillo y dar la vuelta fuera para servir el otro lado del rack. Muchos de estos equipos tienen capacidad de movimiento en 4 direcciones, hacia delante, marcha atrás, a la izquierda y a la derecha.



Figura 1.33 Equipo de Cargas Laterales.

c) Equipos de manipulación de mercancías automáticos.

AS/RS. Sistemas automáticos de posicionamiento y recogida de mercancías. Estos sistemas tienen tres componentes principales.

- El sistema de estanterías (estático).
- El sistema de recogida y posicionamiento de cargas (dinámico).
- El sistema de entrega y recogida de las cargas tratadas.

El último puede ser tan simple como unas pequeñas zonas donde las carretillas contrapesadas dejen y recojan las cargas a tratar por el sistema, o tan complicados que incluyan sistemas de clasificación de mercancías.

El sistema de estanterías suele ser de rack simple pero de una altura mucho mayor que el convencional, unos 30 metros o más, existen sistemas más especializados que utilizan localizaciones en multi-profundidad, en los casos en los que los costes de operación y construcción son muy altos y el perfil del inventario lo permite. En otros casos, la estructura del rack soporta también al edificio, son los llamados edificios apoyados en los racks.

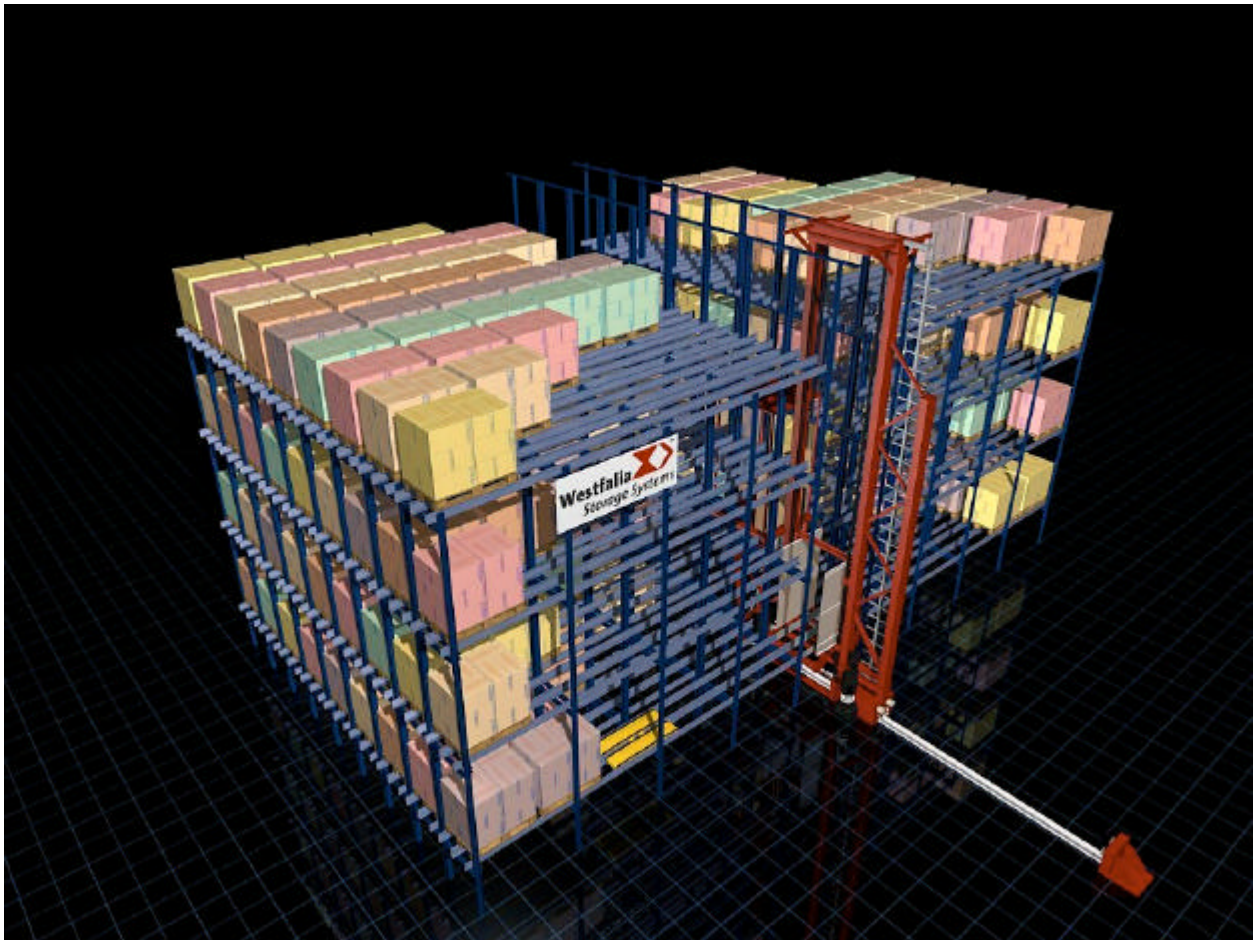


Figura 1.34 Sistema AS/RS

El sistema dinámico es en esencia unas carretillas elevadoras automáticas, que se guían por raíles en la parte superior e inferior del pasillo entre las estanterías. El rail superior contiene el cableado eléctrico que permite el movimiento del equipo, aunque también pueden usar baterías. Están dedicados a servir un único pasillo aunque se pueden encontrar sistemas que permiten a las carretillas cambiar de pasillo, lo que no se permite es rotar a las carretillas.

Los pasillos de servicio tienen un ancho de unas 6 a 8 pulgadas mayor que la carga a operar, y las carretillas pueden también transportar operadores pero normalmente se usan de forma automática.



Figura 1.35 Sistema dinámico del AS/RS

Carretillas Torreta Guiadas por raíles. Es una mezcla entre los transelevadores y el AS/RS. Están dirigidas por operadores pero guiadas por raíles en la parte superior e inferior de la instalación, en muchos casos la energía que necesitan viene del rail superior, pero para el paso de un pasillo a otro utilizan baterías, dado que se desconectan de estas fuentes de energía y para esos cambios no requieren puentes de transferencia, el cambio de carril es lento por lo tanto las cargas de trabajo tienen que ser planificadas para que los pasillos de operaciones sean lo más largos posible. Estas máquinas pueden alcanzar mayores alturas y manipular cargas más pesadas que sus primos los transelevadores.

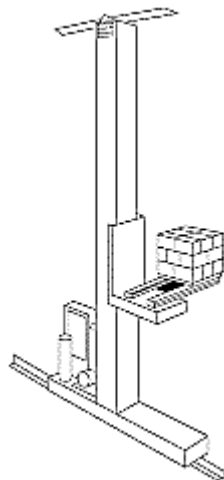


Figura 1.36 Carretilla torreta guiada por raíles.

Una vez vistos los distintos equipos de almacenaje y de manipulación, se utiliza una tabla para ver claramente las distintas combinaciones posibles entre unos y otros, en ella no se han contemplado todos los posibles equipos de manipulación de mercancías porque se va a suponer que en el almacén solo se tratara con mercancías paletizadas, es por ello que solo se incluyen los equipos para transportes de pallets.

Sist de Alm.	Alm. en prof en num pallets	Equipos de Manip de mercancías				
		Carr Contrap	Carr.Elev Ext	Carr.Elev Ext. en Prof	Transelev	AS/RS
Alm. en Suelo	2-8	X	O	O	-	-
Alm. en Marcos	2-8	X	O	O	-	-
Racks Drive-In Push-Back	2-8	X	O	O	-	-
Racks flujo de Pallets	2-5	X	X	O	O	O
Racks Dobles	2	-	-	X	-	-
Racks Simples	1	X	X	O	X	X
Alt.Max.oper(m)		6.5	11.5	11.5	15	>40
Ancho pasillos(m)		4 – 4.5	3 - 3.5	3.5	2.5 - 3	<2
Leyenda:	X = Ideal para el sist		O = Aplicable al sist		- = No aplicble sist	

Tabla 2. Combinaciones de Sistemas de Almacenaje y Equipos de manipulación de Mercancías.

Esta tabla muestra de una forma clara las distintas combinaciones entre módulos de almacenamiento y medios de manipulación de mercancías, así se observa que para los racks simples, se puede utilizar cuatro tipos de equipos de manipulación, desde la

clásica carretilla contrapesada hasta los modernos sistemas AS/RS, mientras que para los racks dobles solo tienen una posible combinación óptima, el uso de la carretilla extensible en profundidad.

Para los sistemas de drive-in y push-back racks, así como el almacenamiento en el suelo se distinguen dos posibles combinaciones, una con la carretilla contrapesada y otra con la carretilla extensible. Si se usan carretillas extensibles para el almacenamiento en el suelo o en los drive-in, se pueden encontrar problemas debido a los pies de la carretilla, los racks y las líneas en el suelo deben ser capaces de acomodarlos, en algunos casos de push-back racks pueden ser operados con transelevadores.

Las combinaciones básicas mostradas en la tabla pueden tener variaciones por la profundidad del sistema de almacenaje escogido, expresado en número de pallets en línea, y por la altura del sistema, expresada en número de pallets en las estanterías. Teóricamente, una línea de pallets puede tener cualquier profundidad, sin embargo, si son demasiado profundos las operaciones con las carretillas se hacen demasiado lentas y difíciles, es por ello que normalmente no suelen superar los 6 o 8 pallets. La altura de los racks vendrá limitada por la altura del almacén y por la altura máxima de operación de las carretillas elevadoras, y en el caso de almacenamiento en el suelo, estará limitada por la capacidad de apilamiento de la carga.

- **El Sistema de información.** Es otro recurso clave en la gestión del almacén, sirve para el control de los procesos que tienen lugar en el almacén como son las entradas y salidas de mercancías, la gestión de la calidad, la recepción de pedidos y las órdenes de despacho, los recuentos, los inventarios..., en definitiva constituye el sistema de gestión del almacén.

Este trabajo se va a dedicar al diseño del almacén, no a la gestión del mismo, por lo que a esta parte no se le va a dar mucha importancia, simplemente hay que tenerla en cuenta pues dependiendo del diseño del almacén se deriva el sistema de gestión más adecuado.

- **El Personal.** Es un recurso muy importante pues de su elección y disponibilidad depende en gran medida el éxito en la gestión del almacén, una vez conocidos los sistemas de almacenamiento a emplear y los equipos de manipulación de mercancías, se estará en posición de decidir los medios humanos necesarios para utilizarlos, además estos medios constituyen una buena parte del presupuesto del almacén.

No se va a tratar en mucha profundidad tampoco dado que queda fuera del ámbito de estudio de este proyecto.

1.3.3. ORGANIZACIÓN DE LOS ALMACENES.

En esta subsección se discutirán los temas organizativos a tener en cuenta en un almacén.

De lejos, la decisión más importante a realizar en el diseño del almacén es la concerniente a la definición del flujo de mercancías en el interior del mismo. Ejemplos de esto incluyen: La decisión del uso de áreas de reserva, almacenaje y de picking separadas, lo que implica que el proceso de reposición de mercancía formara parte de las operaciones del almacén, la recogida de artículos en partidas o lotes, la división del área de picking en deposito, empaquetado y consolidación, que requieren procesos de clasificación, control y consolidación, o el uso de almacenamiento separado del resto y pasillos de recuperación.

De cualquier modo, algunos procesos que tienen lugar en los almacenes necesitan políticas específicas de organización:

- ❖ En el proceso de entrada de material se necesita un sistema de asignación de muelles de entrada, que determine la colocación de los camiones en los muelles, evitándose atascos en la recepción de mercancías e incómodas esperas de los transportistas.
- ❖ En los procesos de almacenaje, los items son transportados a la zona de estanterías o almacenaje por medio de un sistema de localización de posiciones de almacén, muy importante este pues de él dependerá en gran medida la buena disposición de las mercancías, el aprovechamiento óptimo del espacio y la reducción de tiempos muertos y de operación. Existen varias políticas de almacenamiento, entre las que se pueden distinguir:
 - **Política de almacenamiento dedicado**, en ella se reserva unas posiciones particulares del almacén a cada tipo de producto, siempre los mismos productos estarán en las mismas posiciones. El término “posición fija” es usado para describir esta política. Existen dos variaciones de esta política comúnmente usadas:
 - Almacenar los artículos secuencialmente por código o part-number.
 - Almacenar los artículos en función de su nivel de actividad y su nivel de inventario.

Este método es más aconsejable cuando existen significativas diferencias entre esos niveles en los diferentes productos.

- **El almacenaje aleatorio** es usado cuando las distintas referencias pueden ser almacenadas en cualquier posición disponible, deja la decisión de donde almacenar cada producto al operario, los productos iguales de partidas distintas pueden estar en posiciones de almacén distintas, esta política requiere un buen sistema de información para saber donde está cada producto en cada momento, es por ello que se aplica solo a almacenes automatizados. La filosofía de este sistema es: Cuando una mercancía es recibida en el almacén, la posición disponible más cercana es la asignada a este material. La recogida de los materiales siguen el método FIFO, que permite una rotación de stock uniforme.

La política de almacenamiento en la más cercana posición disponible puede dar resultados similares a una política de almacenamiento puramente aleatoria, si el nivel de almacenaje permanece bastante constante y en un alto grado de utilización. De cualquier forma, existirán diferencias en la tasa de rendimiento que se obtenga por una u otra política.

- **Política de almacenamiento basada en clases (Zonas ABC).** Está entre las dos anteriores, se basa en que hay específicas zonas en el almacén reservadas a distintos grupos de mercancías, como sería en el almacén dedicado puro, sin embargo, estos grupos se forman y clasifican basándose en la rotación del inventario o cualquier otro criterio que se elija, almacenándose en esas áreas de forma aleatoria.
- **Política de almacenamiento por consolidación o agrupamiento en familias de productos.** Se almacenan los productos que se despachan normalmente a la vez porque se suelen pedir a la vez, en posiciones de almacén cercanas, mejorándose los tiempos de operación y respuesta a la demanda.

Si el almacén tiene áreas separadas de reserva entre la zona de almacén normal y la zona de picking, se necesita una política especial para ese área distinta a la de almacén. Que artículos y en que cantidad serán almacenados en este área, así como la rotación de reposición de esos artículos, vienen determinados por **políticas de reposición y reserva** respectivamente. Nótese que el control de los problemas de gestión a posteriori, depende en gran medida de las decisiones tomadas en la fase de diseño del almacén.

- ❖ En los procesos de preparación de los pedidos, parte de las órdenes de pedido son asignadas a uno o varios operarios, esto sugiere la presencia de varios problemas de gestión que merecen atención en este momento.

En primer lugar, el área total destinado a picking debe ser dividido en subzonas que deben ser controladas por un único operario a través de una **política zonal**, es decir, cada operario asignados a despachos dispone de una subzona de actuación, así si una orden pide un determinado producto y ese producto está almacenado en una determinada subzona, se le asigna a un determinado operario, así con todas las órdenes de despacho, una vez divididas las órdenes se procede a su despacho por cada operario..

En segundo lugar, las órdenes de despacho pueden ser servidas de una en una, o por lotes. En el caso de elegirse una política por lotes, implica directamente que las órdenes de despacho deben ser clasificadas y ordenadas, se tienen dos alternativas de clasificación de órdenes:

- Recoger y luego Clasificar. Secuencialmente.
- Clasificar mientras se recogen los artículos. simultáneamente.

En tercer lugar, una política de rutas puede definir la secuencia de recogida de material.

Por ultimo, una política de puntos de espera pueden definir donde situar los equipos destinados a la preparación de pedidos cuando están inactivos.

- ❖ Si los procesos de consolidación y clasificación están presentes, los pedidos son colocados en la zona de salida mediante una política de asignación de espacio mínimo.
- ❖ En el proceso de salida, las órdenes a despachar y los camiones son colocados en los muelles a través de una política de asignación de muelles, al igual que en la entrada de materiales.
- ❖ La distribución de tareas, personal humano y equipos a cada una, se realiza mediante una política de asignación de equipos y operadores.

Se ha repasado en esta parte del capítulo las distintas tareas a considerar en el diseño de un almacén desde tres puntos de vista distintos: los procesos, los recursos y la organización. Es obvio que no se pueden considerar por separado pues la decisión de elegir alguno de ellos tiene repercusiones y limitan las posibilidades de elección en otro grupo. Es claro que en el diseño de un almacén hay que considerar un largo numero de decisiones interrelacionadas, en el siguiente capitulo, se va a tratar de estructurar esas decisiones en un marco jerárquico que permita construir una metodología sistemática para diseñar almacenes, se incluirán además los criterios de realización que se utilizarán para evaluar las distintas alternativas de diseño.

2. DISEÑO DE UN ALMACÉN.

2.1. INTRODUCCIÓN.

En el capítulo anterior se ha descrito la teoría general sobre los almacenes, ahora este trabajo se centrará en el diseño propiamente dicho, se seguirán muchas de las ideas expresadas anteriormente por lo que a menudo se hará mención de partes específicas del capítulo 1.

Este capítulo se va a organizar como sigue:

- La primera parte del capítulo se centrará en la construcción de una secuencia de diseño basada en la metodología descrita en este trabajo, se calcularán las necesidades de espacio que requieran las distintas operaciones a realizar en el almacén, y la distribución en planta del mismo.
- La segunda parte corresponderá a la aplicación de la secuencia de diseño obtenida en la parte anterior al caso concreto de un almacén de pallets, se partirá de unas hipótesis iniciales de tipos de mercancías, inventario inicial, rotaciones...

2.2. DISEÑO DE ALMACENES.

El diseño de un almacén suele comenzar con un número de fases consecutivas:

- Concepción, definición.
- Adquisición o desarrollo de la base de datos.
- Especificaciones funcionales.
- Especificaciones técnicas.
- Selección de los medios de almacenaje y equipos de manipulación de mercancías.
- Distribución en planta.
- Selección de las políticas de gestión, planificación y control.

De una forma alternativa, se va a desarrollar una metodología en la que se situarán las decisiones a tomar en tres niveles distintos:

- Nivel Estratégico.
- Nivel Táctico.
- Nivel Operacional.

Al nivel estratégico pertenecen todas las decisiones relacionadas con el flujo de mercancías en el almacén y el nivel de automatización, que pertenece a las especificaciones funcionales y técnicas, también pertenecen a este nivel la selección del sistema básico de almacenamiento, así como la elección de los tipos de equipos de manipulación de mercancías.

Todas las decisiones relacionadas con el dimensionamiento y la distribución en planta del sistema de almacenamiento, pertenecen al nivel táctico.

Las políticas detalladas de control y gestión del almacén son campo de estudio del nivel operacional.

La concepción, el desarrollo o adquisición de la base de datos, así como la implementación del almacén quedan fuera del alcance de este trabajo y por lo tanto son excluidos del mismo, se supondrán mediante hipótesis iniciales de trabajo.

Como se ha dicho anteriormente muchas decisiones están interrelacionadas, sin embargo, el marco jerárquico mostrado aquí, refleja el horizonte temporal de las distintas decisiones (largo, medio o corto plazo), de forma que las soluciones adoptadas en el nivel superior establecen restricciones en los niveles inferiores del proceso de diseño.

El método de diseño ideal agrupa problemas relativos al mismo nivel y deriva una solución mediante la optimización simultánea de varios subproblemas de forma que se alcance

un óptimo global. Es importante reconocer las relaciones entre los subproblemas para poder obtener soluciones sub-óptimas. Aunque no siempre un conjunto de óptimos en subproblemas indican necesariamente un óptimo en el problema global.

2.2.1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REALIZACIÓN DE ALMACENES.

Para saber si el diseño de un almacén particular es bueno o no, es necesario definir los criterios por los que se va a decidir esto, en el campo de la logística de almacenes se distinguen los siguientes criterios:

- Costes de inversión y costes operacionales.
- Volumen y flexibilidad.
- Capacidad de almacenamiento.
- Rendimiento.
- Tiempo de Respuesta.
- Cumplimiento de los criterios de calidad en las órdenes de envío.

En esta sección se van a discutir algunos de estos criterios en detalle relacionándolos con los tres niveles de diseño definidos anteriormente. La importancia relativa de un criterio en particular va a depender del tipo almacén en el que se aplique. Para simplificar se va a distinguir entre dos tipos de almacenes:

1. **Almacenes de Distribución.** La función principal de estos almacenes es (contener) almacenar productos y cumplir con las órdenes de pedidos de los clientes sobre esos productos, típicamente esas ordenes contienen muchas líneas de pedido, donde cada línea (define) especifica la cantidad de un producto específico requerido. El número de diferentes productos en un almacén de distribución puede ser enorme, mientras que la cantidad pedida de ellos suele ser pequeña, lo que deriva en un complejo y relativamente costoso proceso de reposición de existencias en la zona de picking y despacho de las órdenes. De cualquier forma, los almacenes de distribución, a menudo, son optimizados mediante el binomio coste-eficiencia del proceso de despacho, es por ello que el principal criterio de diseño en este tipo de almacén es la maximización del rendimiento, minimizando los costes de inversión y operacionales.

Estos dos parámetros de costes se suelen agrupar en un único criterio de coste: el valor actual nato (VAN) representa el valor de las inversiones en el presente, los costes y beneficios que son esperados en el futuro están descontados. La tasa de retorno (ROI), es otro criterio de coste que define el beneficio esperado por año, dividido por los costes de inversión.

Estos criterios son tenidos en cuenta al principio en los niveles estratégico y táctico, además, la combinación del deseado rendimiento del almacén y un corto tiempo de respuesta nos muestran ya un conjunto de soluciones técnicas que indican el uso de

los sistemas mas automatizados, y caros, un ejemplo de ello son los almacenes A-Frame, alta automatización pero gran coste del sistema de despachos.

2. **Almacenes de Producción.** La función principal de los almacenes de producción es el almacenamiento de materias primas, productos intermedios o en proceso, y productos finales asociados al proceso productivo. Normalmente las materias primas y los productos finales suelen permanecer en el almacén por periodos largos de tiempo, esto ocurre cuando los lotes de material de entrada, materias primas..., son mayores que los lotes de productos manufacturados, o cuando los lotes de productos terminados exceden la demanda de los clientes. El almacenaje de mercancías por periodos largos debe ser eficiente en coste y suele ser hecho en sistemas de almacenaje baratos como son los racks de pallets.

En este caso, el criterio más importante es la capacidad de almacenamiento y los principales objetivos en el diseño son los bajos costes de inversión y operación.

El almacenamiento de productos inacabados tiene otros requerimientos, dado que la demanda futura es imprevisible y la retirada de los almacenes de estos productos debe ser rápida para evitar retrasos indeseables en la producción, esto hace de restricción en el diseño del mismo, de forma que el criterio principal a aplicar ahora es el de menores tiempos de respuesta.

Los criterios de ejecución pueden ser tratados como objetivos de diseño o restricciones en el diseño, cuando se formula un criterio como restricción se requiere que se pre-especifique un valor objetivo de ese criterio, para que pueda ser alcanzado. Además de estas restricciones como criterios, también se formularan un numero de restricciones técnicas y físicas, que deberán tenerse en cuenta, un ejemplo de estas ultimas son el máximo de altura del sistema de almacenaje de forma que se especifique la altura del edificio que lo contenga.

Los costes de inversión son, a menudo, tratados como una restricción mas, una limitación severa en los costes de inversión puede limitar el diseño convencional del almacén.

Por ultimo, se tienen que tener en cuenta otros criterios de realización difíciles de cuantificar, como son los relacionados con el medioambiente o las condiciones ergonómicas, estas condiciones no van a ser discutidas en este estudio.

2.2.2. PROBLEMAS DE DISEÑO.

En el anterior capitulo, se proporcionaron tres puntos de vista para caracterizar los almacenes y en la sección 2.2 se definió un planteamiento estructurado de toma de decisiones a tres niveles también, estratégico, táctico y operacional, de forma que cumplan un numero de criterios de diseño bien definidos. En cada nivel se va a hacer frente a muchas decisiones interrelacionadas de forma que, a menudo, un grupo relevante de problemas deben ser solucionados simultáneamente, es por ello que se define el

problema de diseño de un almacén como un conjunto de decisiones consecutivas coherentes.

En esta sección, se discutirán los problemas que se tienen que solucionar en cada nivel, posicionándolos en los tres ejes definidos en la sección 1.3; Procesos, recursos y organización, para ver las relaciones existentes entre ellos.

➤ NIVEL ESTRATÉGICO.

En este nivel se consideraran decisiones que tienen un impacto a largo plazo, la mayoría de ellas repercuten en altas inversiones. Los dos grandes grupos de decisiones a tomar aquí corresponden al diseño del diagrama de flujo del proceso y a la selección de los tipos de sistemas de almacenaje y manipulación de mercancías apropiados.

El diseño del flujo del proceso define las operaciones a realizar en el almacén, un flujo básico consiste en las etapas de recepción, almacenaje, despacho de ordenes y envío o salidas, flujos mas complicados pueden incluir cross-docking, consolidación de envíos, clasificación de mercancías, zonas diferentes de reserva y picking en el almacén..., estas operaciones adicionales tienen un impacto directo en los medios técnicos y equipamiento a contratar, por ejemplo, un proceso de clasificado puede ser necesario para hacer los lotes y clasificar las ordenes de despacho en función de la urgencia de las mismas o cualquier otro criterio, esto requiere el diseño o compra de un sistema de clasificación o identificación, como puede ser un sistema de código de barras. La presencia de sistemas de reposición de materiales, requiere el diseño de áreas de reserva, grandes bultos y zonas de despacho de ordenes (picking) y empaquetado, y así sucesivamente.

La selección de los tipos de sistemas de almacenamiento y de manipulación de mercancías. En este nivel se refiere a todos los sistemas que van a requerir altas inversiones como el sistema de estanterías o racks, el sistema de localización a emplear y el tipo, no el número, de los equipos de manipulación de mercancías a emplear. Se ha visto antes que la selección de procesos requiere la disponibilidad de sistemas específicos pero a la inversa también es cierto, la selección de sistemas específicos de almacenaje requieren la presencia de los procesos donde se van a utilizar, se puede distinguir claramente la interrelación entre procesos y sistemas.

De cualquier manera, la completa selección del flujo del material y los sistemas a emplear se pueden dividir en dos problemas secuenciales de decisión, uno basado en las capacidades técnicas, y el otro basado en consideraciones económicas.

El primer problema a solucionar concierne a las capacidades técnicas. La unidad de almacenaje, los sistemas de almacenamiento y los equipos de manipulación de mercancías tienen que estar disponibles para los productos, para las órdenes de despacho y además no deberían entrar en conflicto con ningún otro sistema. Para solucionar este problema las entradas al sistema son las características de los productos y las ordenes de despacho, y las salidas serán las especificaciones de que combinación de sistemas son técnicamente capaces de manejar esos productos cumpliendo los criterios y restricciones que se impongan. De ahí,

que la salida no sea un sistema específico o incluso un pequeño conjunto de alternativas, sino un esperado número limitado de posibles combinaciones de sistemas de almacenamiento y equipos que cumplan los requerimientos especificados, en particular el rendimiento, la capacidad de almacenaje y los tiempos de respuesta.

El segundo problema de diseño en este nivel, se refiere al diseño del flujo de mercancías y sistema de almacenaje bajo consideraciones económicas, el resultado es la optimización del rango de posibles combinaciones de sistemas seleccionados en la fase anterior en función de cuales tienen mínimos costes de inversión y operación.

Las siguientes observaciones relativas a las relaciones entre varias decisiones deben ser tenidas en cuenta:

- Los costes de inversión de un almacén dependen fundamentalmente del número de recursos disponibles en el mismo; racks, equipos, personal...
- La capacidad de almacenamiento esta determinada principalmente por el tipo y dimensión del sistema de almacenamiento (racks...), y con menos importancia de la política de almacenamiento empleada; dedicado, aleatorio, por clases, por zonas...
- El rendimiento máximo del almacén esta parcialmente determinado por el tipo y dimensión de los recursos. En el rendimiento también influyen un mayor número de factores como son las decisiones de poner áreas separadas de reserva, políticas de rutas dentro del almacén, la política de almacenamiento, políticas de asignación de recursos (personal, equipos y muelles)...
- Los tiempos de respuesta en los almacenes están parcialmente determinados por los factores que influyen con el máximo rendimiento, sin embargo, también influyen un número de decisiones organizativas como son las políticas zonales, de clasificación y las zonas de espera de los equipos cuando no se están usando.

Estas observaciones muestran de nuevo las fuertes relaciones entre varios problemas de decisión en el nivel estratégico, en la siguiente figura, se listan un número de problemas de diseño relacionándolos con los tres ejes definidos anteriormente, recalcar que todas las decisiones tomadas en este nivel repercuten en los siguientes a modo de restricciones o requerimientos adicionales, por ejemplo, la decisión estratégica de usar áreas de reserva de materiales implica que en el nivel táctico esta área deba ser dimensionada y que en el nivel organizativo, políticas de reposición de material deban ser tenidas en cuenta

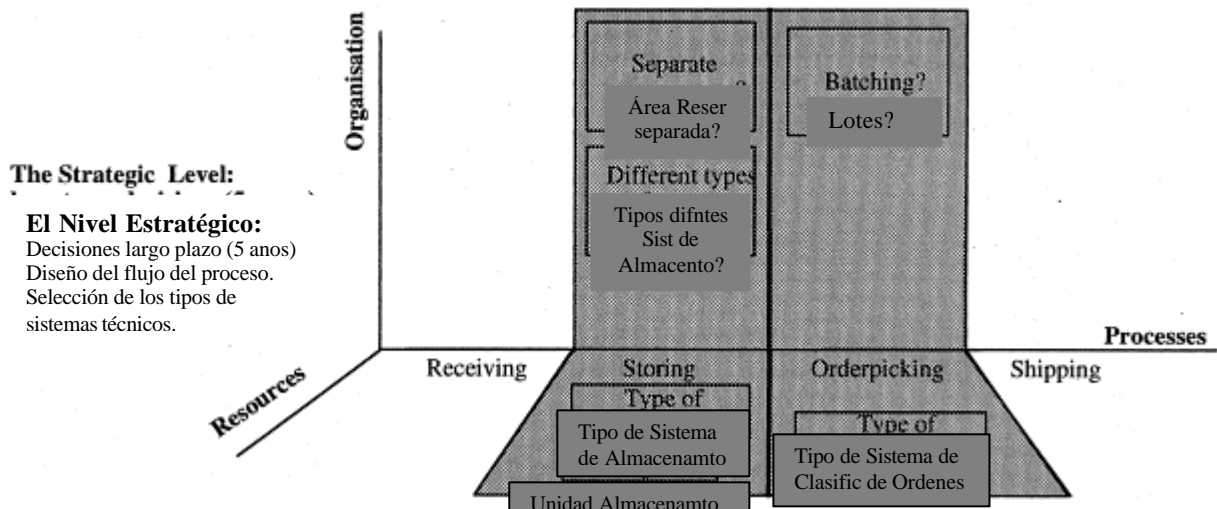


Figura 2.1 Nivel estratégico.

➤ **NIVEL TÁCTICO.**

En el nivel de diseño táctico, se deben tomar un número de decisiones que tendrán una repercusión a medio plazo basadas en las salidas de los problemas solucionados en el nivel estratégico. Estas decisiones van a tener un impacto menor que las decisiones del nivel anterior pero aun van a requerir algunas inversiones, por lo que no se deben tomar a la ligera.

Las típicas decisiones tácticas se refieren al dimensionamiento de los recursos una vez elegidos, los sistemas de almacenaje, los equipos, número de empleados...sin olvidarnos de la distribución en planta y el número de temas organizativos a tratar.

Los grupos de problemas que se dan en este nivel y deben ser tratados simultáneamente incluyen:

- Problemas organizativos incluyendo el dimensionamiento de las zonas de picking, de reserva, de recepción y salida de mercancías, la determinación de las políticas de reposición de materiales y definir los tamaños de lotes, la selección de la política de almacenaje, aleatorio, dedicado, por grupos de productos...
- Determinar la dimensión del sistema de almacenaje, incluyendo las áreas de espera.
- Determinar la dimensión de las áreas de muelles.
- Determinar el número de equipos de manipulación de mercancías.
- Establecer la distribución en planta de todos los sistemas
- Determinar el número de personal del almacén.

Los problemas de diseño de este nivel y sus relaciones vienen mostrados en la figura 2.2, las relaciones entre los problemas a este nivel son menores que en el anterior, sin embargo los diferentes papeles que se dan en los almacenes y que constituye la política de almacenaje influye en el rendimiento máximo del almacén, por lo que no puede optimizarse independientemente.

Todos estos problemas tienen que cumplir la optimización de los criterios de diseño impuestos al principio como son el rendimiento, el tiempo de respuesta y la capacidad de almacenamiento, mientras que se minimizan los costes de inversión y operación. Minimizar los costes de operación, en particular, se reduce a minimizar la fuerza de trabajo requerida, obviamente los resultados de las decisiones tomadas a este nivel tienen un fuerte impacto en los restantes problemas a solucionar en el siguiente nivel, el operacional.

El Nivel Táctico:

Decisiones a Medio Plazo (2 años).
 Dimensionamiento del Sist Almacento.
 Diseño de la Distribución en planta.
 Selección del Equipamiento.
 Diseño de la Organización.

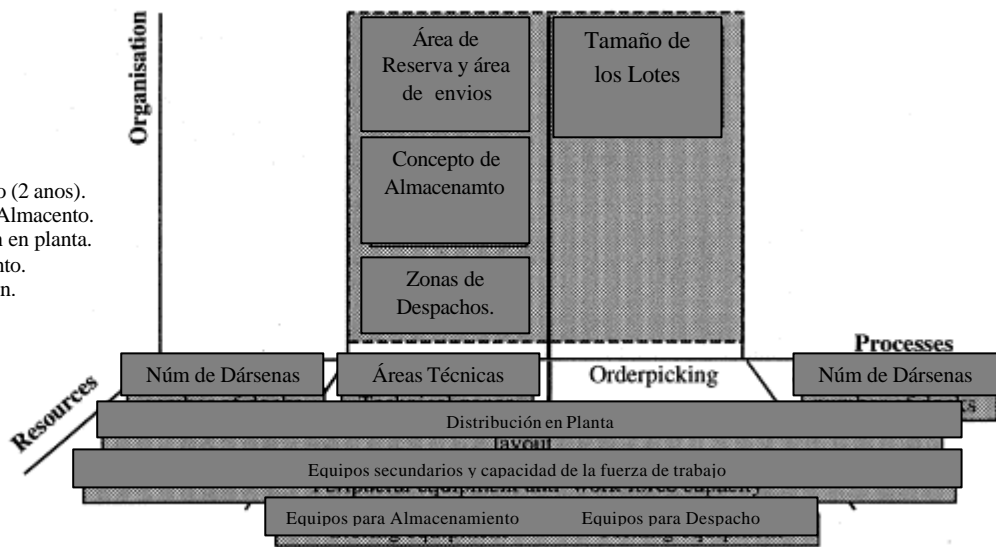


Figura 2.2 Nivel táctico.

➤ **NIVEL OPERACIONAL.**

En este nivel los procesos tienen que llevarse a cabo con las restricciones y limitaciones impuestas en los niveles tácticos y estratégicos. La interfase entre los diferentes procesos son estudiados en los niveles superiores, esto implica que las políticas a estudiar en el nivel operacional tienen una menor interacción entre si y por lo tanto pueden analizarse independientemente.

Las decisiones principales a considerar aquí son las relacionadas con los problemas de asignación y control de los operarios y equipos, así se tienen que ver:

- asignación de tareas de reposición a personal.
- localización de productos de entrada en posiciones libres del almacén, de acuerdo con la política de almacenamiento escogida en el nivel táctico.
- Referente al proceso de despacho de ordenes tenemos:
 - Formación de lotes en la línea de los tamaños de lotes definidos en el nivel táctico.
 - asignación de tareas de recogida de material de las estanterías (picking) a los operarios
 - Secuencia de recogida de material por orden, enrutamiento.

- selección de los puntos de espera de equipos de manipulación de mercancías destinados al despacho de órdenes que no se estén usando.

Por ultimo la asignación de camiones que llegan o se van del almacén a los distintos muelles, es también una decisión de control.

Los problemas a tratar en este nivel están mostrados en la siguiente figura:

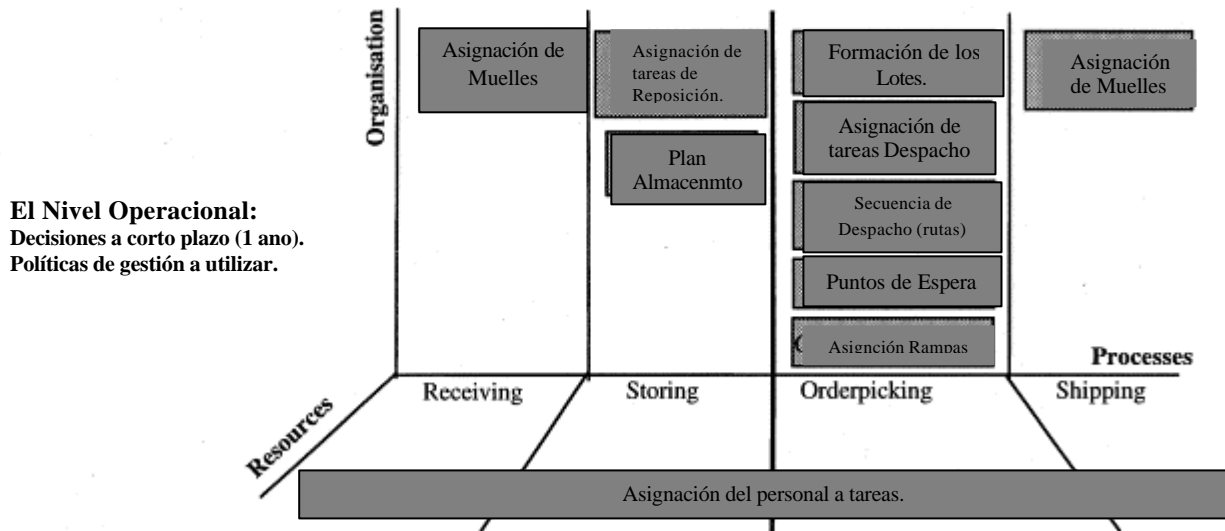


Figura 2.3 Nivel Operacional

Para cerrar este apartado, se hace de nuevo hincapié en la fuerte relación jerárquica entre las decisiones hechas en los distintos niveles; estratégico, táctico y operacional. Como añadido se comenta que los problemas a tratar en el nivel estratégico parece que están muy relacionados entre si, perdiéndose un poco esa estrecha relación en el nivel táctico, mientras que en el nivel operacional, las decisiones que se tomen, pueden a menudo contemplarse de forma independiente.

2.2.3. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ALMACENES.

Una vez estudiadas las distintas tareas a realizar en un almacén, los principios básicos a tener en cuenta para diseñarlas correctamente, los medios a utilizar para realizarlas, los criterios y objetivos típicos a cumplir y los problemas que tenemos que solucionar en cada nivel, se va a tratar de construir una metodología sistemática de diseño, plasmándola a modo de secuencia a seguir, y mostrando las distintas técnicas que se pueden utilizar para calcular a partir de unas pocas hipótesis iniciales sobre las mercancías a almacenar, el flujo del proceso, el dimensionamiento de los espacios requeridos para cada tarea, los equipos y personal necesario para operarlos de forma eficaz...

Se va a tratar de seguir el planteamiento expresado en 2.2.2 y las fases del diseño se corresponderán con los tres ejes definidos en ese apartado, estratégico, táctico y operacional, así las distintas fases en el diseño de un almacén son:

a) CONCEPCIÓN, DEFINICIÓN:

Lo primero que se tiene que hacer para diseñar un almacén es saber para que se va a utilizar dicho almacén, cual o cuales de las funciones básicas vistas en los apartados 1.2.2 y 1.2.3 va a cubrir, eso se consigue mediante entrevistas con los gerentes de la empresa que quieren construirlo, de estas entrevistas también se debe obtener la información de como van a querer gestionarlo y como van a caracterizar la carga y de que numero de referencias (items), tipo, cantidad de material por referencia, rotaciones de inventario..., van a almacenar, creándose una base de datos con esa información.

Para nuestra aplicación, al tratarse de un estudio académico se realizaron un serie de hipótesis iniciales que servirán como sustitutos de estas entrevistas para poder comenzar con el diseño, la caracterización de la carga y los datos iniciales de referencias, cantidades, rotaciones de materiales..., se pueden encontrar en el anexo A de este proyecto.

Una vez que se ha creado la base de datos, se debe desarrollar el perfil del inventario que incluye el inventario total en términos de numero de pallets y el tamaño de los lotes de pallets por referencia, se puede tomar la opción de hacer perfiles de inventario separados para grupos especiales de productos, familias, divisiones por áreas de la compañía o cualquier otro criterio que se decida. Con el perfil de inventario y siguiendo la tabla 3 se puede hacer una primera preselección de sistemas de almacenamiento, mas tarde se depurara con criterios económicos.

Normalmente las empresas tienen este documento informatizado y lo revisan diariamente, sin embargo si una empresa no dispone del mismo, se puede construir simplemente contando físicamente los pallets por referencia que se tengan en almacén y luego sumarlos para saber cual es el máximo numero de pallets a almacenar, de este dato, se sacaran el numero de racks mínimo para almacenar esa cantidad.

Un ejemplo de perfil de inventario se muestra en la siguiente tabla, donde se incluye además que tipo de rack es el más adecuado para trabajar con cada rango.

Rango de Num Pallets/Ref	Núm Refer	Tot Num Pallets	Sistemas de Almacenamiento						
			Alm. Suelo	Alm. Marcos	Drive-in Racks	Push Racks	Flujo Pallet	Racks Dobles	Racks Simple
Más de 100	2	350	X	X	X	O	X	O	O
51 – 100	18	1100	X	X	X	O	X	O	O
21 – 50	40	1000	X	X	X	X	X	O	O
11 – 20	160	2200	O	O	O	X	X	X	O
6 – 10	330	2300	O	O	O	X	X	X	X
2 – 5	500	1600	-	-	-	O	O	O	X
1 o menos	750	750	-	-	-	-	-	-	X

Leyenda: X = Ideal para el sistema O = Trabajable por el sistema '-' = No aplicable al sistema
--

Tabla 3. Ejemplo de Perfil de Inventario.

Debido a que la capacidad de apilamiento juega un papel importante en el almacenamiento en el suelo, si esta opción se considera, es necesario hacer un segundo perfil de inventario reflejando esa dependencia, este perfil se hace normalmente basándose en la experiencia de los gestores del almacén o haciendo tests para cada referencia. Así se podría encontrar algo como la siguiente tabla.

Rango de Núm Pallets/Ref	Cap de Apilamiento En Núm de Pallets	Núm de Referencias	Tot Núm Pallets a almacén
Más de 100	3	1	200
	4	1	150
51 – 100	2	3	200
	3	10	600
	4	5	300
21 – 50	3	25	600
	4	15	400
11 – 20	3	160	2200
6 – 10	2	20	160
	3	310	2140
Total		550	6950
Nota: Para lotes de 5 pallets o menos no se considera almacenamiento en el suelo.			

Tabla 4. Ejemplo de perfil de inventario por capacidad de apilamiento.

La **tasa de rendimiento** del almacén es otro valor a calcular y tener muy en cuenta, se trata del número de pallets que entran y salen del sistema de almacenamiento en un periodo de tiempo establecido; diariamente, semanalmente..., por ejemplo si 400 pallets entran y 400 pallets salen de un almacén diariamente la tasa de rendimiento es de 800 pallets diarios. Con este número se puede saber la carga de trabajo que se va a tener y así dimensionar las necesidades de equipos de manipulación de mercancías, de personal y las dársenas de atraque de los camiones, ya se vera mas adelante como se calcula esto.

El número de pallets que entran puede ser obtenida chequeando las notas de entrada, listas de partes de los proveedores y demás documentación que traen normalmente los lotes de productos, para los pallets de salida, simplemente se estudian las notas de envío y los informes de reposiciones, si la tasa fluctúa de un periodo a otro, la mayor de todas, suele usarse para el análisis.

Una vez todos estos datos son conseguidos y analizados, las distintas alternativas de configuración pueden ser definidas para su estudio.

b) NIVEL ESTRATÉGICO:

Las decisiones que se toman aquí hacen referencia al diseño del recorrido de la mercancía en el interior del almacén, las operaciones que se le van a realizar..., y de la elección del sistema de almacenamiento y los equipos de manipulación de mercancías, cumpliendo los criterios económicos pertinentes.

I. El diseño del flujo del proceso.

Las mercancías en un almacén pueden realizar multitud de tareas, las cuales se agrupan en una serie de funciones, muchas de ellas tienen sus propios medios y equipos especializados y adaptados para realizarlas correctamente y de forma eficaz, es por esto que de la elección de las funciones a realizar por las mercancías en el almacén depende la elección de los sistemas de almacenamiento a utilizar y de ello depende a su vez la elección de los equipos a adquirir para manejar la mercancía y gestionar el almacén como un todo.

El flujo a realizar por la mercancía en un almacén puede ser:

- ❖ **Recepción/Salida.** Es el acto físico de llegada/salida de un camión cargado de pallets al almacén y descargarlo/cargarlo. Se estudian estas dos funciones a la vez pues tienen muchas partes en común, y es posible que ambas utilicen el mismo espacio físico en el almacén para desarrollar su actividad.

Dentro de las funciones de recepción y salida se pueden distinguir multitud de tareas a realizar por los operarios, se vieron en profundidad en el apartado 1.3.1 del capítulo anterior, ahora bien, estas tareas requieren su tiempo, con el equipo adecuado se cifra en 7500 libras/hora de media aunque un ejemplo orientativo es el estudio realizado por el departamento de agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.) para el caso de camiones que transportan cajas de mercancías que hay que paletizar en el propio almacén, la siguiente tabla muestra los tiempos empleados en las distintas tareas de recepción utilizadas en ese caso.

OPERACIONES	DURACION (Horas)
Entrada del camión	0.1666
Asegurar Ruedas	0.0163
Abrir puerta del camión	0.1101
Retirar Abrazaderas Carga	0.0310
Ajustar Plataforma	0.0168
Colocar Pallet vacío en la trasera del camión (33 veces)	0.2333
Descargar cajas en el pallet (640 veces)	1.5360
Retirar pallet cargado del camión (33 veces)	0.3800
Transportar pallet hasta área almacén y volver (33 veces)	0.6040
Guardar pallet (33 veces)	0.1760
Retirar plataforma	0.0048
Cerrar puerta y salida del camión	0.0068
TOTAL	3.2817

Tabla 5. Ejemplo de tiempos para operaciones de recepción de mercancías.

Evidentemente, estos tiempos no se conocen a priori en cada almacén, pues la forma de trabajar de unos y otros es distinta y los medios a usar también, sin embargo es útil conocer una estimación del tiempo total de carga/descarga de un camión para poder calcular bien la necesidad de dársenas en el almacén, además se necesita la información del número de camiones que entran/salen diariamente en el almacén, o bien si no se dispone de este dato, cuantos pallets entran/salen diariamente, es decir, la tasa de rendimiento calculada en la fase previa, con esos dos datos ya se puede calcular las necesidades de espacio del área de recepción y dársenas.

Determinación del número y necesidades de espacio de los muelles llegada/salida.

Para saber el número de dársenas a planificar en el almacén se necesitan, como se ha dicho antes, los siguientes datos:

- El número y tipo de camiones que entran/salen diariamente en el almacén.
- La estimación del tiempo de carga/descarga de un camión.

Con esto, se puede aplicar el análisis de colas en el caso de que estas llegadas/salidas no varíen a lo largo del día, o en los distintos días de la semana..., caso de hacerlo se puede averiguar el número necesario de dársenas por simulación. Esto se usa cuando se quiere hacer un diseño estricto, riguroso y por supuesto caro, en otras ocasiones simplemente se consulta a los empresarios cuantas dársenas tienen previsto construir y se comparan con las que resultan de dividir el número de mercancías a entrar/salir al día, en número de pallets, (nótese que un trailer de 18 metros carga unos 33 pallets), con el tiempo medio o estimado de carga/descarga de un camión, se va a suponer en 1 hora y media (90 minutos) si no hay que paletizar la carga en el almacén, y de 3 horas (180 minutos) si hay que hacerlo. Es decir, se descarga un camión de carga en pallets cada 90 minutos, la jornada de trabajo se supondrá de 16 horas (960 minutos), dos turnos de ocho (480 minutos), suponen 10 camiones al día por dársena de entrada, si se esperan recibir 40 camiones al día, se necesitaran al menos 4 dársenas de entrada. Un análisis similar se puede hacer para calcular las dársenas de salida, ahora bien, se tiene que ver si por los horarios de entrada y salida de mercancías se pueden compartir, o no, los espacios dedicados a estas operaciones consiguiéndose un ahorro en la superficie total del almacén, en el caso afirmativo, por ejemplo, entradas en el primer turno, y salidas en el segundo.

Una vez se calcule, ya sea por un método u otro, el número de dársenas de entrada/salida a incluir en el almacén, la configuración de los muelles debe ser diseñada.

Las consideraciones a realizar, son sobre la propia configuración del muelle en el flujo del camión en la instalación, se debe analizar la evolución del tráfico de camiones dentro del recinto del almacén, el acceso al mismo..., otras líneas generales a tener en cuenta son:

- Carreteras de servicio bidireccionales tienen que tener el menos 8 metros de ancho.
- Carreteras de un solo sentido, como mínimo requieren 4 metros.
- Si existe una acera para peatones a lo largo de la carretera de servicio, tiene que estar separada físicamente de la carretera de servicio por medio de un arcén, al menos 1.5 metros.
- Las puertas de entrada a la instalación para una carretera de doble sentido, tienen que tener un ancho de 9.5 metros, como mínimo.
- Las puertas de entrada a la instalación para una carretera de sentido único, tienen que tener un ancho de 5.5 metros.
- Las puertas para peatones tienen que tener un ancho mínimo de 2 metros.
- Todas las intersecciones en ángulo recto tienen que tener al menos 17 metros de radio.
- Si es posible, todo el tráfico debería circular en el sentido opuesto a las agujas del reloj porque para los camiones los giros a la izquierda son mas fáciles y seguros de realizar que los giros a la derecha, si es que el volante esta a la izquierda de la cabina.
- Las áreas de espera de camiones deberían ser situadas adyacentes a las áreas de estacionamiento de las dársenas y con suficiente espacio para alojar el máximo numero planificado de camiones esperando a ser cargados/descargados a cualquier hora.

Considerando estas líneas generales, el flujo de los camiones en el recinto del almacén puede ser establecido.

Para las necesidades de espacio de las propias dársenas, se distinguen dos tipos; las dársenas a 90 grados y las dársenas estilo dedo. Hay que tener especial cuidado para asegurar el espacio adecuado para las dársenas a 90 grados, los requerimientos mínimos de espacio en este tipo de dársena viene dados en la siguiente tabla.

Longitud del camión (m)	Ancho de la dársena (m)	Longitud de Estacionamiento en Profundidad (m)
12	3	13.8
	3.6	12.9
	4.2	12
13.5	3	15.6
	3.6	14.7
	4.2	13.8
15	3	18
	3.6	17.1
	4.2	16.2
16.5	3	19.5
	3.6	18.9
	4.2	17.5
	3	21.6

18	3.6	18.9
	4.2	18

Tabla 6. Requerimientos mínimos de espacio para dársenas a 90 grados.

Si no se dispone de suficiente espacio para cumplir estos requerimientos se debe recurrir a las dársenas estilo dedo. Como se puede apreciar en las tablas, las dársenas a 90 grados requieren un mayor espacio en profundidad, pero menor anchura.

Ancho de la dársena (m)	ángulo de la dársena (grados)	Longitud de Estacionamiento en Profundidad (m)	Ancho de la bahía (m)
3.5	10	16.5	21.5
4	10	16	22
4.5	10	15.5	22.5
3.5	30	25.5	20.5
4	30	24.5	21
4.5	30	23.5	22
3.5	45	31.5	17.5
4	45	30.5	18
4.5	45	29	19

NOTA: Estos valores son de un camión de 18 m.

Tabla 7. Necesidades mínimas de espacio en dársenas de dedo para un camión de 22.5 metros.

En general las dársenas de 90 grados requieren mas espacio de maniobra en el exterior del recinto, para dar la vuelta a los camiones, sin embargo las dársenas de dedo requieren mas espacio de maniobra interior. Debido a que el espacio exterior suele ser más barato de construir y mantener que el interior, las dársenas a 90 grados deben ser planificadas como primera opción, cuando se tienen que usar dársenas de dedo, se debe procurar usar el mayor ángulo de dedo posible, para minimizar la distancia entre las dársenas.

Incluso aunque el ancho de 3.5 metros sea adecuado para alojar y operar camiones, para prevenir accidentes potenciales y aumentar el espacio de maniobra se recomienda usar un ancho mínimo de 4 metros. Excepciones existen para dársenas cuya ocupación diaria es total, donde se recomienda el uso de anchos de 4.5 metros, por seguridad y mejor maniobrabilidad de los equipos.

La totalidad del espacio exterior a la instalación para maniobras de camiones puede ser determinado siguiendo la siguiente secuencia:

1. Determinar el número de dársenas necesarias.
2. Determinar el dibujo del flujo de camiones en la instalación.
3. Determinar si dársenas de 90 grados pueden ser usadas, si no, seleccionar el mayor ángulo de dedo posible para el espacio disponible.

4. Especificar el ancho de las dársenas.
5. Determinar por las tablas, la longitud de estacionamiento y el ancho de la bahía si fuese necesario.
6. Establecer la totalidad de necesidades de espacio por la distribución del espacio determinado en 5 para el número de dársenas determinado en 1.

Determinación de las necesidades de espacio interior en el área de recepción/salida.

Se estudian ahora las necesidades de espacio en el interior de la nave para estas dos funciones en conjunto, pues muchas de las tareas de recepción se repiten en la salida de mercancías y dependiendo de la forma de gestión y control que se emplee, muchos de los espacios asignados a recepción pueden ser utilizados también para las salidas, se deben incluir también como necesidades:

- Servicios para el personal. (área de descanso, aseos...).
- Oficinas y zonas de control.
- área de mantenimiento de los equipos de manipulación de mercancías.
- Depósitos de basura.
- área de almacenamiento temporal de pallets vacíos y material de empaquetado como son cajas de cartón, cinta adhesiva, rollos de burbuja para embalar..., por si hay que paletizar, empaquetar o reempaquetar la mercancía en el almacén.
- área de descanso y espera para los camioneros, dotada de aseos y duchas. (puede ser la misma que para los empleados, u otra independiente).
- Zonas de protección y pasillos libres de tránsito de vehículos y carretillas.
- Suficiente área de maniobra para los equipos de manipulación de mercancías.
- Zona de retención para chequear la carga de entrada/salida.
- Zonas de Control o de espera de salidas.

Las áreas de descanso son lugares donde los operarios, los camioneros y demás personal en el almacén pueden parar su actividad laboral durante los tiempos permitidos y relajarse, deben estar dotadas de medios de aseo, sillas, mesas y demás mobiliario que permita sentarse y poder tomar un café o comer algo. Estas áreas se calculan como un mínimo de 50 m² para instalaciones de 6 o menos muelles y con 8.5 m² por cada dársena para instalaciones con más de 6 dársenas. Las áreas de descanso para los camioneros deben ser de fácil acceso para estos desde los muelles y donde tengan una buena visión de las operaciones de carga/descarga de los camiones para supervisarlas en caso necesario.

Las zonas de retención son áreas dentro del departamento de recepción de la instalación donde los materiales sacados de los camiones son posicionados hasta que son despachados, si el procedimiento operativo del almacén requiere inspecciones de la carga, etiquetados...estas áreas son necesarias. Si los procedimientos del almacén suponen que la carga va directamente al área de reserva, no es necesario planificar esa área.

De la misma manera, las áreas de control de salidas, o de espera, son zonas en las que la carga es posicionada y chequeada antes de ser cargada en los camiones, si la carga es introducida en los camiones directamente desde el área de reserva, esta zona pierde su sentido por lo que no es necesaria introducirla.

Tanto las zonas de retención como las áreas de espera de salidas deben ser suficientes para alojar la carga traída o llevada por un camión en cada muelle, 33 pallets. Los costes de estas zonas suelen ser comparados con los costes de carga y descarga de camiones para encontrar la cantidad adecuada de espacio mínimo, si se ha empleado simulación para calcular el número de dársenas, se debe emplear también para calcular estos costes.

El espacio de maniobra requerido por los elementos de manipulación de mercancías es proporcionado entre la parte de atrás de la dársena y la zona de retención o espera, este espacio dependerá del tipo de equipo usado para cargar/descargar las mercancías, según se puede observar en la siguiente tabla.

Equipo de manipulación de mercancías usado	Espacio mínimo de Maniobra necesario (m)
Tractor	4.5
camión de Plataforma	4
Carretilla Contrapesada	3.6
Carretilla Estrecha	3
Transpallet Eléctrico	2.5
Carretilla de Mano de 4 ruedas	2.4
Carretilla de Mano de 2 ruedas	1.8
Carretilla Manual	1.5

Tabla 8. Mínimo espacio de maniobra requerido.

- ❖ **Almacenamiento.** Se va a planificar las necesidades de espacio en el almacén de forma que se puedan guardar todas las mercancías requeridas cumpliendo los cinco objetivos expuestos en apartados anteriores y que se recuerdan aquí, son:
 - Maximizar la utilización del espacio disponible.
 - Maximizar la utilización de los equipos disponibles.
 - Maximizar el trabajo de los operarios.
 - Maximizar la accesibilidad de todos los materiales.
 - Maximizar la protección de todos los materiales.

Anteriormente se distinguió entre zona de reserva y zona de despacho de ordenes o picking, para la planificación de las necesidades de espacio requerido por cada zona se siguen los mismos parámetros, lo único que puede cambiar es la unidad de carga, que

en el almacén de reserva suele ser el pallet, y en la zona de despacho suele ser alguna mas manejable como cajas de elementos, elementos sueltos, packs...

Planificación y cálculo del espacio de almacenes.

Para poder planificar bien las necesidades de espacio se debe saber, que se tiene que almacenar y en que cantidad, estos son los datos de entrada en este problema, se pueden obtener mediante la realización de hojas de análisis de almacén como se muestra en la siguiente figura, o por medio de informes informatizados en el caso de utilizar este sistema:

Descrip	Unid Carga			Cantidad.Almacenada			Espacio de almacén			
	Tipo	Capac	Tam	Peso	Max	Media	Planif	Método	Esp.Stand	Área(m2)

Figura 2.4 Carta de análisis de almacén.

Las primeras cinco columnas de este documento pueden ser obtenidas directamente de los documentos de entrada de mercancías, si los materiales son almacenados de la misma forma que son recibidos, es decir, no se les reempaqueta, agrupa o subdivide. Por el contrario, si son hechos cambios en la unidad de carga tras ser recibidos, estos deben ser reflejados en este documento.

En el caso de existir ya la instalación y no contar con este sencillo documento de planificación, se pueden obtener los datos para las primeras columnas mediante un estudio visual de las mercancías almacenadas.

Las cantidades máximas y medias de unidades de carga almacenadas están directamente relacionadas con el método de control de inventario, estas cantidades deberán ser conocidas a priori como entradas en la planificación de la instalación y serán proporcionadas por la función de control de inventarios escogida, en nuestro caso vienen dadas en la tabla del anexo A.

El número planificado de unidades de carga a almacenar por cada referencia debe ser calculado considerando la planificación de las recepciones de material y el método escogido de asignación de localizaciones en almacén, así distinguimos dos formas:

- Si todos los materiales a almacenar de una particular manera llegan a la vez, la cantidad planificada coincidirá con el máximo de unidades de carga que llegan.
- Si los materiales a almacenar de una determinada forma llegan escalonadamente a lo largo de un periodo de tiempo, el método de asignación

de materiales a localizaciones de almacén determinara la cantidad planificada de cada uno de ellos.

Una vez se sepan el número de unidades a almacenar, el siguiente paso es calcular el espacio necesario por pallet y opción de almacenamiento escogida, cada una de las alternativas de módulos de almacenamiento pueden contener diferentes números de pallets y necesitan diferentes cantidades de espacio en la instalación, por ello, para cada modulo, espacio de suelo, número de pallets almacenados, requerimientos de pasillos de trabajo y asignación de cruces de pasillos necesitan ser estudiados para determinar cuanto espacio es necesario por cada posición de pallet. La secuencia de cálculo del espacio por hueco para pallet se muestra a continuación:

1. **Profundidad de Almacenaje por Hueco.** Se calcula sumando la profundidad del pallet utilizado como unidad de almacenamiento a una tolerancia de 7.6 cm por cada lado. Esta tolerancia puede variar dependiendo de la holgura de espacio y el voladizo de la carga. Ver figura 2.5.
2. **Anchura de Almacenaje por Hueco.** Se distingue entre:
 - Almacenaje en el suelo y racks drive-in: Un mínimo de 1.12 metros.
 - Almacenaje en el resto de racks de pallets: Anchura del pallet (0.8 metros) más 0.19 metros entre los dos lados de las vigas del rack, en total alrededor de un metro sin contar el ancho del rack. Ver figura 2.5.
3. **Espacio por Hueco.** La ecuación resulta: Número de huecos en profundidad en la línea de almacenaje por la profundidad por hueco calculada en 1, a esto se le suma la mitad del ancho del pasillo de trabajo y se multiplica todo por el ancho de hueco calculado en 2. Ahora se multiplica todo otra vez por 1.2 que es el coeficiente de corrección al asignar los cruces de pasillos y ahora el resultado se divide por el número de huecos en profundidad de la línea de almacenaje y el número de huecos en altura del sistema de almacenaje escogido.
4. **Consideraciones Especiales.** En el caso de usar alternativas de pasillos de trabajo muy estrechos el coeficiente a utilizar por asignación de cruces es 1.25 en vez de 1.2.

Para racks de flujo de pallets, se debe utilizar el total del ancho de pasillo de trabajo en vez de la mitad, pues estos rack no permiten la configuración de módulos espalda con espalda.

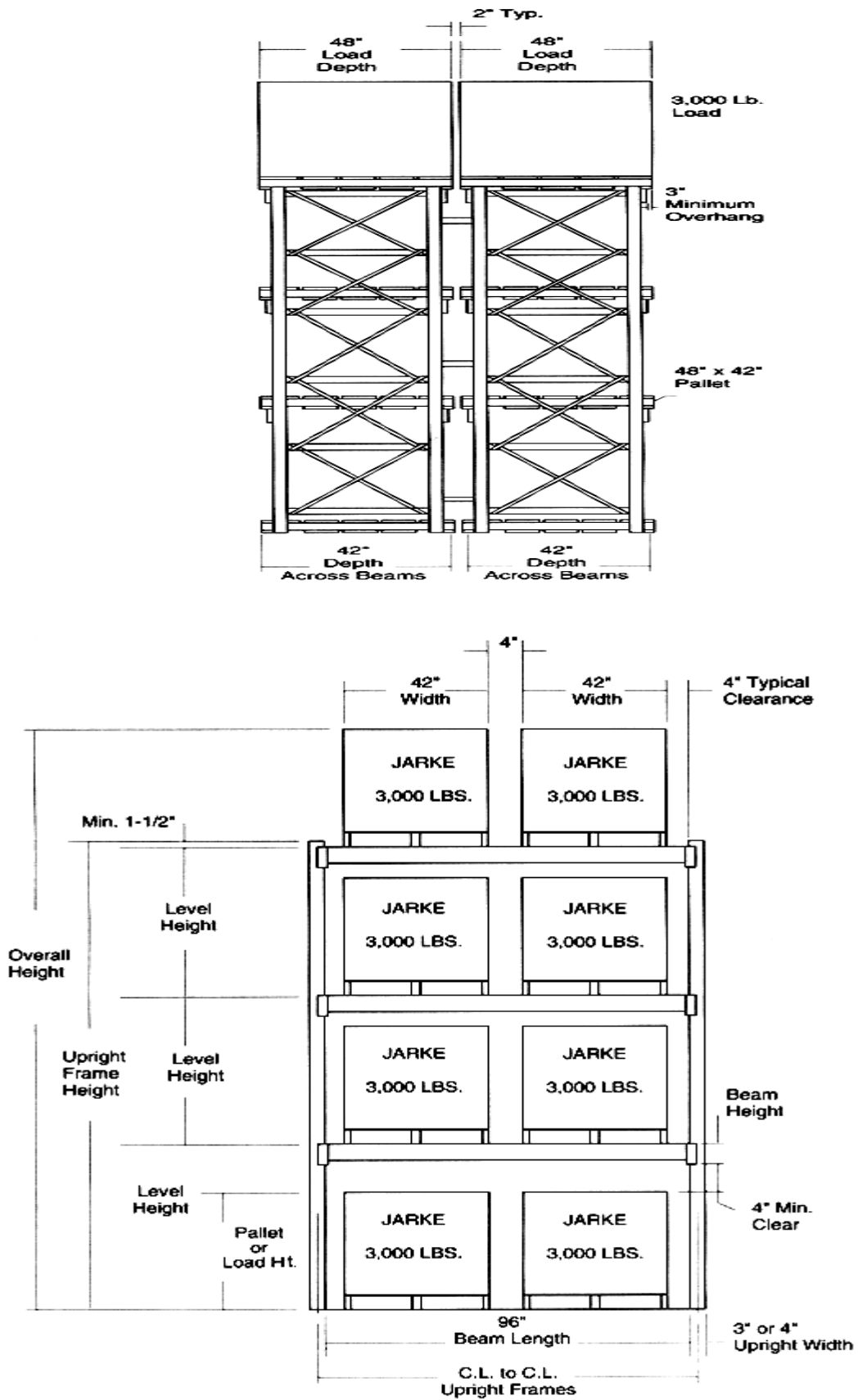


Figura 2.5 Distancias y holguras típicas en los racks a lo largo y a lo ancho.

Se va a realizar un ejemplo para poner de manifiesto estos conceptos: Se quiere calcular el espacio por posición necesario en un rack doble con cinco niveles de altura para pallets de 1200x800 mm (standard europeo) y un pasillo de trabajo de 10 pies (3.3 metros).

Datos:

Profundidad de la línea de almacenamiento = 2 pallets (Rack doble).

Altura del rack = 5 pallets.

Ancho pallet = 0.8 metros

Profundidad del pallet = 1.2 metros.

Pasillo de trabajo = 3.3 metros.

Cálculos:

Profundidad por hueco => 0.8 metros + 0.076 tolerancia = 0.876 metros.

Anchura del hueco (Rack de pallets) => 1.2 metros + 0.19 holgura = 1.39 metros.

Mitad del pasillo de trabajo => 3.3/2 = 1.65 metros.

$$[(2 \times 0.876) + 1.65] \times 1.39 \times 1.2 / 2 / 5 = 0.562116 \text{ metros}^2 / \text{pallet}$$

Una vez se tiene un cuadro con estos datos para cada tipo de sistema de almacenamiento se puede saber el espacio total a utilizar por el mismo, dándonos una primera aproximación del área de almacenamiento de reserva, aunque también se puede aplicar al área de picking si lo hay.

Sist de Almacenam	Huecos Prof	Huecos Alt	Esp / pallet (m ²)
Almacenamiento Suelo	1	2	3.07
Almacenamiento Suelo	1	3	2.05
Almacenamiento Suelo	1	4	1.53
Almacenamiento Suelo	2	2	2.17
Almacenamiento Suelo	2	3	1.45
Almacenamiento Suelo	2	4	1.08
Almacenamiento Suelo	3	2	1.87
Almacenamiento Suelo	3	3	1.25
Almacenamiento Suelo	3	4	0.93
Almacenamiento Suelo	4	2	1.72
Almacenamiento Suelo	4	3	1.15
Almacenamiento Suelo	4	4	0.86
Almacenamiento Suelo	5	2	1.63
Almacenamiento Suelo	5	3	1.08
Almacenamiento Suelo	5	4	0.82
Almacenamiento Suelo	6	2	1.57

Almacenamiento Suelo	6	3	1.05
Almacenamiento Suelo	6	4	0.78
Almacenamiento Suelo	7	2	1.53
Almacenamiento Suelo	7	3	1.02
Almacenamiento Suelo	7	4	0.76
Almacenamiento Suelo	8	2	1.50
Almacenamiento Suelo	8	3	1.00
Almacenamiento Suelo	8	4	0.75
Almacenamiento Marcos	3	4	0.93
Almacenamiento Marcos	4	4	0.86
Almacenamiento Marcos	5	4	0.82
Almacenamiento Marcos	6	4	0.78
Almacenamiento Marcos	7	4	0.76
Almacenamiento Marcos	8	4	0.75
Drive-in Rack	3	4	0.93
Drive-in Rack	4	4	0.86
Drive-in Rack	5	4	0.82
Drive-in Rack	6	4	0.78
Drive-in Rack	7	4	0.76
Drive-in Rack	8	4	0.75
Push-Back Rack	2	4	0.91
Push-Back Rack	3	4	0.80
Push-Back Rack	4	4	0.74
Push-Back Rack	5	4	0.71
Push-Back Rack	2	5	0.73
Push-Back Rack	3	5	0.64
Push-Back Rack	4	5	0.60
Push-Back Rack	5	5	0.56
Push-Back Rack	2	6	0.61
Push-Back Rack	3	6	0.53
Push-Back Rack	4	6	0.50
Push-Back Rack	5	6	0.47
Rack de Flujo Pallets	2	4	1.23
Rack de Flujo Pallets	3	4	1.06
Rack de Flujo Pallets	4	4	0.94
Rack de Flujo Pallets	5	4	0.87
Rack de Flujo Pallets	6	4	0.83
Rack de Flujo Pallets	7	4	0.80
Rack de Flujo Pallets	8	4	0.77
Rack de Flujo Pallets	2	5	0.98
Rack de Flujo Pallets	3	5	0.84
Rack de Flujo Pallets	4	5	0.75
Rack de Flujo Pallets	5	5	0.70
Rack de Flujo Pallets	6	5	0.66
Rack de Flujo Pallets	7	5	0.64

Rack de Flujo Pallets	8	5	0.62
Rack de Flujo Pallets	2	6	0.82
Rack de Flujo Pallets	3	6	0.67
Rack de Flujo Pallets	4	6	0.61
Rack de Flujo Pallets	5	6	0.56
Rack de Flujo Pallets	6	6	0.53
Rack de Flujo Pallets	7	6	0.51
Rack de Flujo Pallets	8	6	0.50
Rack Doble	2	4	0.94
Rack Doble	2	5	0.75
Rack Doble	2	6	0.63
Rack Simple (ContraP)	1	4	1.41
Rack Simple (Carr Estre)	1	4	1.23
Rack Simple (Carr Estre)	1	6	0.82

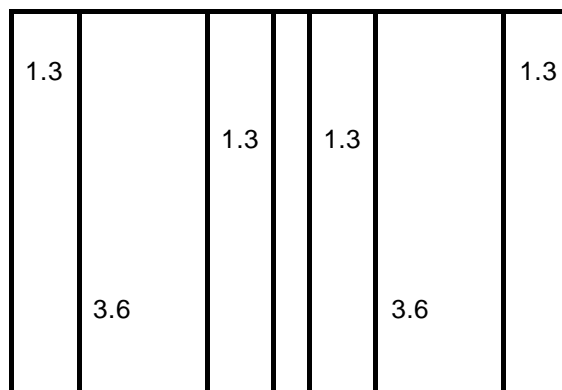
Tabla 9. Requerimientos de espacio de almacenaje por posición de pallet en metros² usando 10% coeficiente de seguridad en huecos libres.

Esta tabla nos muestra la media de espacio requerido por pallet almacenado, a partir de esta tabla es posible calcular la profundidad de la línea de almacenamiento para un determinado elemento.

Cálculo de la pérdida de espacio por honeycombing y pasillos de trabajo.

Una vez es calculada la cantidad planificada de unidades a almacenar y el método de almacenamiento es escogido, para cada uno de ellos, se puede saber la cantidad de espacio de almacenaje que van a ocupar los racks, ahora se debe conocer la perdida de espacio dedicada a los pasillos de trabajo y al panal, o honeycombing, para el primer caso se utiliza un ejemplo por claridad.

Se supone que una carretilla contrapesada es la que va a trabajar dentro del área de reserva para llevar y traer los pallets de un rack simple, según la tabla 8, se necesita un mínimo de 3.6 metros de ancho en los pasillos. El rack simple va a tener 1.3 metros de profundo cada línea, 0.3 metros de separación entre líneas espalda con espalda y 12 metros de largo. La distribución en planta se puede apreciar en la siguiente figura.



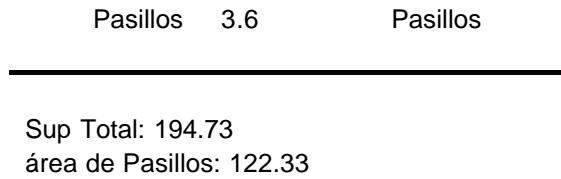


Figura 2.6 Cálculo del porcentaje de suelo destinado a pasillos.

Como se muestra en la figura 2.6, el 64% del total de área de almacenaje ($194.73 \text{ m}^2 = 12.7 \times 15.6$) esta dedicada a pasillos ($42.33 + 80 = 122.33 \text{ m}^2$).

Por honeycombing se entiende el espacio desperdiciado o perdido cuando una parte de las filas de pallets en el suelo o racks no puede ser utilizado porque al añadir otros materiales nuevos se bloquearían los antiguos impidiéndose su uso, en las figuras 2.7.x se muestra un ejemplo de honeycombing, este efecto se debe calcular por modelos analíticos, un conjunto de ellos se pueden encontrar en el libro desarrollado por Tompkins *et al* [2].

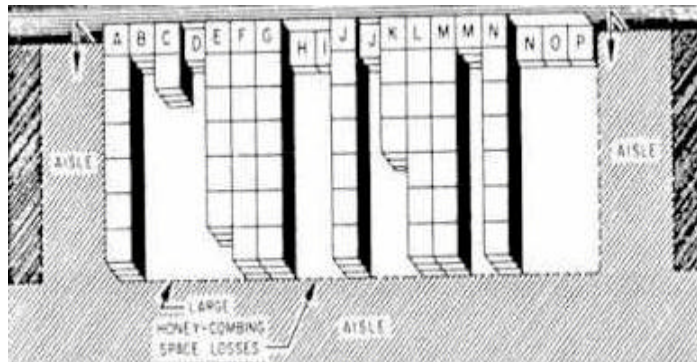


Figura 2.7.1. Ejemplo de Honeycombing.

En la figura 2.7.1. Se muestra una distribución de pallets en almacenamiento en el suelo por filas, convencional, se aprecia la gran cantidad de espacio perdido por honeycombing.

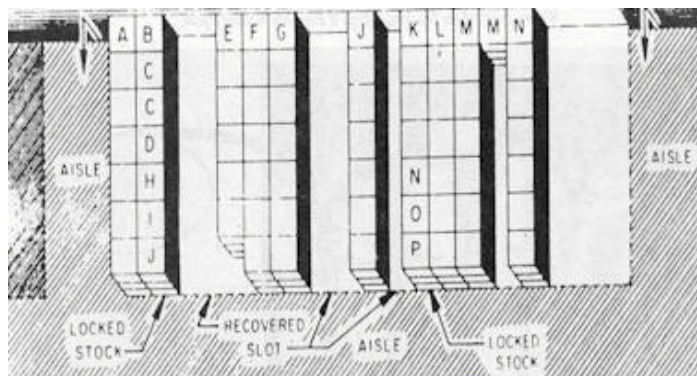


Figura 2.7.2. Ejemplo de Honeycombing

En la figura 2.7.2. se muestra una primera reorganización del espacio de almacenamiento en el suelo con una significativa reducción del espacio perdido por honeycombing.

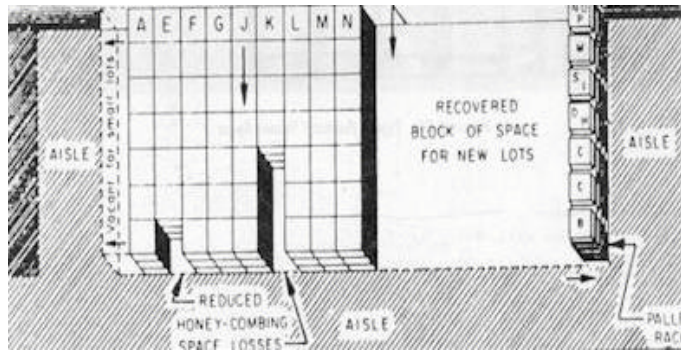


Figura 2.7.3. Ejemplo de espacio perdido por honeycombing.

En la última figura, se aprecia el máximo espacio recuperado al eliminar todo el honeycombing mediante una distribución adecuada de las mercancías según tamaños de lotes.

Una vez que se tienen estos datos, se puede definir claramente el **Estándar de Espacio**, que no es más que los requerimientos de volumen por unidad incluyendo honeycombing y pasillos de trabajo. Multiplicando este dato por la cantidad planificada de mercancías por elemento, se determina la cantidad de espacio que requiere cada elemento y sumando estas cantidades se obtiene la cantidad de espacio requerida en la zona de almacenaje. Uniendo a esto las cantidades de espacio requeridas por las funciones de recepción y salida, oficinas, mantenimiento, basuras, servicios de la planta, se calcula la cantidad total de espacio requerido por el almacén.

II. elección del sistema de almacenamiento y equipos de manipulación de mercancías.

Cuando se planifica un nuevo almacén o se amplía u optimiza la capacidad de almacenamiento de uno ya existente, las principales decisiones deben ser hechas sobre que configuración de sistema de almacenamiento de pallets, o que combinación de configuraciones debería ser instalada, existen muchas posibilidades sin embargo, una o unas pocas serán las mejores a elegir según las necesidades de negocio de la empresa.

Muchas empresas eligen el sistema de almacenamiento que requiere una menor inversión y es la más económica de operar sin considerar otras opciones o alternativas, alternativas que requieren más inversión inicial pero que a la larga ofrecen ahorros operacionales, los cuales se traducen en un aceptable periodo de amortización de dichas inversiones y en reducción de costes.

Todas las alternativas cuantitativas en liza deben examinarse desde puntos de vista cualitativos antes de tomar la decisión final de instalarla, los factores cualitativos a tener en cuenta incluyen:

- Flexibilidad.
- Facilidad de operación.
- Compatibilidad con otras operaciones
- Aceptación por parte de los operarios.
- Facilidad de implementación.

Las principales inversiones a realizar en los sistemas de almacenamiento de mercancías son:

- Costes de construcción del nuevo edificio o ampliación del viejo, en según que caso.
- Costes de compra de los módulos de almacenamiento (racks).
- Costes de compra de los equipos de manipulación y accesorios.

Si el edificio esta siendo alquilado, los costes de construcción o ampliación se sustituyen por los de arrendamiento o alquiler, llegando a ser parte de los costes de operación. Los principales costes de operación son:

- Coste anual del espacio. Caso de ser alquilado.
- Coste anual de la mano de obra. Los operarios.
- Coste anual del mantenimiento de las instalaciones y equipos.

En estas instalaciones, deben considerarse también el periodo de arrendamiento, especialmente si se van a instalar equipos estáticos caros como pueden ser sistemas automatizados AS/RS.

	Alm Suelo	Alm Marcos	Rack Simple	Rack Doble	Rack Drive-in	Rack Flujo	Rack Push-Back	Rack Movil	Estanterías Cantilever
Coste por posición	n/a	50e	40e	50e	65e	200e	150e	250e	
Densidad Potencial de Alm	A	B	D	C	B	B	B	A	B
Acceso Carga	F	F	A	C	B	B	A	F	A
Capacidad Rendimiento	B	D	B	C	C	A	C	F	C
Control de Inventario	F	F	A	C	D	C	C	D	B
FIFO	F	F	A	C	D	A	C	C	A
Posibilidad Almacenam dif tam de carga	A	D	C	C	D	F	C	C	B
Facilidad de instalación	A	A	C	C	C	F	C	F	B

Tabla 10. Cuadro comparativo de sistemas de almacenamiento.

El siguiente diagrama de flujo puede ser seguido como proceso de selección del sistema de almacenamiento y equipos de manipulación de mercancías:

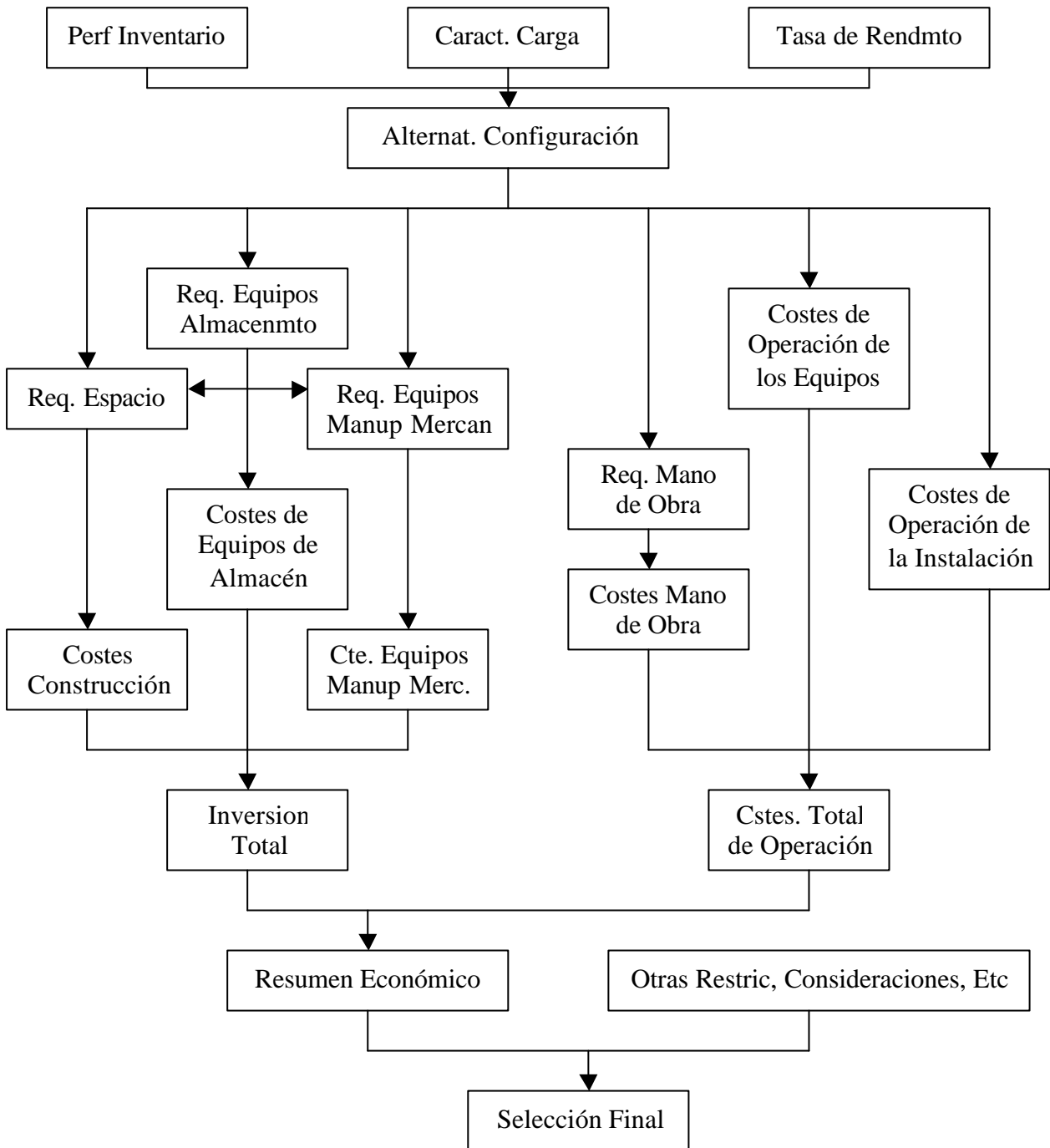


Figura 2.8 Flujo del proceso de selección de la configuración del sistema de almacenamiento y equipos.

En este diagrama se puede apreciar como a partir de los datos definidos en la etapa anterior como son la elección de las características de la carga, incluyendo la unidad de carga, el perfil de inventario, con sus rotaciones y la tasa de rendimiento, es decir los movimientos diarios, semanales... de pallets, se puede decidir, bajo consideraciones puramente

económicas, que combinación de sistemas de almacenamiento y equipos de manipulación de mercancías son necesarios para gestionar correctamente el almacén resultante.

El perfil de inventario realizado con anterioridad muestra el número de pallets que deben ser almacenados en el sistema de almacenamiento, sin embargo si el sistema es diseñado solo para almacenar ese número de pallets, no trabajara eficientemente, como ya se discutió con anterioridad, algunos huecos vacíos deben ser utilizados para almacenar día a día los picos que se produzcan en los niveles de inventario, a modo de colchón de seguridad.

A partir de este perfil de inventario y por medio de la tabla 3 se van generando las distintas alternativas de sistemas de almacenamiento para cada referencia, mas tarde se comparan para unificar alternativas y escoger la mejor en conjunto para todo el almacén.

Para cada alternativa se debe calcular su factor de utilización, pues una adecuada asignación de espacios debe ser hecha para evitar en lo posible las perdidas por honeycombing, o al menos minimizarlas. La combinación de los huecos vacíos y las perdidas por honeycombing permiten calcular el factor de utilización total.

Se expone ahora un método para calcular la media de utilización de los huecos para pallets en cada sistema de almacenamiento, así:

1. **Seleccionar un rango de inventario del perfil de inventario:** Ej: 2-5 pallets.
2. **Seleccionar un modulo de almacenamiento.** Ej: almacenamiento en el suelo de 3 en profundidad x 4 en altura, Rack doble...
3. **Calcular la utilización de los huecos por los pallets:**

$$[\text{Num pal en invent}]/\{[\text{Num de localiz requeridas en el mod alm.}]x[\text{Num de huecos en localiz}]\}$$

4. **Calcular la media de utilización de huecos de pallet por cada valor simple del inventario.** Por ejemplo, rango de 2-5, se tiene que calcular la media cuando se tienen 2 pallets, 3 pallets, 4 pallets...
5. **Calcular la media de utilización de huecos de pallets para el rango completo de inventario.**
6. **añadir el porcentaje de huecos destinado a localizaciones vacías para hacer frente a picos de inventario.** Normalmente se toma un 10%

$$[1-\% \text{ Coef seguridad huecos vacíos}] x [\text{Media de utiliz huecos para rango de invent.}]$$

Se ilustran a continuación estos conceptos con un ejemplo práctico:

Se supone que se quiere calcular la media de utilización de los huecos disponibles para un rango de inventario de 2-5 pallets a almacenar en un rack doble con un coeficiente de seguridad de asignación de localizaciones vacías del 10%. así:

Datos:

Rack doble, numero de huecos por localización es 2.
 Rango de inventario es 2-5.
 Coef seguridad es 10%.

Cálculos:

Para caso de 2 en rango de inventario.

Si tengo 1 pallet: $1 \div (1 \times 2) = 50\%$
 Si tengo 2 pallets: $2 \div (1 \times 2) = 100\%$
 Media de utilización: **75%**

Para el caso de 3 en rango de inventario.

Si tengo 1 pallet: $1 \div (1 \times 2) = 50\%$
 Si tengo 2 pallets: $2 \div (1 \times 2) = 100\%$
 Si tengo 3 pallets: $3 \div (2 \times 2) = 75\%$
 Media de utilización: **75%**

Para el caso de 4 en rango de inventario.

Si tengo 1 pallet: $1 \div (1 \times 2) = 50\%$
 Si tengo 2 pallets: $2 \div (1 \times 2) = 100\%$
 Si tengo 3 pallets: $3 \div (2 \times 2) = 75\%$
 Si tengo 4 pallets: $4 \div (2 \times 2) = 100\%$
 Media de utilización: **81%**

Para el caso de 5 en rango de inventario.

Si tengo 1 pallet: $1 \div (1 \times 2) = 50\%$
 Si tengo 2 pallets: $2 \div (1 \times 2) = 100\%$
 Si tengo 3 pallets: $3 \div (2 \times 2) = 75\%$
 Si tengo 4 pallets: $4 \div (2 \times 2) = 100\%$
 Si tengo 5 pallets: $5 \div (3 \times 2) = 83\%$
 Media de utilización: **82%**

Se calcula la media total del rango de inventario: $75\%, 75\%, 81\%, 82\% = 78\%$

Se aplica ahora el coeficiente de seguridad: $78 \times (1 - 10) = 70\%$

70% es la media de utilización del rack doble para ese perfil de inventario aplicando coeficiente de seguridad para hacer frente a los picos de inventario.

Este cálculo es útil para saber si los sistemas de almacenamiento pre-escogidos trabajaran a unos niveles de utilización rentables, si el nivel de utilización es bajo, es porque ese sistema de almacenamiento no es apropiado para almacenar ese lote de producto concreto, este análisis es como una comprobación de los sistemas escogidos.

En la siguiente tabla se han calculado en función del rango de perfil de inventario los factores de utilización de diversos rack, así:

Tipo de Alm.	Prof.	Altura	Factor de utilización
Suelo	1	2	45% - 70%
Suelo	1	3	30% - 57%
Suelo	1	4	23% - 63%
Suelo/Drive-in	2	2	48% - 63%
Suelo/Drive-in	2	3	54%- 64%
Suelo/Drive-in	2	4	47% - 58%
Suelo/Drive-in	3	2	54%- 64%
Suelo/Drive-in	3	3	56% - 68%
Suelo/Drive-in	3	4	50% - 63%

Suelo/Drive-in	4	2	58% - 70%
Suelo/Drive-in	4	3	63% - 73%
Suelo/Drive-in	4	4	58% - 69%
Suelo/Drive-in	5	2	66% - 75%
Suelo/Drive-in	5	3	59% - 70%
Suelo/Drive-in	5	4	66% - 75%
Suelo/Drive-in	6	2	63% - 84%
Suelo/Drive-in	6	3	68% - 82%
Suelo/Drive-in	6	4	63% - 80%
Suelo/Drive-in	7	2	71% - 83%
Suelo/Drive-in	7	3	65% - 81%
Suelo/Drive-in	7	4	71% - 79%
Suelo/Drive-in	8	2	69% - 83%
Suelo/Drive-in	8	3	72% - 80%
Suelo/Drive-in	8	4	69% - 78%
Flujo pallet/PB			
Rack	2	-	70% - 82%
Flujo pallet/PB			
Rack	3	-	70% - 89%
Flujo pallet/PB			
Rack	4	-	63% - 88%
Flujo pallet/PB			
Rack	5	-	65% - 87%
Rack Flujo pallet	6	-	64% - 87%
Rack Flujo pallet	7	-	72% - 86%
Rack Flujo pallet	8	-	70% - 87%
Rack Doble	2	-	78% - 89%
Rack Simple	1	-	90%

Tabla 11: Rangos de Factores de utilización para varios tipos de sistemas de almacenamiento.

Los factores de utilización se usan para calcular las necesidades de equipos de almacenaje, **el número total de pallets a almacenar dividido por el factor de utilización del sistema de almacenaje escogido nos da el número de posiciones requeridas para ese elemento.**

La selección de los equipos de manipulación de mercancías esta estrechamente ligada a la selección de los sistemas de almacenamiento, por lo que una vez decididos que sistemas de almacenamiento se van a usar, se puede decidir que tipos de equipos los van a servir en función de sus características técnicas, y su precio.

El cálculo de las necesidades de equipos de manipulación de mercancías va a depender de la tasa de rendimiento y el tiempo de manipulación de mercancías, a su vez tiene estrechamente asociado, las necesidades de personal para manejarlos en la instalación, el calculo del numero de unidades de manipulación de mercancías y personal corresponde a las decisiones del nivel táctico y por lo tanto se verán más adelante.

Los datos de mercancías a almacenar están en el anexo A de este trabajo, los datos sobre los mejores equipos a utilizar para el almacenaje en función del tamaño del lote están dados

en la tabla 3 y los datos económicos para escoger las alternativas más adecuadas se van a exponer a continuación, los costes a tener en cuenta son:

Coste del Espacio. Se trata de una parte de costes de capital si se habla de un almacén de nueva construcción, si la instalación ya existe, el coste del espacio pertenecerá a los costes de operación. Los costes de construcción dependen de la altura y localización del almacén y son expresados normalmente en euros por metro cuadrado exclusivo de terreno, estos costes se pueden obtener de constructores locales, arquitectos...incluyendo por supuesto los costes de los sistemas contraincendios y de seguridad.

Costes de los equipos de almacenamiento. Se pueden obtener de los fabricantes de racks, dependerán de la cantidad, capacidad, de la instalación de los mismos y la localización del almacén pues puede afectar al transporte y las tasas...antes de hablar de precios, los fabricantes necesitan una serie de datos incluyendo:

- Tipo de Rack a contratar. Simple, doble...
- Número de filas de almacenamiento.
- Altura y profundidad.
- Longitud de los travesaños o largueros de carga.
- Número de pallets en profundidad.
- Peso de la carga.
- Número de pallets por cada par de largueros de carga.

Algunos ordenes de magnitud en costes por posición de pallet de varios tipos de racks son:

- Rack simple: 35 – 50 euros.
- Rack doble: 40 – 55 euros.
- Rack drive-in (2 en profundidad): 65 – 80 euros.
- Rack drive-in (3 en profundidad): 55 – 75 euros.
- Rack drive-in (4+ en profundidad): 45 – 60 euros.
- Push-Back Rack (2 en profundidad): 90 – 110 euros.
- Push-Back Rack (3 en profundidad): 125 – 135 euros.
- Push-Back Rack (4 en profundidad): 145 – 155 euros.
- Push-Back Rack (5 en profundidad): 165 – 175 euros.
- Rack de flujo de pallet (2 en profundidad): 100 – 150 euros.
- Rack de flujo de pallet (3+ en profundidad): 250 – 350 euros.
- Almacenamiento en suelo con marcos: 80 – 110 euros.

Costes de los equipos de manipulación de mercancías. Ya se ha visto que hay muchísimos tipos de carretillas y equipos de manipulación de mercancías, la información que los vendedores necesitan antes de hacer sus ofertas incluye:

- ❖ Descripción operacional. Tareas básicas, horas de operación...
- ❖ Tipo de sistema de almacenamiento con los que se va a operar.
- ❖ Niveles de altura.
- ❖ Carga máxima por carretilla.

- ❖ Accesorios especiales necesarios.
- ❖ Eléctricos o de motor de combustión, carga de baterías o cambio de las mismas.

Algunos costes de equipos de manipulación incluyendo baterías y cargas son:

- ❖ Carretilla contrapesada: 20.000 – 30.000 euros.
- ❖ Carretilla elevadora: 23.000 – 33.000 euros.
- ❖ Carretilla elevadora en profundidad: 26.000 – 35.000 euros.
- ❖ Transelevador: 65.000 – 95.000 euros.
- ❖ Carretillas de mástil pivotante: 60.000 – 80.000 euros.
- ❖ Carretilla articulada: 45.000 – 65.000 euros.

Costes de operación. Estos costes son:

- ❖ Mano de Obra.
- ❖ Coste del Espacio (para instalaciones alquiladas)
- ❖ Costes de operación de los equipos (mantenimiento de los equipos, baterías...)
- ❖ Costes de operación de la instalación (luz, agua, saneamientos, limpieza, ...)

Estos datos económicos nos van a servir para confeccionar el presupuesto de la instalación y comparar las alternativas a tratar, una mayor y mas exacta información sobre precios se puede encontrar en las paginas web de los distintos fabricantes, dentro de cada categoría existen muchos tipos y precios diferentes.

c) NIVEL TÁCTICO:

A este nivel corresponden las decisiones que tienen que ver con el dimensionamiento y distribución en planta de las zonas que van a formar parte de nuestro almacén, una vez hecha la selección definitiva de los sistemas de almacenamiento de mercancías y la elección del tipo de equipos de manipulación de mercancías a utilizar en cada área, también a este nivel corresponde el calculo del numero de unidades de manipulación de mercancías, y la elección de la política de almacenamiento a seguir, no el método de asignación de localizaciones vacías a mercancías, que corresponde al nivel operacional.

Los objetivos a cumplir por la planificación de la distribución en planta de los sistemas incluidos en un almacén son:

1. Utilizar el espacio de modo efectivo.
2. Posibilitar un eficiente manejo de materiales.
3. Minimizar el coste de almacenaje a la vez que se ofrecen niveles aceptables de servicio.
4. Proporcionar la máxima flexibilidad.
5. Mantener el orden del entorno.

En primer lugar se va a exponer un método para calcular el numero de unidades de manipulación de mercancías necesario, luego se estudiara las distintas políticas de almacenamiento que se pueden usar y que ayudan para la distribución en planta del almacén y

finalmente para realizar esa distribución, se harán además algunas consideraciones sobre la colocación de las columnas o pilares de la instalación, así:

- I. Para calcular el número de unidades de manipulación de mercancías en cada sistema de almacenamiento considerado se usa la siguiente ecuación:

(Tasa de Rendmto diaria * tiempo de manipulación)/tmpo disponible para manip Und día

Para calcular el tiempo de manipulación por unidad cargada, que depende del tamaño de la instalación, los módulos de almacenamiento usados y los equipos de manipulación de mercancías, para cada alternativa, se debe asignar los adecuados valores de tiempo a cada elemento, esos valores pueden ser obtenidos usando estándares predeterminados procedentes de fuentes reconocidas como puede ser los datos publicados de tiempos de manipulación de materiales por el Ministerio de Defensa de EEUU, de fabricantes o de estudios actuales. Estos elementos deben ser unidos junto a un coeficiente de seguridad que representa los retrasos y la fatiga del material, para conseguir ese dato, un ejemplo se muestra en la siguiente tabla.

Elementos.	Unid Medida	Num Unid	Tmpo unidad (min)	Tmpo total(min)
Coger el pallet	pallet	1	0.245	0.245
Viajar a la localiz	metros	100	0.0038	1.140
Moverse en la línea	metros	3.3	0.031	0.031
Posicionar el pallet	pallet	1	0.574	0.574
Mov fuera de la línea	pallet	1	0.15	0.15
Viaje a por otro pallet	metros	100	0.0028	0.0028
Subtotal:				3.259
15% coef seguridad por fatiga y retrasos:				0.489
Tiempo Total por pallet:				3.748

Tabla 12: Ejemplo de tiempo empleado en la manipulación de pallets.

Se debe hacer notar que las distancias a recorrer dependen del método de almacenamiento, para estimarlas se asume que todos los pallets son movidos desde justo fuera del área de almacenaje a una posición en el centro de la misma. La forma mas simple de estimar esto es estableciendo una escuadra o un bloque rectangular para cada alternativa de almacenamiento, basándonos en el área total de almacenamiento. La distancia a recorrer será la mitad de la longitud mas la mitad del ancho de ese bloque.

Por otro lado el tiempo disponible a utilizar por los equipos de manipulación de mercancías depende de cuantas horas de trabajo tenga asignada la instalación, así:

- Si sólo trabaja 8 horas al día se tiene como factor $8 \times 60 = 480$ min
- Si trabajan 2 turnos de 8 horas se usara 960 min.
- Si trabaja las 24 horas del día en tres turnos se usa 1440 min.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos medios por pallet en diversos sistemas de almacenamiento de mercancías, usando diversos tipos de equipos de manipulación de mercancías.

Sistema de Alm/Equipo utilizado	Tiempo medio por pallet (min)
2-4 Alm suelo / Drive-in Rack Carretilla Contrapesada	3.75
5-6 Alm Suelo / Drive-in Rack Carretilla Contrapesada	4.00
7-8 Alm Suelo / Drive-in Rack Carretilla Contrapesada	4.28
Rack Doble Carretilla Extensible en Prof	4.00
Rack Simple/Flujo/P.B.Rack Carretilla Contrapesada	3.63
Carretilla Estrecha	3.75
Torreta	3.00
Carretilla Extensible	1.50
AS/RS Transelevadores	2.00

Tabla 13: Tiempos medios por pallets en minutos.

Una vez calculado el número de equipos de manipulación de mercancías necesario, también se puede saber en primera aproximación, el número de operarios necesarios para gestionar la zona de almacén.

Ahora bien, el coste medio anual de la mano de obra se puede estimar en unos 24500 euros, se puede calcular el coste total por los operarios para el almacén.

- II. Para hacer la distribución en planta de los sistemas implicados en el almacén, el mejor método a seguir es realizar varias alternativas y estudiarlas entre si, comparando si cumplen todos los requisitos demandados con la menor superficie ocupada y por lo tanto al menor precio.

Para la distribución en planta es muy importante la colocación de los pilares del edificio, según como se coloquen puede tener un significativo impacto en el espacio total requerido. Para un almacenamiento adecuado y unas operaciones de manipulación de mercancías correctas, los pilares del edificio se deben colocar entre los racks configurados espalda contra espalda, es decir, en los huecos que se dejan estas configuraciones cuando termina un rack y empieza el otro, otra posibilidad es colocarlos entre los módulos o dentro de los racks, pero nunca en los pasillos.

Si el almacén es de nueva construcción, el espacio dedicado a columnas debe ser planificado con cuidado para que conecte en perfecta armonía con la distribución de los

racks y se use el espacio disponible con total eficiencia, por el contrario, si el almacén ya estaba construido, puede que no sea posible acoplar todos los módulos de almacenamiento de forma adecuada, produciéndose pasillos más anchos de lo necesario, por lo que el espacio requerido por pallet, será mayor del teórico calculado anteriormente, y habría que recalcularlo de forma correcta.

La colocación adecuada de las columnas de un almacén puede ahorrar entre un 10 y un 15% del total de espacio de almacenaje necesario.

- III. La última decisión importante en este nivel se refiere a la elección de la política de almacenamiento a seguir, se tienen varias alternativas como se ha puesto de manifiesto anteriormente, las más usadas en cierto sentido representan dos extremos opuestos de actuación, son el almacenaje aleatorio y el almacenaje dedicado, vistos en detalle en el apartado 1.3.3. del capítulo anterior.

El número de posiciones reservadas a cada elemento debe ser capaz de almacenar el máximo nivel de inventario del mismo, de echo, la cantidad planificada de carga almacenada para la política dedicada, coincide con la suma de todos los máximos de cada elemento, sin embargo en la política de almacenamiento aleatorio, la cantidad planificada de carga a almacenar requerida por el sistema será el número de aperturas necesarias para almacenar el máximo del inventario agregado para un periodo.

Normalmente el máximo de todas las unidades no se da al mismo tiempo, el almacenamiento aleatorio requerirá menor espacio que el dedicado, además, si no hay unidades de un material en el dedicado ese espacio permanece “activo” para ese material, y no puede ser ocupado por otro, eso no ocurre en el aleatorio. Se va a ilustrar esto con un ejemplo sencillo:

Se suponen seis productos distintos que son recibidos en el almacén de acuerdo a la siguiente tabla, el inventario agregado se calcula sumando las existencias de cada producto en el periodo correspondiente.

Periodo	PRODUCTOS						Agregado
	1	2	3	4	5	6	
1	24	12	2	12	11	12	73
2	22	9	8	8	10	9	66
3	20	6	6	4	9	6	51
4	18	3	4	24	8	3	60
5	16	36	2	20	7	24	105
6	14	33	8	16	6	21	98
7	12	30	6	12	5	18	83
8	10	27	4	8	4	15	68
9	8	24	2	4	3	12	53
10	6	21	8	24	2	9	70
11	4	18	6	20	1	6	55
12	2	15	4	16	24	3	64
13	24	12	2	12	23	24	97

Nivel máximo de inventario agregado 105
Suma de los niveles máximos de inventario individuales 140
Media del nivel de inventario 77.5
Mínimo nivel de inventario agregado 51

Tabla 14: Niveles de inventario para seis productos en un almacén, expresados en numero de pallets.

Con el almacén dedicado se necesita el espacio requerido para almacenar 140 pallets, sin embargo con el almacén aleatorio solo se necesitan 105 posiciones, una tercera parte menos.

Para maximizar el rendimiento cuando se usa una política de almacenamiento dedicado, cada elemento debe ser asignado en función del ratio de su actividad entre el numero de puestos vacantes asignados a ese elemento, los elementos con mayor ratio son asignados a los puestos mas accesibles y así hasta el ultimo.

Para hacer esto es importante definir ‘**actividad**’ como el numero de entradas/salidas de almacén por unidad de tiempo, no la cantidad de material movido. también es importante pensar en las familias de elementos, materiales que se piden juntos y se deben almacenar juntos.

Lograr el mayor rendimiento en el almacenamiento dedicado no se consigue tan a menudo como debería hacerse, una razón es que se requiere mucha información para planificar el sistema de gestión para su máxima eficiencia, se debe estimar muy cuidadosamente los niveles de actividad y los requerimientos de espacio, también una mayor gestión es necesaria para darse cuenta de los beneficios del sistema de almacenamiento dedicado una vez implementado.

Cuando las condiciones cambian significativamente, los artículos deben ser recolocados para conseguir el mismo nivel de beneficio, es por esto que cuando se tienen gran estacionalidad en los productos o condiciones muy dinámicas es preferible usar un almacenamiento caótico o aleatorio.

Si existen muchos elementos distintos, un sistema dedicado basado en cada elemento es inviable, en cambio, los elementos pueden ser asignados a clases o grupos según su ratio actividad-espacio. Esta forma de almacenaje dedicado, con almacenaje aleatorio dentro de las distintas clases, puede conseguir los beneficios en el rendimiento del sistema normal de almacenaje dedicado y los beneficios en el espacio proporcionados por el sistema aleatorio, dependiendo del ratio actividad-espacio, de 3 a 5 clases pueden ser definidas.

De nuevo, para ilustrar estos conceptos, se usara un ejemplo sencillo que pone de manifiesto los efectos de la política de almacenaje escogida, en el espacio y el rendimiento.

Se supone:

- Un área de almacenaje para un almacén como se muestra en la figura 2.9.
- Un único punto de entrada/salida de mercancías sirve este área.

- Todos los movimientos son con pallets llenos.
- El área de almacenaje es subdividido en huecos de 3.2 x 3.2 metros.
- Se tienen tres clases de productos: A, B, C. La clase A representa el 80% de los movimientos in/out y tiene un requerimiento de espacio dedicado de 40 huecos (20% del total de huecos). La clase B representa el 15% de I/O y tiene unos requerimientos de espacio del 30% del total disponible. La clase C representa el 5% de los movimientos y requiere el 50% del espacio.

Asumiendo que el área es servida por una carretilla contrapesada y los huecos pueden ser aproximados por distancias rectilíneas entre el muelle de entrada y el centro de cada uno, las distancias a recorrer son mostradas en la figura 2.10 se basa en el ratio de actividad entrada/salida, para el almacenamiento dedicado de estos productos la solución se puede observar en la figura 2.11.

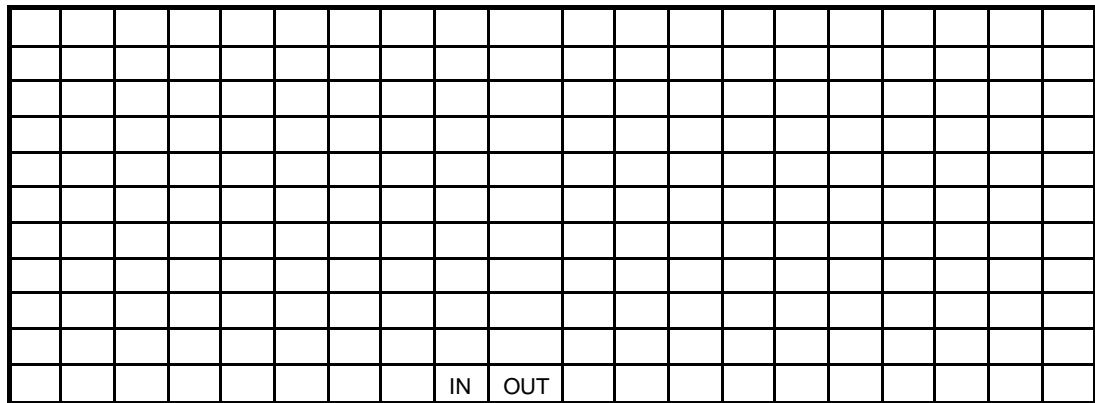


Figura 2.9 Ejemplo de distribución de un almacén.

La distancia media esperada de los viajes en el almacenamiento dedicado es de 17.72 metros, si se usa un método aleatorio, la distancia sube a 33.3 metros pero como se expuso antes las necesidades de espacio son menores de los 200 huecos disponibles, la exacta necesidad de espacio dependerá de la demanda de productos y las rotaciones de los tres considerados.

190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Figura 2.10 Distancias medias recorridas en pies.

2. Método de asignación de localizaciones vacías de almacén de acuerdo con la política de almacenaje decidida en el nivel táctico.
3. Política de asignación de dársenas a camiones.

Una cosa es la política de almacenaje y otra son los métodos de asignación de localizaciones vacías, suelen ser algoritmos matemáticos, o por puro sentido común. Esta asignación debe hacerse cumpliendo los principios dados en 1.3.1 y que ahora se recuerdan someramente:

- Similitud.
- Tamaño.
- Popularidad.
- Características de los Materiales a ser almacenados.
- Utilización del Espacio.

Se va a exponer un método de asignación de localizaciones vacías con un ejemplo sencillo, dicho método esta basado en el ratio entrada/salida por el número de posiciones que requiere el lote de ese elemento, así:

Datos:

Sea el almacén de la figura (40 posiciones, de 6 x 6 metros cada una).

El almacén tiene 4 puertas dos de camiones P1 y P2, y dos de trenes P3 y P4.

Las puertas de camiones representan el 60% de los movimientos y las de trenes el 40%.

Productos:

- A requiere 324 m² (9 posiciones) y tiene un total de entradas/salidas de 750 posiciones al mes.
- B requiere 576 m² (16 posiciones) y ratio e/s de 900 posiciones al mes.
- C requiere 360 m² (10 posiciones) y ratio e/s de 800 posiciones al mes.

Se suponen desplazamientos perpendiculares en el almacén.

Secuencia de Resolución:

Se trata de determinar la distribución del almacén con:

- q posiciones (estanterías).
- n productos diferentes.
- m puertas (lugares de entrada/salida)

Se conoce además:

El número de posiciones necesarias para cada producto, S_j

El número mensual de e/s de cada producto. T_j

El porcentaje de e/s por cada puerta. P_i

La distancia de cada puerta a cada estantería. D_{ik}

Procedimiento:

- a. Ordenar los productos de forma que: $(T_1/S_1) > (T_2/S_2) > \dots$
- b. Para cada posición del almacén calcular f como:

$$f = \sum P_i D_{ik}$$

- c. Asignar el producto 1 a las S1 posiciones de menor f, el producto 2 a las siguientes...

Para nuestro ejemplo tenemos:

$TA/SA = 750/9 = 83.33$ Primeros en colocarse.
 $TB/SB = 900/16 = 56.25$ Últimos en colocarse.
 $TC/SC = 800/10 = 80$ Segundos en colocarse.

Cálculo de f para la posición 29:

$$f = 0.3 \times 36 + 0.3 \times 30 + 0.2 \times 30 + 0.2 \times 24 = 30.6$$

P1
P2
P3
P4

31.8 C	33 B	34.2 B	35.4 B	36.6 B	37.8 B	39	40.2
25.8 A	27 A	28.2 C	29.4 C	30.6 C	31.8 B	33 B	34.2 B
22.8 A	24 A	25.2 A	26.4 A	27.6 A	28.8 C	30 C	31.2 C
25.8 A	27 A	28.2 C	29.4 C	30.6 C	31.8 B	33 B	34.2 B
31.8 B	33 B	34.2 B	35.4 B	36.6 B	37.8 B	39	40.2

Se puede seguir cualquier método de asignación de localizaciones vacías a mercancías que entran, siempre y cuando cumplan los criterios arriba mencionados de similitud, tamaño...

En cuanto a la asignación de dársenas a camiones, va a depender de los horarios de trabajo del almacén y de las compañías de transporte, para esto es necesario una coordinación entre varias empresas, si no se da, se puede realizar por simulación.

La asignación de operarios y equipos a tareas es algo muy dinámico en un almacén, depende casi en exclusiva de la habilidad del gerente y la flexibilidad de los operarios y equipos, es algo que se estudia en ergonomía y queda fuera del alcance de este trabajo.

2.2.4. SECUENCIA DE DISEÑO.

En este apartado se resume en forma de secuencia los conceptos expresados a lo largo del capítulo, de forma que con un simple vistazo se tenga una referencia o guía clara de que pasos se tienen que seguir para realizar el diseño de un almacén, desde su concepción hasta su gestión, así la secuencia a seguir es:

A. CONCEPCIÓN.

- Base de Datos. Perfil de Inventario.

B. NIVEL ESTRATÉGICO.

- Necesidades de Espacio Exterior.
 - Determinación del número de dársenas de camiones.
 - Cálculo de las necesidades de espacio de las dársenas de entrada/salida.
 - Espacio de Maniobra de camiones.
 - Tipo de dársena, espacio de maniobra en la dársena
- Necesidades de Espacio Interior.
 - Áreas de descanso, oficinas, servicios, mantenimiento, aseos...
 - Zonas de retención y control de entradas/salidas.
 - Cálculo de espacio de almacenes.
 - Número de unidades a almacenar.
 - Pre-selección de sistema de almacenamiento.
 - Cálculo del espacio por pallet para cada sistema de almacenamiento escogido.
 - Cálculo de la pérdida de espacios por pasillos y honeycombing.
- Selección final de los sistemas de almacenamiento y equipos de manipulación de mercancías.
 - Factor de utilización.
 - Número total de posiciones a almacenar.
 - Selección de los tipos de equipos de manipulación de mercancías a usar.

C. NIVEL TÁCTICO.

- Cálculo del número de equipos de manipulación de mercancías.
- Cálculo del número de operarios necesarios.
- Dimensionamiento y distribución en planta de los sistemas requeridos.
- Decisión sobre la política de almacenamiento a seguir.

D. NIVEL OPERACIONAL.

- Método de asignación de localizaciones vacías a materiales de entrada.
- Política de asignación de dársenas a camiones.
- Política de asignación de operarios y equipos a tareas.

2.3. APLICACIÓN.

En este apartado se va a seguir la secuencia propuesta en el apartado anterior para diseñar un almacén, para la primera aplicación se va a diseñar un almacén muy básico, mas tarde se irán relajando las hipótesis de partida hasta obtener uno mas realista y comercial, así se comienza con:

a) CONCEPCIÓN:

El almacén a diseñar va a ser un almacén de distribución de mercancías paletizadas, del tipo uno visto en el apartado 2.2.1, en el cual se tienen únicamente mercancías acabadas paletizadas, este tipo de almacén se puede aplicar a cualquier fabrica de productos que tras el proceso productivo envían las mercancías al almacén central para su posterior distribución, o cualquier almacén intermedio de la cadena de distribución de una empresa, en el que entren y salgan mercancías paletizadas.

HIPÓTESIS INICIALES:

- Toda las mercancías que entran y salen del almacén están paletizadas.
- El almacén va a trabajar con dos turnos de ocho horas cada uno, uno de mañana y uno de tarde.
- Las dimensiones de los pallets van a ser siempre las mismas: 1200mm de profundidad y 800mm de ancho, el llamado pallet europeo, además tendrán 1200mm de alto incluyendo la altura del pallet.
- El almacén va a trabajar con 500 referencias.
- Todos los pallets vienen cargados en trailers de 18 metros. (33 pallets por trailer).
- La tasa de rendimiento de almacén es de 990 pallets diarios, 30 camiones.
- Nunca se van a tener en el almacén dos lotes distintos de la misma referencia, es decir, cuando se termina la cantidad almacenada de una referencia, se recibe un nuevo lote de esa referencia.
- El listado de referencias con la información de cantidades de mercancías, tamaños de lote, capacidad de apilamiento, inventario inicial y numero de rotaciones anuales esta dado en el anexo A, constituye la base de datos previa necesaria para el diseño del almacén.

El perfil de inventario se construye de acuerdo a las ideas expresadas en 2.2.3, por lo que la tabla 3 aplicada a nuestro caso resulta:

Rango de Núm Pallets/Ref	Núm Refer	Tot Núm Pallets	Sistemas de Almacenamiento						
			Alm.	Alm.	Drive-	Push	Flujo	Racks	Racks
			Suelo	Marcos	Racks	Racks	Pallet	Dobles	Simple
Mas de 100	-	-	X	X	X	O	X	O	O
51 – 100	98	7035	X	X	X	O	X	O	O
21 – 50	203	7160	X	X	X	X	X	O	O
11 – 20	142	2567	O	O	O	X	X	X	O
6 – 10	44	440	O	O	O	X	X	X	X
2 – 5	13	65	-	-	-	O	O	O	X
1 o menos	-	-	-	-	-	-	-	-	X

Leyenda: X = Ideal para el sistema O = Trabajable por el sistema '-' = No aplicable al sistema

El perfil de inventario resultante de tener en cuenta la capacidad de apilamiento de los productos se muestra en la siguiente tabla.

Rango de Núm Pallets/Ref	Cap de Apilamiento En Núm de Pallets	Núm de Referencias	Tot Núm Pallets a almacenar
Más de 100	3	-	-
	4	-	-
51 – 100	2	23	1660
	3	22	1520
	4	39	2845
21 – 50	2	61	2120
	3	60	2035
	4	40	1425
11 – 20	2	39	677
	3	46	795
	4	27	530
6 – 10	2	10	100
	3	20	200
Total		387	13907

Nota: Para lotes de 5 pallets o menos no se considera almacenamiento en el suelo.

De la comparación entre estas dos tablas se puede deducir:

- Hay 113 referencias que no tienen capacidad de apilamiento alguna, por lo que dichas referencias se deberán almacenar forzosamente en racks, ya se elegirá el adecuado mas adelante.
- Se puede apreciar como la mayoría de los materiales a almacenar proceden de lotes de productos grandes en número de pallets, por lo que dependiendo de su capacidad de apilamiento será aconsejable el apilamiento en el suelo o en racks drive-in, como primera opción a considerar.
- los productos con tamaño de lote inferior a 6, 13 referencias, se deberán posicionar en racks simples.

b) NIVEL ESTRATÉGICO:

Las decisiones que se toman aquí hacen referencia al diseño del flujo de la mercancía en el interior del almacén y a la elección del sistema de almacenamiento y los tipos de equipos de manipulación de mercancías, cumpliendo criterios económicos.

Para el flujo de mercancías se considera que en el almacén las mercancías entran por los muelles de entrada, tras el proceso de recepción que se les haga, (es parte de la gestión y no se va a entrar mucho en ello), pasan a las posiciones de almacén directamente, dado que son todo pallets, por lo que no va a haber ahora posibilidad de cross-docking o reposición directa a una zona diferente de despachos..., tras el almacenaje se tendrán los despachos de las ordenes en las mismas localizaciones de almacén de reserva, no se considera zona de picking, y se llevarán directamente a la zona de salida para las operaciones de chequeo y cargado, saliendo por los muelles de salida. Para saber las necesidades de espacio requerido por este flujo, se sigue la siguiente secuencia:

➤ Necesidades de Espacio Exterior.

- **Cálculo de las necesidades de dársenas para camiones.** Dado que toda la mercancía entra por camiones y paletizada, no se consideran dársenas para trenes, el cálculo del número de dársenas necesarias dependerá de varios datos, así:
 - Número y tipo de camiones que entran/salen del almacén al día, en su defecto rendimiento diario del almacén, es decir, número de pallets que entran/salen de la instalación. En este caso son trailers de 18 metros con una capacidad de 33 pallets cada uno, 30 diarios, quince de entrada y quince de salida.
 - Estimación del tiempo de carga/descarga de un camión. Se tomara 90 minutos, pues no hay que paletizar la carga en el almacén, ver tabla 5.

Con estos datos, se tiene que para las operaciones de carga/descarga se necesitan 2700 minutos al día, 45 horas, y se disponen por turno de trabajo de 480 minutos, en total 960, 16 horas, por lo que son necesarios más de un muelle.

Por turno se pueden cargar/descargar $480/90 = 5.333$ camiones, por lo que se necesitan 3 muelles para hacer frente a las entradas/salidas de materiales en el almacén, disponiéndose de un colchón de 30 minutos por muelle al día, para descansos del personal sin afectar a las operaciones, posibilitándose además que se puedan compartir estas áreas en las operaciones de entrada y salida, pudiéndose hacer la entrada de materiales en el primer turno de trabajo, y las salidas de material en el segundo turno del día.

- **Dimensionamiento del espacio de las dársenas.** Por consideraciones económicas se escogen dársenas a 90 grados, pues de momento no se tienen limitaciones de espacio exterior para construir el almacén, utilizando la tabla 6, y la secuencia dada en la página 73 de este proyecto, se aprecia que para tres muelles de carga/descarga y

camiones de 18 metros, se necesita un ancho de muelle de, al menos, 4.2 metros recomendándose 4.5 metros por seguridad dada la gran actividad que se desarrollará en los muelles, casi se encuentran al 100% de actividad, y una longitud de estacionamiento de 18 metros, con esos 4.2 metros se asegura a su vez que cualquier equipo de manipulación de mercancías que se elija tendrá suficiente espacio de maniobra.

Con estos datos, las necesidades exteriores de espacio para los muelles es de:

$$3 * [4.2\text{m} * 18\text{m}] = 226.8 \text{ m}^2$$

A este dato hay que añadirle el espacio desocupado existente entre los tres muelles, pues las camiones no pueden quedar tocándose entre ellos en las operaciones de carga y descarga, suele existir un espacio de seguridad de 1 metro entre vehículos, a lo largo de toda la longitud del muelle, así el espacio ocupado por este concepto es:

$$2 * [1\text{m} * 18\text{m}] = 36 \text{ m}^2$$

- **Espacio de maniobra de los camiones.** No se va a considerar, simplemente seguir las recomendaciones dadas en la pagina 13 de este capítulo.
- **Espacio de maniobra en las dársenas.** Se refiere al espacio que hay en el área de recepción que se podría considerar fuera del edificio, es decir la parte de la dársena por donde se mueven los equipos de manipulación de mercancías que esta fuera de las puertas del almacén, suele ser una prolongación de la propia dársena, esta a la altura del camión y la interfase entre este espacio y el hueco del muelle es un equipo como una rampa u otro equipo que fije el muelle al camión, permitiendo a las carretillas entrar en el.

Este espacio suele tener el ancho de muelle, o quizás un poco mas por seguridad y maniobrabilidad de los equipos de manipulación, al estar los tres muelles cercanos unos de otros, el espacio será corrido entre los mismos, se le va a dar un ancho mínimo de 4.5 metros, suficiente para cualquier equipo de manipulación de mercancías que se use si se atiende a los datos expresados en la tabla 8, y una profundidad de 2 metros hasta las puertas del edificio principal, así la superficie ocupada por este concepto resulta:

$$[0.3\text{m} + (2 * 1\text{m}) + (3 * 4.2\text{m})] * 2\text{m} = 29.8 \text{ m}^2$$

TOTAL NECESIDADES ESPACIO EXTERIOR: $29.8 + 36 + 226.8 = 292.6 \text{ m}^2$

➤ Necesidades de espacio interior.

- **Zonas de retención y control de entradas/salidas.** En el proceso de recepción/salida se va a considerar que la política de operación de estas tareas requiere inspección de la carga en un área de espera, de forma que si es aceptada, en dicha área se le dará

una localización para que sea finalmente ubicada en el almacén de reserva, o sea finalmente cargada en el camión de salida.

según la tabla 2 del capítulo 1, los equipos adecuados para esta misión, dado que solo se necesitan almacenar temporalmente 33 pallets, son los racks Drive-Through que se cargan por un lado y descargan por el otro, evitándose molestas interferencias entre los equipos de manipulación de mercancías asignados a la carga/descarga de camiones, normalmente carretillas contrapesadas por tener fácil acceso al interior de los trailers, con los equipos asignados al trabajo en el almacén de reserva, normalmente carretillas estrechas por sus menores requerimientos de espacio de maniobra.

Teniéndose en cuenta estas consideraciones, por dársena el rack Drive-Through a elegir será de 2 líneas juntas, 4 pallets en profundidad y 4 en altura, ya que la altura máxima de operación de la carretilla contrapesada se limita a 6.5 metros, siendo superada con creces por la de la carretilla estrecha. Con este rack se tiene capacidad para 32 pallets, menos de 33 por dársena, pero como los pallets entran y salen del rack en aproximadamente 6 minutos cada uno (3.75 minutos según tabla 13 + Tiempo en inspeccionar y asignar localización), nunca se encontraran más de 32 pallet en el rack al mismo tiempo, ahorrándose espacio y dinero.

El espacio físico ocupado por el rack se puede calcular a mano fácilmente con las dimensiones dadas por los fabricantes y los pallets utilizados, mediante la secuencia vista en la página 18 de este capítulo que además incluye los pasillos de trabajo que los sirven, o también directamente mirando en la tabla 9, que nos da el espacio necesario por posición de pallet, incluyendo coeficiente de seguridad de huecos vacíos y pasillos de trabajo. Se va a hacer a mano, con las dimensiones de los pallets y holguras necesarias con el rack, ver figura 2.5. así, un rack de 4 en profundidad y 4 en altura tiene las siguientes dimensiones:

- Largo: $(4 * 1.2) \text{ m} + (3 * 0.05) \text{ m} = 4.95 \text{ m}$. Se tomara 5 metros por holguras.
- Ancho: $1.12 \text{ m} + (2 * 0.1) \text{ m} = 1.32 \text{ m}$.
- Alto: $(4 * 1.2) \text{ m} + (3 * 0.15) \text{ m} = 5.25 \text{ m}$.

Estos datos son válidos también para los Drive-in Racks que se usarán más adelante, el espacio ocupado por los 6 racks con estas dimensiones va a ser:

$$6 \text{ racks} * (5\text{m} * 1.32\text{m}) = \mathbf{39.6 \text{ m}^2}$$

El área entre la puerta del muelle de entrada de mercancías y el rack de espera va a ser de 2 metros de ancha.

Esta zona también dispondrá de un espacio para el personal encargado de revisar las recepciones de material, con una pequeña zona de oficina donde introducir los datos traídos por los materiales recibidos, notas de entrega...

- **Áreas de descanso, oficinas, mantenimiento, aseos...** Estas áreas son importantes y existen en cualquier instalación de trabajo, son áreas comunes de personal y varían mucho de una instalación a otra, como línea general se va a tener en cuenta en este almacén:
 - Áreas de descanso de operarios y camioneros, será común y ocupa un mínimo de 50 m²
 - Área de servicios y aseos, incorporando duchas.
 - Área de oficinas generales.
 - Área de oficina de entrada/salida, cerca de la zona de muelles.
 - Área de espera de equipos sin utilizar y mantenimiento, estará dividida en distintas zonas del almacén para aprovechar al máximo la superficie disponible.

La distribución en planta de estas áreas así como el espacio final ocupado por ellas se vera en el nivel táctico, tras la distribución en planta de los sistemas de almacenamiento escogidos.

- **Cálculo del espacio de almacenaje.** Ahora se van a calcular las necesidades de espacio en el área de almacenaje de reserva, para ello se necesita saber que se va a almacenar y en que cantidad, estos datos están dados en el anexo A, las cantidades iniciales y los tamaños de los lotes, que son a priori las máximas recibidas de cada referencia, para ser rigurosos se deberían saber las cantidades planificadas a almacenar de cada referencia pero no se puede calcular pues requiere saber la planificación anual de llegadas de material, y este problema no es trivial, depende de la coordinación con los fabricantes y proveedores al igual que de la demanda de cada referencia. Se seguirán los siguientes pasos:
 - Numero de unidades a almacenar. En el anexo A figuran 2673 pallets de mercancías que están inicialmente en el almacén, por otro lado los tamaños de lotes indican que si entran todos a la vez en el almacén y no sale nada se debe tener espacio previsto para almacenar 17337 pallets por rotación de todas las referencias, que en total son 65795 pallets al año, esto no es realista pues nunca van a estar todos los pallets en el almacén al mismo tiempo, por lo que el numero de unidades a almacenar estará entre los dos primeros valores, si se tienen datos de los rendimientos, llegadas y demandas de cada referencia se podría planificar su almacenamiento eficazmente pero para un almacén nuevo, es raro disponer de datos históricos de este tipo, lo único claro hasta ahora por hipótesis inicial de trabajo, es que el rendimiento diario de la instalación es de 990 pallets, 495 de entrada (15 camiones) y 495 de salida, lo que supone una rotación completa de inventario cada 35 días laborables, y 133 días para todos los movimientos anuales en conjunto.
 - Pre-selección del sistema de almacenamiento. según se ha visto anteriormente con el perfil de inventario, los sistemas a considerar en este almacén van a depender principalmente del tamaño del lote y de la capacidad de apilamiento, así se van a

preseleccionar racks simples o dobles para las referencias de tamaño de lote de 10 o menos sin tener en cuenta su capacidad de apilamiento, se usara el almacenamiento en el suelo para referencias con tamaño de lote mayor de 10 y capacidad de apilamiento de 3 o 4 y se usará el Drive-in Rack para las referencias con tamaño de lote mayor de 10 y capacidad de apilamiento de 1 o 2. Por numero de referencias se tiene:

- Rack Simple. $13 + 44 = 57$ referencias.
- Rack Doble. $13 + 44 = 57$ referencias.
- Almacenamiento en el suelo. $61 + 100 + 73 = 234$ referencias.
- Drive-in Racks. $81 + 103 + 25 = 209$ referencias.

- Cálculo del espacio necesario por los distintos sistemas de almacenamiento pre-escogidos.

- Racks simples: Necesitaría albergar el total de 505 unidades correspondientes a 57 referencias, servido por una carretilla estrecha y se escogerá la opción de 6 pallets en altura por suponer un almacenamiento mas denso. Son necesarios 84 racks con un total de superficie ocupada de:

$$84 * [(0.8 + 0.15) * 1.2] = \mathbf{95.76 \text{ m}^2}$$

- Racks dobles: Necesitarían albergar 505 unidades de 57 referencias distintas, servidos por una carretilla estrecha extensible en profundidad, se escogerá el de 6 en altura por requerir menor espacio. Siendo necesarios 42 racks que ocupan una superficie de:

$$42 * [(0.8 + 0.15) * (2 * (1.2 + 0.05))] = \mathbf{103.74 \text{ m}^2}$$

- Almacenamiento en el suelo: Se necesitarían alojar parte de las 17337 unidades asignadas a referencias de tamaño de lote mayor de 10, pero no todas estas referencias (443) se almacenaran en el suelo, solo 234 de ellas, por lo que se necesitaran al menos 234 líneas si no más, que se servirán con carretilla contrapesada o estrecha. El cálculo de las líneas de almacenamiento se desglosa según los tamaños de lotes a su vez en:

- Lotes de 12 pallets: 10 referencias con 3 pallets en altura y 4 en profundidad. Necesidad de suelo de 1.15 m^2 , resultado de multiplicar las dimensiones de los pallets con las holguras correspondientes, se usara este dato para todo el almacenamiento en el suelo. La superficie necesaria es de $(4 * 1.15) * 10 = \mathbf{46 \text{ m}^2}$.
- Lotes de 15 pallets: 9 referencias con 3 en altura y 5 en profundidad, y 2 referencias con 4 en altura y 4 en profundidad. Las necesidades de suelo son 1.15 m^2 por lo que la superficie necesaria es de $51.75 + 9.2 = \mathbf{60.95 \text{ m}^2}$.

- Lotes de 20 pallets: 27 referencias de 3 en altura con 7 en profundidad, y 25 referencias de 4 en altura con 5 en profundidad, resultando la superficie ocupada en $143.75 + 217.35 = 361.1 \text{ m}^2$.
- Lotes de 25 pallets: 6 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad, y 7 referencias de 4 en altura con 6 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **103.5 m²**.
- Lotes de 30 pallets: 29 referencias de 3 en altura, necesitan mas de una línea por referencia pues con 8 en profundidad no cubren las 30 posiciones, se necesitan un mínimo de 37 líneas, además hay 2 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **358.8 m²**.
- Lotes de 35 pallets: 5 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad, se necesitan 7 líneas, dos líneas mas para los picos que puedan surgir, además se tienen 5 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **110.4 m²**.
- Lotes de 40 pallets: 16 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad se necesitan 25 líneas, las 8 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad necesitan 10 líneas, resultando la superficie ocupada en **322 m²**.
- Lotes de 45 pallets: 11 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad, necesitan 15 líneas, resultando la superficie ocupada en **138 m²**.
- Lotes de 50 pallets: 4 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad necesitando 8 líneas, y 7 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad necesitando a su vez 12 líneas, resultando la superficie ocupada en **184 m²**.
- Lotes de 60 pallets: 9 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad necesitando para el almacenamiento 22 líneas, y 7 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad necesitando a su vez 13 líneas, resultando la superficie ocupada en **322 m²**.
- Lotes de 65 pallets: 4 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad necesitando 10 líneas, y 9 referencias de 4 en altura con 8 en profundidad necesitando a su vez 18 líneas, finalmente la superficie ocupada es de **257.6 m²**.
- Lotes de 80 pallets: 9 referencias de 3 en altura con 8 en profundidad necesitando para su ubicación al menos 30 líneas, y 23 referencias de

4 en altura con 8 en profundidad necesitando a su vez 57 líneas, siendo la superficie ocupada de **800.4 m²**.

En total con esta configuración se requieren 357 líneas en el suelo de diferente índole, mas de una por referencia pues se debe poder almacenar y acceder fácilmente a todas las referencias, la superficie total requerida por el almacenamiento en el suelo es de **3064.75 m²**.

Con esta configuración en realidad se tiene espacio para posicionar 11424 pallets, por lo que realmente no serian necesarias tantas líneas, pero es necesario tener espacio para almacenar todos los pallets de las distintas referencias.

- Drive-in Racks: Se tiene que almacenar la parte proporcional de las 17337 unidades asignadas a referencias de tamaño de lote mayor de 10, no todas estas referencias (443) se almacenaran en el rack, solo 209 de ellas, por lo que se calcularan los racks necesarios para almacenarlas y que se servirán con carretilla estrecha. El rack elegido dependerá del tamaño del lote, por lo que las necesidades de espacio por rack también varían según los tamaños de lotes a considerar, el calculo del numero de racks necesarios y su espacio se desglosa en:
 - Lotes de 12 pallets: 6 referencias, se usaran para estas referencias 6 Drive-in racks de 4 en altura y 3 en profundidad, la superficie necesaria resulta de **29.3 m²**.
 - Lotes de 15 pallets: 18 referencias, se usaran 18 racks de 4 en profundidad, la altura es siempre de 4, la superficie necesaria es de **118.8 m²**.
 - Lotes de 20 pallets: 45 referencias, se usaran 45 racks de 5 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **369.28 m²**.
 - Lotes de 25 pallets: 7 referencias, se utilizaran 7 racks de 6 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **68.84 m²**.
 - Lotes de 30 pallets: 31 referencias, se usaran 31 rack de 7 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **356 m²**.
 - Lotes de 35 pallets: 22 referencias, 22 racks de 8 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **295.5 m²**.
 - Lotes de 40 pallets: 30 referencias, 45 racks de 8 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **604.46 m²**.

- Lotes de 45 pallets: 5 referencias, 8 racks de 8 en profundidad, resultando la superficie ocupada en **107.46 m²**.
- Lotes de 50 pallets: 8 referencias, 48 huecos, 12 racks de 8 en profundidad, finalmente la superficie ocupada es de **161.19 m²**.
- Lotes de 60 pallets: 4 referencias, 28 huecos que son 7 racks de 8 en profundidad, con una superficie ocupada de **94.03 m²**.
- Lotes de 65 pallets: 14 referencias, 112 huecos en 28 racks de 8 en profundidad, finalmente la superficie ocupada es de **376.11 m²**.
- Lotes de 80 pallets: 19 referencias, 190 huecos en 48 racks de 8 en profundidad, siendo la superficie ocupada de **644.76 m²**.

En total con esta configuración se requirieren 256 racks, con capacidad para 7160 pallets en total, se deben poder almacenar y acceder fácilmente a todas las referencias, se pueden disponer en configuración espalda con espalda para reducir el espacio necesario, ya se vera en la distribución en planta mas adelante, la superficie total requerida por el almacenamiento en los racks Drive-in es **3224.73 m²**.

Los sistemas pre-escogidos de almacenamiento, suponen un total de espacio necesario requerido para almacenar de:

1. Almacenamiento en suelo + Racks Drive-in + Racks simples = **6385.24 m²**.
2. Almacenamiento en suelo + Racks Drive-in + Racks Dobles = **6393.22 m²**.

La pre-selección de sistemas de almacenamiento supone:

- 6 Racks Drive-Through de 4 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 84 Racks Simples de 6 pallets en altura.
 - 42 Racks Dobles de 6 pallets en altura.
 - 6 Drive-in Racks de 3 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 18 Drive-in Racks de 4 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 45 Drive-in Racks de 5 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 7 Drive-in Racks de 6 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 31 Drive-in Racks de 7 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 149 Drive-in Racks de 8 pallets en profundidad y 4 en altura.
 - 357 líneas de almacenamiento en el suelo de 8 en profundidad y altura variable entre 3 y 4.
- Cálculo de la pérdida de espacios por pasillos y honeycombing.

Para calcular el espacio necesario por los pasillos de trabajo, se parte de la base de que el área de almacenamiento será servido por carretillas estrechas o estrechas extensibles en profundidad para los racks dobles, según la pre-selección de sistemas de almacenamiento realizado, por lo que el espacio mínimo de maniobra necesario por estos equipos viene dado en la tabla 8, y es de 3 metros de ancho.

Ahora bien, para evitar un desperdicio excesivo de espacio por pasillos, se debe tratar de poner el menor número de ellos, pero de forma que se tenga acceso a todas las mercancías, en este caso se tiene una gran superficie dedicada a almacenamiento en el suelo y Racks Drive-in, y menor cantidad de racks simples o dobles, que se pueden colocar en las paredes de la nave.

Tras el área de recepción y salida, se colocara el área de almacenaje dividido en tres zonas, dos de almacenamiento en racks y una intermedia de almacenamiento en el suelo, separadas por sendos pasillos transversales de trabajo de 3 metros, útiles para evitar el honeycombing por facilitar el acceso lateral a las líneas de almacenamiento en el suelo, ver figura 2.7.3., pero inútiles en los racks Drive-in, en cuyos costados se podrían colocar los racks simples, o dobles, según se escoja. dentro de las áreas de almacenamiento en el suelo y los rack, también se colocaran pasillos de trabajo longitudinales de 3 metros.

En este punto es importante hacer notar que es difícil conocer la cantidad de pasillos necesarios pues la distribución en planta no está definida, solo se puede hacer una primera estimación de como quedara, cuando se realice la misma en el nivel táctico, quedara definido totalmente las necesidades de pasillos.

Los pasillos del área de recepción/salida suponen un espacio ocupado de **57.28 m²**, y para el área de almacenamiento se tiene:

- 3 pasillos de 50 m transversales, a lo ancho de la nave, que separan las secciones de almacén, suponen aproximadamente: **450 m²**
- 2 pasillos longitudinales que recorren toda el área de almacenamiento, suponen aproximadamente: $2 * [3 * (50 + 80 + 36)] = \mathbf{1056\ m^2}$

Finalmente el espacio ocupado por pasillos para esta configuración resulta: **1563.28 m²**. Comparando este dato con el espacio ocupado por los sistemas de almacenamiento supone un 19.66% de la superficie dedicada a almacenaje.

Para calcular el posible honeycombing de una manera rigurosa, se debe recurrir a modelos analíticos, según se aprecia en la figura 2.7.x, se puede reducir significativamente este problema con una cuidadosa política de asignación de posiciones libres a productos de entrada, teniéndose en cuenta su tamaño de lote, esto es campo de estudio del nivel operacional y de la propia gestión futura del almacén, no se va a entrar en esta discusión.

TOTAL NECESIDADES ESPACIO INTERIOR: $39.6 + 6385.24 + 1563.28 = 7988.12$ m^2 . Sin contar áreas de oficinas, descanso, aseos, mantenimiento...

El total de espacio ocupado por la instalación ya se puede aproximar, el definitivo espacio se vera al terminar la distribución en planta de la misma. así, con estos datos se tendrá una instalación de aproximadamente **9000 m²**.

- Selección final del sistema de almacenamiento y tipo de equipos de manipulación de mercancías.

En esta sección se seleccionan finalmente los sistemas de almacenamiento de mercancías, en este caso se tiene que elegir entre racks simples o dobles para las 57 referencias de tamaño de lote inferior a 10 que se tienen en el perfil de inventario, la diferencia entre el espacio ocupado por una opción u otra no es significativa por lo que el criterio a usar para la elección final es el de mayor flexibilidad de operación, y menores costes de compra y montaje, así, se usara el rack simple.

La selección final de los sistemas de almacenamiento a tratar será pues:

- 6 Racks Drive-Through de 4 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 84 Racks Simples de 6 pallets en altura.
- 6 Drive-in Racks de 3 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 18 Drive-in Racks de 4 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 45 Drive-in Racks de 5 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 7 Drive-in Racks de 6 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 31 Drive-in Racks de 7 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 149 Drive-in Racks de 8 pallets en profundidad y 4 en altura.
- 357 líneas de almacenamiento en el suelo de 8 en profundidad y altura variable entre 3 y 4.

Ahora bien, el número de racks y líneas de almacenamiento en el suelo, puede verse alterado por el factor de utilización del almacén, que muestra el número total de unidades a almacenar, esto se analiza a continuación:

- **Factor de utilización.** según la tabla 11 los factores de utilización para los diversos sistemas de almacenamiento van a estar comprendidos entre:
 - Rack Drive-Through. 58% - 69%
 - Rack Simple. 90%
 - Rack Doble. 78% - 89%
 - Drive-in Racks de 3 pallets en profundidad, 4 en altura. 50% - 63%
 - Drive-in Racks de 4 pallets en profundidad, 4 en altura. 58% - 69%
 - Drive-in Racks de 5 pallets en profundidad, 4 en altura. 66% - 75%
 - Drive-in Racks de 6 pallets en profundidad, 4 en altura. 63% - 80%
 - Drive-in Racks de 7 pallets en profundidad, 4 en altura. 71% - 79%
 - Drive-in Racks de 8 pallets en profundidad, 4 en altura. 69% - 78%

- Almacenamiento en el suelo de 8 en profundidad, 3 en altura. 72% - 80%
- Almacenamiento en el suelo de 8 en profundidad, 4 en altura. 69% - 78%

Estos datos revelan que a mayor densidad del sistema de racks, mejor nivel de utilización media del espacio, los racks de poca profundidad no tienen muy buenos niveles de utilización, se deben evitar en la medida de lo posible, en nuestro caso se tienen pocos de estos racks, sólo 6 Drive-Through y 6 Drive-in de 3 en profundidad.

- **Número total de posiciones a almacenar.** Utilizando los racks simples, el número teórico total de posiciones a almacenar se eleva a: **16176** pallets, sin embargo para ser rigurosos en el diseño, se debe dividir el número total de pallets a almacenar por el factor de utilización medio del tipo de sistema de almacenamiento escogido para saber exactamente el número de huecos para pallets necesarios en el almacén. Se supondrá una ocupación media del 75%, por lo que el número de huecos necesarios se eleva a **21568** pallets.
- **Selección de los tipos de equipos de manipulación de mercancías.** Vienen determinados por los tipos de sistemas de almacenamiento escogidos, se utilizarán carretillas contrapesadas en las operaciones de recepción y salida, y carretillas estrechas y extensibles en las operaciones de almacenaje y picking.

c) NIVEL TÁCTICO:

Las decisiones a este nivel se refieren al dimensionamiento de los equipos, necesidades de personal y distribución en planta de los sistemas escogidos en el nivel superior. Se va a estructurar las decisiones a tomar en este nivel en cuatro grupos, necesidades de equipos, necesidades de personal, distribución en planta y elección de la política de almacenamiento a seguir, así.

- Cálculo del número de equipos de manipulación de mercancías.

Se disponen de varias áreas de operaciones por lo que cada una de ellas dispondrá de sus equipos de manipulación de mercancías exclusivos, mas tarde, con el normal funcionamiento de la instalación el gerente del almacén tendrá la autoridad para transferir, temporalmente, equipos de un área a otra en función de las necesidades puntuales de cada una.

En el área de entrada/salida, es necesaria una carretilla contrapesada por dársena, al compartirse dicha área para esas dos operaciones, se comparten también los equipos.

En el área de almacenamiento, se supuso que el almacén tendría un rendimiento de 990 pallets diarios, disponiéndose de 16 horas de trabajo (960 minutos), de la tabla 13, los tiempos medios por pallets, sistema de almacenamiento y equipo utilizado, se extraen los siguientes datos:

- Rack Drive-Through. 3.75 minutos

- Rack Simple. Carretilla estrecha: 3.75 minutos, Carretilla extensible: 1.5 minutos.
- Drive-in Racks de 3 pallets en profundidad. 3.75 minutos.
- Drive-in Racks de 4 pallets en profundidad. 3.75 minutos.
- Drive-in Racks de 5 pallets en profundidad. 4 minutos.
- Drive-in Racks de 6 pallets en profundidad. 4 minutos.
- Drive-in Racks de 7 pallets en profundidad. 4.28 minutos.
- Drive-in Racks de 8 pallets en profundidad. 4.28 minutos.
- Almacenamiento en el suelo de 8 en profundidad. 4.28 minutos.

Según estos datos, si se toman 4 minutos de media por pallet entre los distintos sistemas de almacenamiento, cada maquina moverá al día 240 pallets, en realidad menos pallets por los tiempos de descanso del personal, unos 30 minutos por turno, por lo que se dispone realmente de 900 minutos de trabajo, que suponen 225 pallets por maquina, así, serán necesarios un mínimo de 5 carretillas estrechas, o estrechas extensibles, para hacer frente al rendimiento diario esperado.

Con este número de maquinas, no se hace necesario ensanchar los pasillos de trabajo del área de almacenaje, dado que el ancho de las mismas no es mayor de 1.2 metros, por lo que el cruce de maquinas cargadas o descargadas por los mismos se realizará de manera segura.

➤ Cálculo del número de operarios necesarios.

El número de operarios de este almacén por cada turno de trabajo se puede estimar en:

- 8 Conductores de carretillas.
- 3 Supervisores de mercancías de entradas/salidas uno para cada muelle.
- 1 Gerente de planta, el jefe del área de almacén.
- 1 Director del almacén, el jefe de toda la instalación.
- 2 Administrativos/as, encargados/as de registrar las ordenes de pedidos de clientes, y la compra de productos.
- 1 Secretaria.
- 1 Informático encargado de la actualización y mantenimiento de los sistemas informáticos del almacén, bases de datos...

➤ Dimensionamiento y distribución en planta de los sistemas requeridos.

Para la distribución en planta de los sistemas escogidos no hay reglas, se intenta ocupar el menor espacio posible de forma que se pueda trabajar de una manera segura y cómoda para los operarios, normalmente se confeccionan varias posibilidades y se comparan entre ellas, en este caso se van a realizar tres alternativas y se escogerá la que menor superficie total ocupe. Las dimensiones en planta ocupadas por cada tipo de rack son:

- Rack Drive-Through. $1.32 \times 5 \text{ m}^2$
- Rack Simple. $0.95 \times 1.2 \text{ m}^2$
- Rack Doble. $0.95 \times 2.5 \text{ m}^2$

- Drive-in Racks de 3 pallets en profundidad. $1.32 \times 3.7 \text{ m}^2$
- Drive-in Racks de 4 pallets en profundidad. $1.32 \times 5 \text{ m}^2$
- Drive-in Racks de 5 pallets en profundidad. $1.32 \times 6.2 \text{ m}^2$
- Drive-in Racks de 6 pallets en profundidad. $1.32 \times 7.45 \text{ m}^2$
- Drive-in Racks de 7 pallets en profundidad. $1.32 \times 8.7 \text{ m}^2$
- Drive-in Racks de 8 pallets en profundidad. $1.32 \times 10 \text{ m}^2$
- Almacenamiento en el suelo de 8 en profundidad. $0.95 \times 10.24 \text{ m}^2$

- 1) La primera opción a considerar, es colocar tras el área de recepción/salida, un pasillo de trabajo transversal y dividir el área de almacén en tres zonas diferenciadas por sendos pasillos de trabajo transversales, en total 3 de ellos, de 3 metros de ancho cada uno.

La primera zona (ZONA A) estará ocupada por racks Drive-in de menos de 8 pallets en profundidad, suponiendo un área mas o menos irregular, pues cada rack tendrá una profundidad diferente, se dividirán a su vez en 4 subzonas, las dos centrales con una configuración espalda con espalda con 0.3 metros entre las filas de racks, dando el lateral del rack a la zona de recepción/salida, en esos laterales así como en las otras dos subzonas, pegadas a las paredes se dispondrán unos racks simples, con una profundidad de 1.2 metros, quedando en esta área 3 pasillos de trabajo longitudinales de 3 metros cada uno, aunque en algunas zonas es variable por la profundidad de los racks Drive-in, nunca siendo inferior a esta distancia, la superficie que ocupa esta zona es de 42.35 metros de largo y 41.8 de ancho, contando pasillos longitudinales y transversales.

En la segunda zona (ZONA B) se colocarán los pallets en almacenamiento en el suelo, de 3 y 4 alturas con 8 pallets en profundidad, 10.24 metros, a su vez se dividirá en 4 subzonas, dos pegadas a las paredes del almacén y la central con una configuración espalda con espalda con 0.2 metros entre las filas, lo que supone 20.7 metros de ancho, estarán servidas por dos pasillos de trabajo longitudinales de 3 metros. La superficie que ocupa esta zona es de 84.55 metros de largo, sin contar pasillos transversales, por 47.17 metros de ancho contando pasillos longitudinales.

La tercera y ultima zona (ZONA C) serán los racks Drive-in de 8 en profundidad, con la misma configuración que la zona anterior, por lo que se usaran los mismos pasillos de trabajo longitudinales, la superficie ocupada por esta zona es de 53.16 metros de largo con el pasillo transversal por 47.17 de ancho.

Esta configuración se puede ver en el plano esquemático adjunto en el anexo B de este trabajo, de donde se extraen las siguientes características del almacén:

a. Dimensiones:

- Dimensiones totales en metros: 189×47.57
- Superficie Exterior: 292.6 m^2 .
- Superficie total de la instalación: 8990.73 m^2 .
- Superficie dedicada a los sistemas de almacenamiento en metros:

- Zona A: 1194.41 m².
- Zona B: 3480.92 m².
- Zona C: 2065.09 m².
- TOTAL: 6740.42 m².**

- Superficie dedicada a pasillos: 1567.24 m².
- Superficie dedicada a oficinas, mantenimiento, aseos...: 379.28 m².
- Superficie dedicada a recepción/salida: 104.3 m².

- b. Capacidad máxima en número de pallets: 18992.
- c. Rendimiento diario esperado: 990 pallets.
- d. Número de Trabajadores: 17.

- 2) La segunda opción a considerar mantiene la misma filosofía de actuación que la primera, pero reorganizando de manera diferente los racks de la Zona A, el resto permanecerá igual.

En la zona A se van a distinguir 4 subzonas a su vez, 2 de ellas pegadas a las paredes. En estas dos zonas se posicionaran dos filas de racks, una de 33 posiciones para racks simples, y en la otra pared, 18 racks Drive-In de cuatro pallets en profundidad, no ocupando toda la longitud de esta zona A, reducida ahora a 38.8 metros, sino que ocupa ese rack 27.96 metros con el pasillo incluido, aprovechándose el resto de esa diferencia, 10.84 metros, en el área de oficinas, mantenimiento...

Las otras dos subzonas, corresponden al resto de racks Drive-in de menos de 8 pallets en profundidad, una de ellas contiene 46 racks Drive-In de 5 pallets en profundidad en cuyos costados se posicionan racks simples a su vez, y la otra subzona contiene el resto de racks Drive-In; 31 de 7 pallets en profundidad, 7 de 6 pallets en profundidad y 8 racks de 3 pallets en profundidad, conteniendo también racks simples a lo largo de ambos laterales.

Esta configuración se puede ver en el plano esquemático adjunto en el anexo B de este trabajo, de donde se extraen las siguientes características del almacén:

a. Dimensiones:

- Dimensiones totales en metros: 185.18 x 47.57
- Superficie Exterior: 292.6 m².
- Superficie total de la instalación: 8809 m².
- Superficie dedicada a los sistemas de almacenamiento en metros:

- Zona A: 1011.37 m².
- Zona B: 3480.08 m².
- Zona C: 2021.45 m².
- TOTAL: 6512.9 m².**

- Superficie dedicada a pasillos: 1526.16 m².

- Superficie dedicada a oficinas, mantenimiento, aseos...: 286.81 m².
 - Superficie dedicada a recepción/salida: 104.3 m².
- b. Capacidad máxima en número de pallets: 18992.
 - c. Rendimiento diario esperado: 990 pallets.
 - d. Número de Trabajadores: 17.
- 3) La tercera alternativa, supone un cambio en el concepto de almacenamiento respecto a las otras dos, se trata de un almacén más cuadrado, donde se intenta distribuir el espacio dedicado al almacenamiento en el suelo de una forma que se aproveche al máximo el espacio disponible.

La zona A queda prácticamente igual a las anteriores con la salvedad de que los racks Drive-in de 4 pallets en profundidad así como el área de espera de equipos no utilizados están inmediatamente después del área de recepción/salida. Por otro lado, la zona C queda a continuación de la zona A, creándose un macroespacio de racks, dividido a su vez en pequeñas áreas para un mejor sistema de localización y control.

La zona B cambia radicalmente, en vez de quedar subdividida en 4 áreas, esta dividida en 9, denominadas como B1, B2,..., B9.

así la B1 queda a continuación de las oficinas, pegada a esa misma pared, en esta área se van a colocar las 27 referencias a las que se les asigno 27 líneas de 7 pallets en profundidad, así como las 7 líneas de 6 pallets en profundidad, correspondientes a otras tantas referencias, y además hay espacio para 5 líneas de 5 pallets en profundidad. Esta área se puede ampliar hasta colocar todas las líneas con 7 pallets en profundidad, suponiendo una capacidad total de 1092 pallets.

Las zonas B2 y B3, tienen una configuración espalda con espalda, quedan enfrente de la zona B1 y debajo de los racks Drive-in de la zona A, tienen espacio suficiente para 33 líneas de pallets cada una, con una profundidad de línea máxima de 5 para ambas zonas, suponiendo una capacidad total de 1320 pallets.

Las zonas B4 y B5, también tienen configuración espalda con espalda quedando enfrente de la zona B1 y debajo de los racks Drive-in de la zona A, tienen capacidad para 33 líneas de 8 pallets en profundidad, suponiendo una capacidad máxima de 2112 pallets.

La zona B6 esta debajo de los racks Drive-in de la zona C, justo en contacto con su espalda, tiene una capacidad para 54 líneas de 8 pallets en profundidad, lo que supone una capacidad total de 1728 pallets.

A su vez las zonas B7 y B8 son gemelas con la B6 pero en configuración espalda con espalda quedando debajo de la misma, separadas por un pasillo de trabajo, suponen una capacidad total de 3456 pallets.

La última zona, la B9, queda detrás de la zona C y envolviendo toda la parte de atrás del almacén, tiene capacidad para 89 líneas de 8 pallets en profundidad, suponiendo una capacidad máxima de 2848 pallets.

Esta configuración, aquí descrita, se puede apreciar mejor en el plano esquemático adjunto en el anexo B de este trabajo, de donde se extraen las siguientes características del almacén:

a. Dimensiones:

- Dimensiones totales en metros: 111.89 x 84.75
- Superficie Exterior: 292.6 m².
- Superficie total de la instalación: 9482.68 m².
- Superficie dedicada a los sistemas de almacenamiento en metros:
 - Zona A: 1084.22 m².
 - Zona B: 3816.6 m².
 - Zona C: 2069.8 m².
 - TOTAL: 6970.63 m².**
- Superficie dedicada a pasillos: 1909.86 m².
- Superficie dedicada a oficinas, mantenimiento, aseos...: 286.81 m².
- Superficie dedicada a recepción/salida: 104.3 m².

b. Capacidad máxima en número de pallets: 20258

c. Rendimiento diario esperado: 990 pallets.

d. Número de Trabajadores: 17.

➤ Decisión sobre la política de almacenamiento a seguir.

Con la configuración elegida, la política de almacenamiento a seguir es la del almacenamiento dedicado, dado que para el aleatorio, se requiere un alto nivel de automatización, usándose casi en exclusiva en sistemas AS/RS. así, a cada fila, hueco de rack..., le corresponderá una referencia fija. El máximo número de pallets a almacenar coincide con la suma de los máximos de cada referencia, es decir, los lotes completos.

d) NIVEL OPERACIONAL:

Las decisiones a tomar en este nivel, hacen referencia sobre todo a la futura forma de gestionar y trabajar con el almacén, es algo propio de cada empresa por lo que no se va a profundizar mucho en ello, simplemente mencionar los puntos más importantes a tener en cuenta.

➤ Método de asignación de localizaciones vacías a materiales de entrada.

El método de asignación de materiales a localizaciones vacías en muchas ocasiones se hace por lógica, intentando seguir las reglas dadas en 1.3.1.

En este caso, el almacén se ha dividido en 3 zonas, denominadas A, B y C, pero sin ningún criterio a priori, sólo por la mejor distribución en planta posible de los racks, a su vez cada zona esta dividida en subzonas, numeradas según en que zona se encuentre del 1 al 9.

La zona B es de almacenamiento en el suelo, en ella se posicionaran los artículos en función de su tamaño de lote, los de mayor tamaño de lote hacia el centro de cada subzona, y los de menor tamaño de lote hacia los extremos, con acceso lateral de las carretillas a ser posible, se intentara cumplir también los criterios de similitud y popularidad. En la alternativa C, esta zona B tiene 9 subzonas, según los tamaños de lotes de cada referencia, se colocara en una parte u otra del almacén.

Las zonas A y C de racks Drive-In, los elementos se clasificaran según su tamaño de lote a su vez, colocándose de forma que ocupen el menor numero de huecos siendo almacenado todo el lote.

En los racks simples, los artículos se colocaran según su popularidad, pudiéndose utilizar un método aleatorio de localización, son pocos y podría ser viable en este caso.

➤ Política de asignación de dársenas a camiones.

Esta política dependerá en gran medida de las empresas transportistas y sus horarios de entrega/recogidas de mercancías, es necesaria por tanto una gran coordinación entre la empresa gestora del almacén y las empresas logísticas, esta coordinación normalmente no se da, por los intereses contrarios de ambas empresas.

Las empresas de transportes quieren que sus camiones viajen lo más llenos posibles y en el menor tiempo posible por lo que no les interesa horarios estrictos de llegada/recogida, necesitan tener flexibilidad para hacer consolidación de envíos desde diferentes almacenes a un mismo comprador, a los almacenes sin embargo, no les interesa tener llegadas/salidas de camiones aleatorias a lo largo del día pues dificulta enormemente la organización del mismo, así como imposibilita el compartir los recursos de las áreas de recepción y salida, cosa que se evita con estrictos horarios de recepción y salida.

➤ Política de asignación de operarios y equipos a tareas.

Esta forma parte de la ergonomía, normalmente se hace mediante la experiencia del gerente de almacén, el cual distribuye los recursos a su disposición en función de los picos de trabajo de las operaciones a realizar en cada día, intentando equilibrar los trabajos de forma que no se formen cuellos de botella en ninguna tarea.

No existen recetas para gestionar este punto, es muy variable y depende del trabajo día a día, es por ello que no se puede tratar en profundidad.

DECISIÓN FINAL SOBRE EL ALMACÉN A ESCOGER:

El almacén que finalmente será escogido resulta de la comparación de las características de cada alternativa propuesta con los requerimientos iniciales, que en este caso serían las exigencias impuestas por la empresa gestora en las reuniones previas al diseño, así de acuerdo con la siguiente tabla se tiene:

Característica	Almacén Teórico	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Superficie Total	8288.12 m ²	8990.73 m ²	8809 m ²	9482.68 m ²
Superf. área Almacenamiento	6385.24 m ² (77.04%)	6740.42 m ² (75%)	6512.9 m ² (74%)	6970.63 m ² (73.5%)
Superf. Pasillos	1506 m ² (18.17%)	1567.24 m ² (17.43%)	1526.16 m ² (17.32%)	1909.86 m ² (20.14%)
Superf. Servicios	300 m ²	379.28 m ²	286.81 m ²	286.81 m ²
Capacidad Total	16176	18992	18992	20258
Rendimto. Max.	990	990	990	990
Núm. Trabajadores	17	17	17	17
Superficie/pallet	0.395 m ² /pallet	0.355 m ² /pallet	0.343 m ² /pallet	0.344 m ² /pallet

Tabla 15: Cuadro Resumen de los Resultados del diseño.

Entre estas tres posibilidades, se elige la segunda que supone un ahorro de espacio de 181.73 m², un 2.02% sobre la primera opción. Sobre esta opción se realizará el presupuesto en el capítulo 3, y el análisis de riesgos en los capítulos 4 y 5.

La alternativa C, supone un almacén unos 500 m² mayor que la escogida, la B, además el ratio pallets por metro cuadrado es similar, por lo que sería una alternativa válida en el caso de un aumento importante de la demanda de pallets a almacenar, aunque supondría un cambio radical en la estructura del almacén.

Por otro lado, en estas distribuciones en planta, no se ha considerado el espacio ocupado o perdido por los pilares del edificio, al tratarse de uno de nueva construcción, estos se pueden colocar de forma que no molesten demasiado las operaciones, siendo ideal su colocación entre los racks dispuestos espalda con espalda, esto supondría que el ratio real de pallets por metro cuadrado de la alternativa B quedaría alrededor de 0.4 m²/pallet.

3. Modelo de Costes para la Gestión de Almacenes.

3.1. INTRODUCCIÓN.

En los capítulos anteriores se ha desarrollado y aplicado la metodología a seguir para el correcto diseño de un almacén, en el presente capítulo se van a exponer los pasos necesarios para calcular correctamente el presupuesto necesario para realizar físicamente el almacén.

Si el coste total de cada alternativa de almacén es calculado correctamente, se pueden comparar de una forma clara, además esto puede ayudar también a una correcta elección de la alternativa adecuada, el siguiente modelo de costes ha sido desarrollado para alcanzar los siguientes objetivos:

- **Desarrollar un marco completo de costes de almacén.** De forma que se proporcione el esqueleto para calcular el coste total de cualquier almacén; privado, público o contratado, y que se puedan comparar entre ellos. Todas las empresas del sector incurren, más o menos, en los mismos tipos de costes, la diferencia radica en cómo los tratan. Uno de los objetivos de este modelo es desarrollar un conjunto de costes para que puedan ser comparados de forma efectiva de una empresa a otra.
- **Mejor entendimiento de los costes de almacen.** Este modelo pretende proporcionar un medio de mejorar el nivel de entendimiento que los usuarios de almacenes públicos tienen sobre los costes y tasas que se les aplican, de la misma forma, las compañías públicas de almacenes tendrán una idea mejor de la estructura de costes de los almacenes privados y la misma lógica se puede aplicar a los usuarios de almacenes contratados.

Si ambos, almacenes públicos y privados, dedican su tiempo a calcular los costes de la forma expresada en este modelo, ambos de forma significativa, entenderían mejor la naturaleza de sus costes y que efectos tienen, pudiéndose desarrollar a posteriori políticas de actuación para reducirlos y así, ofrecer mejores servicios a un mejor precio.

- **Facilidad de uso.** Este modelo es fácil de usar, Todos los elementos de costes son descritos y el desarrollo de los costes totales de almacén procede de una secuencia ordenada paso por paso. Lo único que tienen que hacer todos los usuarios es leer la

descripción de los costes, encontrar los costes apropiados a su instalación y rellenar los apartados correspondientes.

- **Flexibilidad de uso.** Este modelo no atiende a discusiones sobre la utilización de una metodología de costes particular, trata de ser explícita en todo el rango de costes que deberían ser incluidos en el cálculo de los costes totales de un almacén, si algunas empresas piensan que algunos de los grupos de costes no pueden ser justificados en sus organizaciones, simplemente dejan el espacio en blanco.

Hay numerosos temas controvertidos relacionados con los costes de los almacenes, algunos de ellos son:

- ¿Qué es un coste de almacenamiento?
- ¿Qué es un coste de manipulación?
- ¿Cómo deberían ser distribuidos los costes generales de administración?

Este modelo no tiene especiales respuestas para esto, los usuarios tienen libertad para direccionar estas cuestiones en el camino que satisfaga sus principios y filosofías empresariales, de nuevo se recalca que este modelo se centra en asegurar que todo el rango de costes de almacenes han sido tenidos en cuenta para calcular el coste total de la instalación.

El modelo de costes expuesto a continuación es una adaptación al caso español del modelo recientemente publicado por la asociación americana WERC [3]. Este modelo se estructura de forma que la unidad de análisis es una instalación de almacén individual, esto es, que todos los costes que se manejen serán relativos a una instalación concreta en una localización determinada, independientemente de si se trata del almacén de una empresa manufacturera con diversas instalaciones dispersas geográficamente, un almacén público con un único edificio o un almacén público alquilado con varios edificios.

Una vez que los costes son determinados para ese edificio individual, se pueden utilizar para realizar multitud de análisis y evaluaciones, por ejemplo, si se sabe el coste total de la instalación, se puede relacionar con el rendimiento total y obtener el coste relativo por instalación para así, poder compararlas, por otro lado si se sabe el número total de horas de trabajo en el almacén, se puede calcular el coste de la instalación por hora..., estos algoritmos se verán en la sección 3.3 de este capítulo. El principio fundamental que guía este modelo es el cálculo riguroso del coste anual total de operar con un almacén dado.

El proceso de acumulación de costes está basado en una estructura de costes de almacenamiento que se debe asumir, esta estructura puede que no sea de aplicación universal, pero es lo suficientemente flexible para adaptarse a posibles variaciones sustanciales de forma que se pueda usar en cualquier almacén. Este modelo va a separar los costes del almacén en cuatro categorías principales:

- 1. COSTES DE MANIPULACIÓN.** Esta categoría recoge todos los costes asociados al movimiento de productos dentro o fuera del almacén. Los componentes principales dentro de este grupo son:

- Personal Laboral, Operarios.
- Equipos de Manipulación de Mercancías.
- Sistemas de Apoyo.
- Otros costes directamente relacionados con la manipulación, despacho y carga/descarga de productos.

La determinación de estos costes para una operación dada requerirá realizar algunas estimaciones documentadas, como puedan ser el número de horas de trabajo necesarias para realizar la actividades en cuestión.

- 2. COSTES DE ALMACENAMIENTO.** Costes de almacenamiento son todos aquellos asociados con el “descanso de las mercancías”. Normalmente se incurre en estos costes se tengan o no productos en el almacén, incluso aunque los productos nunca se muevan. Generalmente los costes de almacén tienen en cuenta:

- Costes de alquiler de la nave, o costes de amortización si la nave es en propiedad.
- Costes de operación, trabajos en la instalación.

Para determinar estos costes de nuevo se deben realizar algunas estimaciones, u obtener de forma documentadas el número de metros cuadrados de superficie que son necesarios para operar con el almacén.

- 3. COSTES ADMINISTRATIVOS DE OPERACIONES.** Estos costes son incurridos al realizar las actividades normales de funcionamiento del almacén, son referentes a un almacén concreto, diferentes de uno a otro, y si el almacén fuera cerrado, desaparecerían automáticamente. Se incluyen en este grupo:

- Gestión.
- Costes de las oficinas del almacén.
- Sistemas de Información, Procesamiento de Datos.
- Actividades administrativas.
- Seguros.
- Material de oficina.
- Otros costes relacionados.

- 4. COSTES ADMINISTRATIVOS GENERALES.** Estos costes no son directamente incurridos en relación con las operaciones de un almacén concreto, son costes que generalmente aparecen debido a la función logística del almacén para la empresa.

Estos costes son incurridos por los equipos no relacionados directamente con las operaciones del almacén o por el personal laboral en la oficina central de la empresa, es decir, en un almacen público, estos costes serían los generados por trabajadores de las

oficinas centrales, cuyo trabajo afecte de alguna forma al buen funcionamiento del almacén en cuestión, por ejemplo: salarios de ejecutivos, viajes, coches de empresa..., en el caso de un almacén privado serían los costes del departamento logístico de la empresa que en algunos casos facilita la misión del almacén, algunos ejemplos son: El salario del director del departamento, personal, procesamiento de datos en el departamento y otros gastos administrativos similares.

Considerables juicios se deben hacer para calcular la cantidad adecuada de todos estos costes que se deben incluir en el cálculo del coste total del almacén.

La estructura de costes presentada en este capítulo, se puede usar como consejo para facilitar la acumulación de todos los costes a tener en cuenta en un almacén. Los futuros usuarios de este trabajo tienen libertad de colocar sus costes en cualquier categoría que tenga sentido para ellos, adicionalmente si el nivel de detalle no fuera suficiente, elementos de costes pueden ser combinados o separados según sea necesario en cada caso.

Este modelo de costes, no atiende a cuantificar y compilar los costes de un almacén asociados con el riesgo, esos costes de riesgo incluyen:

- Instalaciones poco utilizadas.
- Infrautilización de los operarios disponibles.
- Exceso de equipamiento necesario, o temporal.
- Equipos obsoletos.
- Robos y pérdidas de valor.
- Costes de pérdidas de empleados.

Estos costes por riesgos, no son tratados aquí porque no existe aun un planteamiento uniforme para determinar su valor exacto, por ello depende altamente de cada instalación y sobre todo de su gestión interna.

Una vez que todos los costes de almacén han sido localizados, el modelo recomienda que los costes totales de manipulación y de almacenamiento sean calculados añadiéndoles parte de los costes administrativos de operaciones y de administración general. De nuevo, no hay reglas fijas que especifiquen cómo se debe distribuir esto, es una decisión de cada compañía.

Los costes totales de manipulación y almacenamiento son elementos variables en el proceso de análisis de costes de almacén. Los costes de manipulación se pueden dividir por el total de horas trabajadas en el almacén y se obtendría el coste de manipulación por hora, de la misma forma, el coste de almacenamiento se puede dividir por el número de metros cuadrados de la instalación y se obtendría el coste de almacenamiento por superficie, (ver apartado 3.3). Estas dos medidas de costes, llegan a ser el punto de referencia para comparar los costes de almacenes públicos y privados, públicos con contratados...

Se va a detallar a continuación qué se entiende por almacén público, privado o contratado:

- Almacén Público: Es aquel almacén que pertenece a la administración pública, ya sea local o estatal, entre ellos se encuentran los almacenes portuarios, los almacenes gestionados por los ayuntamientos..., se suelen alquilar a empresas para su explotación pero la propiedad del mismo corresponde a las distintas administraciones.
- Almacenes Privados: Son aquellos que pertenecen a las propias empresas, son por ejemplo, los almacenes de los grandes almacenes y supermercados, industrias..., se encuentran en polígonos industriales normalmente.
- Almacenes Contratados: Son almacenes públicos pero que una parte del mismo se arrienda a otra empresa para su uso parcial, varias empresas pueden realizar su actividad en un mismo almacén físico, dependiendo de la capacidad de éste y el grado de colaboración entre las empresas.

Para poder realizar una comparación realista entre las distintas posibilidades de almacén (públicos, privados o contratados) hay que obtener medidas de la productividad laboral y el espacio que utiliza el almacén.

Estos dos elementos son temas muy complejos y requieren un tratamiento extenso e individualizado, como consecuencia de esto, este modelo no atiende a dividir estos temas muy en detalle, tienden a ser diferentes de una operación a otra debido a la gran variación en las variables que tienen como: las características de entrada y salida, personal laboral, volumen de mercancías, métodos operacionales, equipamiento, características físicas de la instalación..., de todas maneras, algunas compañías desearían estimar las tasas de manipulación y almacenaje haciendo referencia a la productividad y el espacio, por esto, se incluye al final del capítulo un método simplificado de cálculo de la tasa de manipulación por unidad (apartado 3.3.3), y la tasa de almacenamiento por unidad (apartado 3.3.4)

Este modelo puede facilitar el proceso de comparación entre los costes de almacenes de distintas empresas, mas específicamente las ventajas de usar este modelo se pueden resumir en:

- Una metodología estandarizada de costes.
- Un método para asegurar que un razonable rango de los costes de un almacén es considerado.
- Un método para asegurar que cuando se comparan almacenes privados y públicos se haga de forma correcta.
- Establece un formato común, esto es, qué costes se incluyen y cómo se determinan.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COSTES DE UN ALMACÉN.

En esta parte del capítulo, se procederá a explicar con detalle el listado de todos los elementos de coste a tener en cuenta en cada una de las cuatro categorías en las que se han dividido.

3.2.1. COSTES DIRECTOS DE MANIPULACIÓN.

Los costes de manipulación son considerados todos aquellos costes asociados al movimiento de productos dentro o fuera de la instalación, los principales componentes se vieron en la introducción al capítulo, ahora se detallarán en profundidad.

Un amplio rango de actividades del almacén, desde la descarga de vehículos hasta la devolución de productos defectuosos son incluidos en esta categoría, algunos ejemplos de actividades del almacén en esta categoría se muestran a continuación, nótese que cada una de estas actividades esta directamente asociada al movimiento de mercancías.

- Descarga de vehículos entrantes.
- Paletizado y clasificación de mercancías entrantes.
- Manipulación de mercancías dañadas.
- Colocación de mercancías en el almacén.
- Seguimiento de órdenes de despacho.
- Despacho de órdenes.
- Chequeo de las órdenes despachadas.
- Carga de vehículos de salida.
- Redistribución de almacenes.

Se va a dividir este apartado, a su vez, en tres grupos de costes, costes derivados del personal laboral y su trabajo en el almacén, costes por equipos de manipulación de mercancías y otros costes de manipulación, de forma que se puedan estudiar cada grupo de una forma individualizada y en mayor nivel de detalle.

3.2.1.1. COSTES DEL PERSONAL LABORAL EN EL ALMACEN.

1. **PAGOS DIRECTOS A LOS EMPLEADOS.** Esta categoría incluye las nóminas de los empleados en la manipulación de mercancías, otros operarios del almacén..., contemplando también horas extras, bonos, objetivos, trabajos a tiempo parcial, trabajos casuales de los propios empleados...
2. **COMPENSACIONES POR PRODUCTIVIDAD.** En esta categoría se incluye cualquier beneficio que otorgue la empresa por cumplir con las tareas expresadas anteriormente, es decir, extras por productividad, baja siniestralidad o incentivos por baja ausencia laboral..., se colocarán también aquí seguros de salud, contribuciones a las pensiones de los operarios, ayudas de la empresa para ropa de los empleados.

3. **COMPENSACIONES POR ABSENTISMO LABORAL.** Se incluyen aquí todos los gastos de la empresa relacionados con el pago de vacaciones de los empleados del almacén, funerales, bodas, enfermedades, absentismo injustificado o cualquier otro tiempo muerto por parte de los empleados...
4. **PAGOS DE IMPUESTOS.** En esta categoría se incluyen los pagos por parte de la empresa de los impuestos locales o estatales correspondientes a sus empleados en el almacén, como pueden ser, cotizaciones a la Seguridad Social, retenciones del I.R.P.F, etc.
5. **TRABAJADORES EXTERNOS.** En este grupo se incluyen los pagos realizados por trabajos de personas temporalmente vinculadas al almacén de la empresa como pueden ser, trabajos a tiempo parcial, contratos con empresas de trabajo temporal, o cualquier trabajo que no supone participación alguna en los beneficios a repartir por la empresa en cuestión de productividad o cualquier otra causa, esta categoría también incluye cualquier obligación tributaria a pagar por la empresa en relación a esos conceptos.
6. **PLANES DE FORMACIÓN Y OTRAS COMPENSACIONES DE TIEMPO.** Este grupo incluye todos los gastos de la empresa incurridos en planes de formación internos, incentivos para la participación, dietas de viajes para cursos de educación, etc.

3.2.1.2. COSTES DE EQUIPOS DE MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS.

1. **EQUIPOS Y ACCESORIOS.** En esta categoría se incluyen los gastos derivados de los equipos de manipulación de mercancías como carretillas elevadoras, transpalets..., teniéndose en cuenta además sus accesorios. Se incluye también aquí los gastos de combustible (propano, baterías, cargadores, electricidad..., dependiendo del tipo de equipo), mantenimiento (mano de obra, piezas, equipos de mantenimiento, contratos exteriores de mantenimiento...), y cualquier otro gasto de este tipo. Si el equipo no es propio, los alquileres o leasing serán tenidos en cuenta, si es propio se debe contar la cantidad adecuada de intereses y depreciación derivados del pago financiado de los mismos.
2. **EQUIPOS ESPECIALES DE MANIPULACIÓN DE MERCANCIAS.** En este grupo, a su vez, se incluyen los gastos descritos anteriormente pero para los equipos como AS/RS, cintas automáticas, AGV's, dársenas móviles, paletizadores, equipos de aire comprimido..., cualquier equipo extraño de manipulación de mercancías es incluido aquí, a su vez como se dijo anteriormente, también se incluyen los gastos de mantenimiento, depreciación, alquiler, combustible...

3.2.1.3. OTROS COSTES DE MANIPULACIÓN.

1. **PALLETS.** Este grupo incluye los costes de comprar, utilizar y reparar los pallets usados en el almacén.
2. **ELEMENTOS DE APOYO.** Se incluyen elementos como pequeñas herramientas, equipos de empaquetado, etiquetas de identificación, pegamento, papel, cajas de cartón para embalados, rollos de plástico de burbuja...
3. **GASTOS DE RETRASOS.** En este grupo se apuntarán los costes derivados de retrasos en la descarga de camiones o trenes, cuando no se cumplen fechas de compromiso...
4. **DEVOLUCIÓN DE MATERIALES DAÑADOS.** Se tienen aquí los gastos incurridos al devolver a su lugar de origen los materiales que llegan dañados al almacén y que no son responsabilidad del almacén, se incluye la mano de obra, los elementos de apoyo y los equipos usados en el proceso de devolución.
5. **OTROS.** Esta categoría recoge cualquier gasto de la empresa relacionado con el almacén y que no hayan sido contemplados en categorías anteriores.

3.2.2. COSTES DIRECTOS DE ALMACENAJE.

Los costes de almacenaje contemplan todos aquellos costes incurridos al mantener mercancías “en descanso”, es decir paradas en las distintas posiciones de almacén a la espera de ser despachadas para cubrir la demanda de los clientes.

Estos costes ocurrirán incluso si los productos son o no movidos, generalmente están relacionados con los costes de mantenimiento y propiedad de la instalación. Así, dentro de este grupo se van a distinguir:

3.2.2.1. EDIFICIO.

1. **ALQUILER O DEPRECIACIÓN, E INTERÉSES.** Esta categoría incluye los costes de alquiler del edificio si no es en propiedad, en este caso se usa el coste anual del alquiler. Si el edificio es en propiedad, hay algunos planteamientos diferentes a tener en cuenta, uno de ellos es incluir la depreciación anual así como los costes de los intereses del capital prestado, sin embargo en algunos almacenes se prefieren contemplar el valor actual de mercado del edificio cuando calculan el coste del mismo.

Desde la perspectiva de la toma de decisiones, el planteamiento apropiado sería el coste de oportunidad de ocupación del edificio, dándose sólo en casos donde el coste o tasa de leasing es extremadamente baja en relación con los costes de alquiler en edificios similares en condiciones similares.

2. **IMPUESTOS ESTATALES.** Aquí se incluyen todos los impuestos reales que tiene que pagar la empresa por tener el edificio. Si el edificio es alquilado, pagará los impuestos que especifique el contrato.
3. **SEGUROS.** Se trata de los seguros que tienen que ver directamente con el propio edificio como puede ser el seguro contra-incendios, seguro de responsabilidad civil de accidentes...
4. **COSTES DE MANTENIMIENTO EXTERIOR.** En este grupo se incluyen los costes de mantenimiento del exterior del edificio como pueden ser, la mano de obra, materiales, equipos, servicios contratados para reparación y mantenimiento del tejado, paredes..., también se tienen en cuenta aquí los costes de pintar el edificio por fuera. Los daños provocados como consecuencia del impacto de algo contra el edificio, no están incluidos.

3.2.2.2. ALREDEDORES.

Esta categoría, incluye los costes asociados con las áreas que rodean al edificio en cuestión como son, mantenimiento de jardines y zonas verdes, retirada de nieves, mantenimiento de las áreas de parking...

3.2.2.3. EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO.

En esta categoría se van a contemplar los costes asociados con los sistemas de almacenamiento de mercancías, como son: racks, estanterías y cualquier otro sistema empleado en la instalación. Se incluyen los gastos por depreciación e intereses, alquiler o leasing de los equipos y los costes de mantenimiento incluyendo, a su vez, en ellos mano de obra, piezas a sustituir equipos usados en el mantenimiento y los servicios exteriores contratados.

3.2.2.4. MODIFICACIONES DEL ALMACEN.

En este apartado se va a tratar con los costes derivados de cambios estructurales en el edificio como consecuencia de cambios en la producción, los sistemas, las operaciones, las políticas de actuación, o para hacer frente a riesgos imprevistos. Estos costes no se refieren a reparaciones y mantenimiento, sólo a modificaciones en el almacén para adecuarse a los cambios en procedimientos y operaciones.

Los elementos incluidos en la modificación de la instalación son; la mano de obra necesaria, equipos y los materiales y si se contrata una empresa para realizar los cambios, se

añadirán los costes de los servicios contratados. También se tienen en cuenta la instalación de sistemas y equipamiento que pertenezcan a las operaciones del almacén.

3.2.2.5. SERVICIOS PÚBLICOS.

En esta categoría se incluyen los gastos de todos los servicios municipales del almacén relacionados con la luz, gas, agua, recogida de basuras, calefacción...

3.2.2.6. MANTENIMIENTO INTERIOR.

En esta categoría se incluirán los costes de mantenimiento y reparación del interior del edificio y sus instalaciones como la instalación de aire acondicionado y calefacción, sanitarios, áreas de descanso, ascensores, sprinklers, pintado interior...

Como siempre, se contemplan los gastos de mano de obra, materiales y equipos necesarios para realizar la labor, o bien los gastos de los servicios contratados para realizarla.

3.2.2.7. SEGURIDAD.

En esta categoría se incluyen los gastos incurridos en la protección del edificio y su contenido. Servicios de empresas de seguridad, instalación, operación y depreciación de sistemas de seguridad como cámaras, sensores...

3.2.2.8. OTROS COSTES DE ALMACENAMIENTO.

En este apartado se incluirán cualquier gasto relacionado con el almacenaje de mercancías y que no haya sido contemplado en ninguna de las categorías anteriores.

3.2.3. COSTES ADMINISTRATIVOS DE OPERACIÓN.

Estos costes aparecen al “apoyar” la actividad realizada en el almacén, son específicos de cada instalación por lo que, si esta es cerrada, estos costes deberían desaparecer.

Los costes administrativos de operación, se calculan anualmente y facilitan los procesos de manipulación y almacenamiento de mercancías, normalmente no se pueden relacionar directamente con cualquiera de esas operaciones, generalmente una base arbitraria es usada para asignar esos costes a cada operación individual.

De cualquier manera, el propósito de ésta sección en el proceso de costes de un almacén es asegurar que todos los costes administrativos de operación van a ser contemplados, para más tarde, desarrollar un proceso de asignación de estos costes a cualquiera de las operaciones involucradas; manipulación o almacenaje.

El objetivo de este apartado es enumerar y clasificar los costes a tener en cuenta, las empresas suelen utilizar su propio método de asignación de estos costes a las operaciones, no se va a entrar en ello.

Es sabido que no todas las empresas van a usar este método para calcular y acumular los costes administrativos de operación de sus almacenes, sin embargo, usando esta metodología ayudara a asegurar que cada empresa esta incluyendo en el proceso los mismos elementos de coste y que un conjunto amplio de ellos se tiene en cuenta para la comparación entre ellas.

Ahora se van a separar estos costes en varias categorías, así:

3.2.3.1. SALARIOS DE LOS GERENTES Y PERSONAL ADMINISTRATIVO.

En este grupo se incluyen los costes asociados con todos los pagos que tiene que realizar la compañía a los gerentes del almacén, personal jefe del almacén, al igual que se incluye todos los pagos a realizar al personal administrativo del almacén, dependerá de la estructura de cada empresa, por lo que este apartado variará mucho de una instalación a otra.

Los elementos a tener en cuenta aquí son los salarios, distribución de beneficios, bonos, compensaciones de horas extras, impuestos a pagar a la agencia tributaria por este personal...

3.2.3.2. TRABAJOS TEMPORALES.

Este grupo recoge los costes y pagos a realizar a empresas exteriores o consultorías por ayudas temporales en el trabajo de las oficinas del almacén.

3.2.3.3. EQUIPAMIENTO DE OFICINA.

Este grupo se puede dividir en dos a su vez:

- Costes de equipamiento de oficina que tienen consideración de inversión, es decir, mobiliario, fotocopiadoras..., van a tener una larga vida útil en las oficinas. También se incluye la depreciación e intereses por pago aplazado, costes de mantenimiento y reparación con su mano de obra, piezas de repuesto y cualquier servicio exterior de mantenimiento...
- Costes de equipamiento de oficina que no son lo suficientemente altos para considerarse inversiones.

3.2.3.4. MANTENIMIENTO DE OFICINAS.

Se incluyen aquí los costes relacionados con la limpieza, reparación y mantenimiento del área de oficinas del almacén, contabilizando pagos a conserjes o bedeles, mano de obra, piezas de repuesto, equipos necesarios, pagos a empresas exteriores por servicios subcontratados en este área...

3.2.3.5. COSTES DE COMUNICACIONES.

Se incluyen los gastos de teléfono, fax, microondas o cualquier otra forma de comunicación en un almacén, también se contabilizan aquí los gastos derivados de la compra y reparación y mantenimiento de los equipos necesarios para las comunicaciones.

3.2.3.6. SERVICIOS POSTALES Y DE MENSAJERÍA.

Se contabiliza en esta categoría todos los gastos que se incurren en servicios públicos postales o privados de mensajería, así como los costes de servicios de despacho de materiales asociados con las operaciones del almacén.

3.2.3.7. MATERIALES DE OFICINA.

Gastos concernientes a papel, lápices, bolígrafos, grapas, clips..., que no se encuadren en otras categorías.

3.2.3.8. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Este grupo se refiere a los costes incurridos en un almacén determinado en relación a la generación y procesamiento de los datos necesarios para gestionar adecuadamente el mismo, se centra en el hardware, software, programación y servicios informáticos desarrollados y usados en el almacén.

Aquí no se tienen en cuenta el procesamiento de datos de apoyo desde las oficinas centrales de la empresa, o licencias de software que son utilizadas en varias instalaciones, sólo los específicos de este edificio.

Se incluyen los gastos en alquileres de equipos informáticos, depreciación e intereses de los mismos si son en propiedad, los costes de las líneas telefónicas utilizadas en los equipos informáticos, mantenimiento de los equipos incluyendo mano de obra, piezas, servicios informáticos externos, los costes de programas de aprendizaje de sistemas informáticos..., y cualquier gasto relacionado con la informática en el almacén.

3.2.3.9. COSTES LEGALES Y PROFESIONALES.

Se trata aquí los gastos derivados de los trabajos legales realizados por abogados, ingenieros, arquitectos o cualquier otro colectivo profesional como consultores, que puedan ser específicos a un almacén dado.

3.2.3.10. LICENCIAS E IMPUESTOS.

En este grupo se incluyen los gastos requeridos por las distintas licencias de operación o impuestos que necesitan todos los edificios para poder ser utilizados, como la licencia de apertura, la habitabilidad...

3.2.3.11. VIAJES.

Sólo se incluyen aquí aquellos costes derivados de los viajes que tiene que realizar los empleados para apoyar las operaciones llevadas a cabo en un almacén específico.

3.2.3.12. SEGUROS.

Se tratan aquí los gastos de la empresa en materia de seguros específicos relacionados con las operaciones de un almacén particular como pueden ser los seguros de accidentes.

3.2.3.13. PÉRDIDAS POR DAÑOS, ERRORES...

Son las pérdidas de la empresa debido a errores en las operaciones, daños en las mercancías como consecuencia de su manipulación en el interior del almacén, faltas de materiales por rotura de stocks, errores en el envío de productos...

3.2.3.14. OTROS COSTES.

Cualquier coste no contemplado en las 13 categorías anteriores, un ejemplo de esto puede ser el coste de la cafetería o área de descanso del almacén.

3.2.4. COSTES ADMINISTRATIVOS GENERALES.

Esta última categoría de costes en la que se ha dividido este proceso, hace referencia a aquellos costes que no son directamente incurridos en relación con las operaciones que se realizan en un almacén determinado, es decir, son los costes a tener en cuenta por personal no operativo. Una de las mayores diferencias entre los almacenes públicos y privados está en el tratamiento de estos costes.

Esta categoría se distingue de la anterior en que los costes anteriores se pueden relacionar directamente con las distintas operaciones del almacén, así por ejemplo, el equipamiento de la oficina del gerente del almacén es innecesario si el almacén cierra, sin embargo, el mobiliario del jefe del departamento logístico de la empresa seguirá teniéndose en cuenta, incluso si alguno de los almacenes a su cargo se cierra.

Lógicas similares se pueden aplicar a muchas áreas en los almacenes privados, los sistemas centrales de tratamiento de la información o procesamiento de datos, proporcionan servicios a toda la compañía, por lo que los costes de estos sistemas no se pueden incurrir directamente a un almacén concreto, sólo una parte de ellos corresponderá a la instalación a analizar.

Para los almacenes públicos, todos los costes administrativos generales tienen que ser cubiertos por las tasas que pagan los usuarios por los servicios prestados, de hecho, en la mayoría de los casos el almacén público asigna parte de los costes administrativos generales a las actividades de manipulación y almacenaje, que luego se cargan en las facturas a los clientes, si el almacén público tiene varias instalaciones, sólo una porción de éstos costes se tiene en cuenta en los cálculos del almacén particular. Muchos usuarios de almacenes públicos cuestionan este planteamiento así como la elección de la porción de éstos costes que es cargada en las facturas, una meta importante de esta sección es proporcionar un proceso para hacer explícito el rango de

costes administrativos generales a considerar, así como la porción específica de los mismos a imputar en el almacén.

Por el lado privado, un conjunto de actividades en las oficinas centrales son realizadas para apoyar el funcionamiento de los almacenes, se tiene que añadir por tanto y de alguna forma el esfuerzo realizado por el departamento logístico, el personal de oficinas centrales, los sistemas de tratamiento de la información, procesamiento de datos... en el cálculo de los costes de almacenes privados, la cuestión a resolver es: Estos costes no operativos, generales a nivel corporativo, a qué grupo deberían imputarse y cómo, para que se vean reflejados de forma correcta en los costes totales del almacén.

La controversia que rodea esta cuestión no tiene fin, o no tiene respuesta. Puede ser bastante fácil argumentar que pequeños cambios en los costes corporativos, es decir los de toda la empresa, ocurrirán si un almacén específico es cerrado, considerando las posibles reducciones en personal, gestión logística..., de hecho, los costes de los almacenes privados no suelen incluir ningún tipo de coste logístico administrativo de la empresa o cualquier otro coste de la empresa en apoyo a la actividad del almacén.

El resultado de todo esto es que en este modelo no se va a entrar si es correcto o no el planteamiento de costes, se va a centrar únicamente en poner de manifiesto todos los costes administrativos generales que deberían tenerse en cuenta en el cálculo de los costes totales de un almacén, ya sea público o privado. De nuevo hay que comentar que cualquier empresa puede incluir o excluir los grupos que no casen con su filosofía empresarial, o no estén de acuerdo en imputar.

Los costes que a continuación se relacionaran deberán tratarse de una forma un poco particular:

- En primer lugar los almacenes públicos incurren en unos costes administrativos que no tienen su equivalente en los almacenes privados, un ejemplo de esto son los costes de ventas, de publicidad..., las empresas privadas, simplemente deben ignorar estos apartados en el cálculo final.
- En segundo lugar, muchos de los grupos de coste que a continuación serán planteados, reciben tratamiento distinto o no, dependiendo de si se aplican a un almacén público o privado, en los casos donde existan diferencias, se especificarán las instrucciones a seguir en el cada caso.

Muchos de los grupos aquí expuestos están duplicados en relación a la sección anterior, por ejemplo el caso de los costes de comunicaciones, sin embargo hacen referencia a cosas distintas, en este caso se refiere a los gastos en comunicaciones de las oficinas centrales y no las oficinas físicamente ubicadas en el almacén y dedicadas a las actividades del almacén.

- En tercer lugar, las compañías públicas de almacenes a menudo operan diferentes instalaciones así como proporcionan otros servicios como pueden ser los

transportes, en esos casos sólo una porción de los costes administrativos generales deben ser asignados a la instalación cuyos costes están siendo determinados, el proceso apropiado para atribuir estos costes al almacén dado es dejado al criterio de la compañía pública en cuestión.

3.2.4.1. SALARIOS DE LOS EJECUTIVOS Y TRABAJADORES.

1. **ALMACENES PÚBLICOS:** Este grupo incluye los pagos de la compañía a los jefes y ejecutivos, incluyendo el área de marketing, también se incluyen la proporción adecuada de los pagos al personal de la empresa trabajando en la oficina general y cuyo trabajo está relacionado de alguna forma con el almacén en estudio. Este grupo debería incluir el personal de recursos humanos, contabilidad, departamento legal, auxiliares administrativos..., son los salarios, bonos, distribución de beneficios, horas extras...
2. **ALMACENES PRIVADOS:** Incluye la porción apropiada de los pagos realizados por la empresa a los jefes y ejecutivos que dedican parte o todo su tiempo a actividades de gestión relacionadas con los almacenes, como puede ser el director del departamento logístico..., se tienen en cuenta los salarios, bonos, primas, horas extras, beneficios empresariales...

Aquí se incluye la apropiada distribución de los pagos realizados por la empresa al personal operario cuyo esfuerzo apoya indirectamente el buen funcionamiento del almacén. Pueden ser incluidas personas relacionadas con todos los departamentos de la empresa, legal, recursos humanos, financiero..., la cantidad a ser imputada en los costes del almacén es decidido por cada empresa particular.

La forma más lógica de imputar esto es por medio de un planteamiento incremental, es decir, si por ejemplo un individuo del área de recursos humanos de la empresa nunca pisó el almacén, pero trabajaba controlando programas de formación de un almacén que se cierra, su salario anual debería considerarse como costes del almacén, asumiendo que tras el cierre se reasignará ese coste a otro punto de la empresa.

3.2.4.2. OFICINAS.

1. **ALMACENES PÚBLICOS:** Este grupo hace referencia a la porción adecuada de costes de las oficinas centrales, incluyendo el coste del espacio ocupado por estas oficinas, alquiler de equipos o depreciación e intereses, mantenimiento y reparación de equipos...
2. **ALMACENES PRIVADOS:** Esta categoría debería incluir la porción adecuada de los costes de las oficinas centrales de la compañía que estén relacionadas con las misiones de los almacenes. Normalmente, son las oficinas ocupadas por el departamento logístico, los jefes del mismo y sus ayudantes o empleados y equipo necesario para trabajar. De nuevo

un planteamiento incremental es una buena guía para este caso, así, si parte del personal de la oficina o equipos deben ser eliminados o reasignados a otras áreas al cerrar un almacén, esa parte debe ser asignada a los costes de almacenes en esta sección.

3.2.4.3. VEHÍCULOS.

1. **ALMACENES PÚBLICOS.** Esta categoría incluye la porción adecuada de los costes incurridos por vehículos de empresa del personal de las oficinas centrales, es decir, los gastos por la compra y depreciación del mismo, alquiler, uso, mantenimiento, seguros...
2. **ALMACENES PRIVADOS.** En este grupo se deberían incluir la porción adecuada de los gastos producidos por los coches de empresa usados por los ejecutivos y directivos del área logística, también aquí si un coche es reasignado, la parte correspondiente a ese gasto se eliminará de los costes de almacén, a su vez estos gastos incluyen mantenimiento, seguros, alquiler o compra...

3.2.4.4. OPERACIONES GENERALES EN LAS OFICINAS.

1. **ALMACENES PÚBLICOS.** Se colocan en este grupo la porción de costes de operación de las oficinas centrales de la empresa, se incluyen gastos de teléfono, seguridad, correo, servicios de mensajería, instalaciones de servicios, aire acondicionado, calefacción, mantenimiento..., son gastos generales que no se pueden asignar a una instalación particular.
2. **ALMACENES PRIVADOS.** A su vez este apartado incluirá la porción adecuada de gastos de los departamentos logísticos o de cualquier otra índole que trabajen de forma indirecta para que el almacén cumpla su misión en la empresa. Al igual que antes incluyen gastos de teléfono, mensajería, mantenimiento, correo... y de nuevo si por ejemplo una línea de teléfono se elimina al cerrarse un almacén, este gasto de menos, debería verse reflejado en este apartado.

3.2.4.5 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

1. **ALMACENES PÚBLICOS.** Aquí se coloca la porción correspondiente de costes derivados del sistema general de información de la compañía, es decir, el sistema de procesamiento de datos que no sea específico del almacén y que facilite su gestión. Incluye, compra o alquileres de equipos, software, servicios contratados de mantenimiento o de cualquier otro tipo relacionado...

2. **ALMACENES PRIVADOS.** Esta categoría incluirá la porción adecuadamente seleccionada de los costes genales de la empresa incurridos por el sistema de información utilizado en apoyo al cumplimiento de la misión que realiza el almacén en la misma. Como antes, se tiene en cuenta los gastos por equipos, mantenimiento, licencias de software, programación, servicios externos contratados... y de nuevo si se cierra un almacén, la parte de estos gastos correspondientes a ese almacén se elimina también.

3.2.4.6. IMPUESTOS.

1. **ALMACENES PÚBLICOS.** Aquí se incluye la parte correspondiente de los diversos impuestos que tiene que pagar la empresa por los coches, las oficinas, las licencias..., de todos los edificios donde se realicen trabajos indirectamente relacionados con el almacén en cuestión.
2. **ALMACENES PRIVADOS.** Este grupo incluye la porción adecuada de impuestos generales de las empresas que puedan ser razonablemente asignados al almacén en cuestión.

3.2.4.7. COSTES LEGALES Y PROFESIONALES.

1. **ALMACENES PÚBLICOS.** Este apartado incluye la porción de los pagos realizados por la empresa al contratar servicios de asesoramiento legal y profesional que benefician a toda la compañía. Son los gastos por consultores, bufetes de abogados, oficinas de ingeniería o arquitectura, asesoramiento financiero y cualquier otro servicio profesional que se necesite.
2. **ALMACENES PRIVADOS.** Este grupo incluye la parte adecuada de gastos en los distintos servicios legales y profesionales que necesite el departamento logístico de la empresa.

3.2.4.8. PUBLICIDAD.

1. **ALMACENES PÚBLICOS.** Se incluirán aquí los gastos imputables por anuncios en televisión, radio, periódicos, páginas amarillas u otro medio de comunicación en los que se trate de promocionar y vender los servicios prestados por la empresa propietaria del almacén. Los gastos a incluir son del tipo de costes del espacio del anuncio, costes de contratar a empresas publicitarias, gastos de promociones u ofertas en servicios, comisiones, salarios de trabajadores dedicados a esto...
2. **ALMACENES PRIVADOS.** No suelen ser relevantes.

3.2.4.9. VIAJES.

1. ALMACENES PÚBLICOS. Se colocan en este grupo la porción adecuada de los gastos por viajes del personal de las oficinas centrales, como pueden ser billetes de avión, tren..., dietas...
2. ALMACENES PRIVADOS. Se pone la parte adecuada de los gastos por viajes realizados al almacén por el personal del departamento logístico en las oficinas centrales de la empresa. Al igual que siempre si el almacén se cierra, estos gastos desaparecen.

3.2.4.10. COSTES DE CURSOS DE FORMACIÓN Y OTROS DEBERES.

1. ALMACENES PÚBLICOS. Este grupo incluye la porción de los costes ocasionados por el personal de las oficinas centrales al realizar cursos de formación o cualquier programa de desarrollo de los empleados.
2. ALMACENES PRIVADOS. Se incluye la parte adecuadamente elegida de los costes de programas de formación de personal de las oficinas que tengan relación con el buen hacer del almacén.

3.2.4.11. OTROS COSTES NO OPERATIVOS.

1. ALMACENES PÚBLICOS. Se incluyen aquí cualquier porción de coste indirectamente relacionado con la actividad del almacén, como puedan ser cargos bancarios, programas de entretenimiento si no están incluidos en los costes de publicidad, u otros.
2. ALMACENES PRIVADOS. Se colocaran en este grupo cualquier porción de coste producido por el personal indirectamente implicado en el correcto trabajo de la instalación, y que no se hayan asignado a otra categoría.

3.3. OTROS ALGORITMOS DE COSTES.

Como se vio anteriormente se van a describir cuatro algoritmos simples de cálculo de los costes anuales del almacén en relación a la mano de obra o al espacio ocupado por el mismo.

3.3.1. COSTES DE MANIPULACIÓN POR HORA TRABAJADA.

- a) Calcular como se ha descrito en 3.2.1. los costes directos totales de manipulación.
- b) Distribuir la adecuada proporción de los costes administrativos de operación y costes administrativos generales a los costes directos de manipulación.
 1. Recuperar los costes administrativos totales de operación, apartado 3.2.3.
 2. Recuperar los costes administrativos generales, apartado 3.2.4.
 3. Sumarlos.
 4. Determinar el porcentaje del total de cada coste a incurrir en las operaciones de manipulación y almacenaje, deben sumar el 100%.
 5. Calcular el número total de euros a colocar en la operación de manipulación mediante el producto del porcentaje destinado a manipulación calculado en 4, con el total calculado en 3.

Existen una gran variedad de métodos para calcular y distribuir las proporciones adecuadas de costes en cada caso, algunos son:

- Distribuir los costes administrativos en función del ratio manipulación / almacenamiento, es decir, si los costes de manipulación son por ejemplo 1.8 millones de euros y los de almacenamiento son de 2.4 millones, el total es de 4.2 millones y la parte de manipulación es de $1.8/4.2 = 43\%$ por lo que los costes administrativos a distribuir son ese porcentaje.
 - Otro método es distribuirlos al 50% entre manipulación y almacenamiento aunque este método no es muy realista.
 - Distribuir los costes de administración según el ratio de gestión / tiempo de supervisión empleado en cada actividad, si en la gestión se emplea el 80% del tiempo de la actividad de manipulación, significa que debemos imputarle el 80% de los costes administrativos.
 - Otros métodos.
- c) Sumar los costes totales de manipulación del apartado a) con los costes imputables a manipulación calculados en el apartado b)-5.
 - d) Para almacenes públicos un porcentaje del margen de beneficios debe ser añadido aquí, los almacenes privados obvian este paso.
 - e) Calcular el total de horas anuales trabajadas en el almacén para todas las funciones laborales realizadas, hay que hacer notar que las horas trabajadas son todas las horas

pagadas menos las horas pagadas pero no trabajadas como pueden ser vacaciones, días enfermos, funerales...

- f) Dividir los datos recogidos en los apartados c) o d) por el dato de e), el resultado es una estimación de los costes totales de manipulación de mercancías por hora trabajada.

3.3.2. COSTES DE ALMACENAMIENTO POR METRO CUADRADO.

- a) Calcular como se ha descrito en 3.2.2. los costes directos de almacenamiento.
- b) Realizar la distribución en la proporción adecuada de los costes administrativos de operación y los costes administrativos generales en los costes de almacenamiento.
 - 1. Recuperar los costes administrativos totales de operación, apartado 3.2.3.
 - 2. Recuperar los costes administrativos generales, apartado 3.2.4.
 - 3. Sumarlos.
 - 4. Determinar el porcentaje del total de cada coste a incurrir en las operaciones de manipulación y almacenaje, deben sumar el 100%.
 - 5. Calcular el número total de euros a colocar en la operación de almacenamiento mediante el producto del porcentaje destinado a almacenamiento calculado en 4, con el total calculado en 3.
- c) Sumar los costes totales de almacenamiento del apartado a) con los costes imputables a almacenamiento calculados en el apartado b)-5.
- d) Para almacenes públicos un porcentaje del margen de beneficios debe ser añadido aquí, los almacenes privados obvian este paso.
- e) Calcular el total de metros cuadrados de superficie destinada a almacén, será el total de superficie del edificio que incluya las áreas de almacenamiento, zonas de carga y descarga, muelles, áreas de descanso, pasillos, oficinas, comedores, áreas de almacenamiento de equipos, y cualquier otro espacio interior al almacén.
- f) Dividir los datos recogidos en los apartados c) o d) por el dato de e), el resultado es una estimación de los costes totales de almacenamiento de mercancías por metro cuadrado de superficie de almacén.

3.3.3. CÁLCULO DE LA TASA DE MANIPULACIÓN POR UNIDAD.

- a) Calcular el coste total de manipulación por hora trabajada, incluyendo beneficios si es aplicable, de la forma vista en 3.3.1.

- b) Estimar el rendimiento por hora de trabajo, el rendimiento son el volúmen de mercancías movidas a traves del almacén, y puede ser calculado como la suma del total de entradas anuales con el total de envios anuales, dividido por dos. Las mercancías movidas pueden ser pallets, cajas, bolsas, o cualquier otra medida de actividad. Dividir la unidad de rendimiento por el total anual de horas trabajadas en el almacén.
- c) Dividir los datos recogidos en a) por el rendimiento calculado en b), se obtiene la estimación de la tasa de manipulación por hora de trabajo.

3.3.4. CÁLCULO DE LA TASA DE ALMACENAMIENTO POR UNIDAD.

- a) Calcular el coste mensual de almacenamiento por metro cuadrado, lo que se consigue dividiendo entre 12 el coste de almacenamiento por metro cuadrado calculado segun 3.3.2.
- b) Calcular las unidades almacenadas por metro cuadrado y por mes, para ello se estima primero el pico de inventario mensual, luego se divide este dato por la superficie en metros cuadrados de almacen, obteniendose asi un dato del número de unidades almacenadas por metro cuadrado de superficie durante un mes.
- c) Dividir los datos de costes mensual de almacenamiento calculado en a), con el número de unidades almacenadas por mes y metro cuadrado de superficie, se obtiene la tasa de almacenamiento por unidad.

3.4. APLICACIÓN.

El modelo de costes, arriba expuesto, se refiere a un modelo de costes para la gestión de almacenes, no contempla la construcción del mismo, por lo que en la aplicación al almacén diseñado, no se entrara en detalles de costes de construcción, como puedan ser la mano de obra, el coste del suelo donde se posicionara el almacén, los costes de los materiales de construcción..., se estimará este coste en función de los datos obtenidos del Ministerio de Fomento.

Por otro lado, este modelo supone que el almacén tiene una actividad pasada, pertenece a una empresa que lo esta gestionando desde hace tiempo, por lo que se dispondría de datos históricos y estadísticos sobre costes de teléfono, fax, papel, material de oficina en general..., costes que en nuestro caso no se disponen, en los casos en los que sea necesario se supondrán o estimarán estos datos, para una aplicación rigurosa del modelo se puede hacer uso del formulario presentado en el anexo C de este trabajo.

La aplicación de este modelo de costes con las consideraciones expuestas va a dar como resultado el **presupuesto esperado de gasto anual de la empresa**, este presupuesto estará sujeto a riesgos que se estudiarán en el capítulo siguiente, así como la financiación del mismo, en el capítulo 5..

Datos Iniciales:

- Los gastos de construcción del edificio se estiman en alrededor de 260 euros/m² según fuentes estadísticas del Ministerio de Fomento correspondientes a la primera mitad del 2004, estas estadísticas se obtienen mediante el estudio de las licencias de obra concedidas por las distintas administraciones para la construcción de edificios destinados a almacenes.

Con este dato, se supone que la inversión para la construcción del almacén es de 2.29 millones de euros. Suponiéndose un tipo variable de interés del 3% anual el primer año y un periodo de amortización de esta inversión de 30 años, es decir, la vida útil del almacén es de 30 años a priori.

- Todos los gastos que suponen una fuerte inversión, como son la compra de equipos de almacenamiento, equipos de manipulación de mercancías, mobiliario de oficina, sistemas de seguridad, sistemas de información..., van a estar financiados a 10 años, con un tipo variable de interés del 3% inicial el primer año.
- La estimación de los gastos en comunicaciones, mantenimiento, licencias, impuestos...se ha realizado comparando y realizando la media de los mismos conceptos de gasto incurridos por tres empresas del sector en Sevilla, estas empresas son de la misma dimensión y dedicadas a la misma actividad comercial, sus razones sociales son:
 - Almacenes Distribuciones y Embasados S.L. Carretera de Utrera-Sevilla km 1.
 - Almacenes Andaluza de Fontanería S.L. Avenida San Juan de la Salle Blq 1, nave 4.
 - Almacenes Industriales WEIMAR S.L. Avenida Cantábrico 11.
- La estimación de los salarios se ha realizado por informaciones facilitadas por empleados de almacenes y empresas vinculadas al sector, como son S.L.I. y A&G, subcontratistas logísticos de una importante empresa aeronáutica de Sevilla.
- La inversión inicial a realizar por parte de la empresa supone la suma de todos los gastos relativos a la construcción del edificio, sus instalaciones interiores, los sistemas de almacenamiento, los equipos de manipulación de mercancías y el equipamiento de oficinas, así:
 - a) Coste del edificio: 2290000 Euros.

b) Coste de Equipos de Manipulación de Mercancías.

- Carretilla Contrapesada: $3 \times 25000 = 75000$ Euros.
- Carretilla Estrecha: $5 \times 28000 = 140000$ Euros.
- TOTAL: 215000 Euros.

c) Coste de los Equipos de Almacenamiento de Mercancías.

- 84 Racks simples: $40 \text{ e/pallet} \Rightarrow 20160$ Euros.
- 6 Drive-Through: $50 \text{ e/pallet} \Rightarrow 4800$ Euros.
- 6 Drive-in 3 pallets en profundidad: $60 \text{ e/pallet} \Rightarrow 4320$ Euros.
- 18 Drive-in 4 pallets en profundidad: $55 \text{ e/pallet} \Rightarrow 15840$ Euros.
- 45 Drive-in 5 pallets en profundidad: $50 \text{ e/pallet} \Rightarrow 45000$ Euros.
- 7 Drive-in 6 pallets en profundidad: $45 \text{ e/pallet} \Rightarrow 7560$ Euros.
- 31 Drive-in 7 pallets en profundidad: $45 \text{ e/pallet} \Rightarrow 39060$ Euros.
- 149 Drive-in 8 pallets en profundidad: $45 \text{ e/pallet} \Rightarrow 214560$ E.
- TOTAL: 351300 Euros.

d) Coste del equipamiento de las oficinas: 120000 Euros.

TOTAL INVERSIÓN A FINANCIAR: 2.9763 Millones de Euros.

Así, teniendo en cuenta estas consideraciones previas, la aplicación al diseño realizado resulta:

a) **COSTES DIRECTOS DE MANIPULACIÓN.**

1) Costes del personal operario del almacén.

En este apartado se colocan los salarios de los operarios del almacén, los trabajadores a pie de instalación, en teoría se tienen que dividir estos salarios en salario base, incentivos, bonos, aportaciones por vacaciones, extras, retenciones IRPF, cotizaciones a la seguridad social..., en nuestro caso se supondrá una cifra que incluya todos estos conceptos. Así:

- Operarios: $8 \times 18000 = 144000$ Euros.
- Supervisores: $3 \times 24000 = 72000$ Euros.

TOTAL COSTE DE PERSONAL OPERARIO: 2 turnos $\times 216000 = 432000$ Euros.

2) Costes de los equipos de manipulación de mercancías.

Se van a colocar aquí los costes anuales de la compra financiada de los equipos de manipulación de mercancías, en los contratos de compra se debe reflejar el número de años del pago financiado, si se incluyen los gastos de mantenimiento, así como otros conceptos relacionados, en nuestro caso se agrupan todos los conceptos en uno, así:

- Equios y accesorios: 25204.559 Euros.
- Equipos especiales de manipulación de mercancías: N/A.
- Otros equipos: N/A.

TOTAL COSTE DE EQUIPOS DE MANIPULACIÓN: 25204.559 Euros.

3) Otros costes de manipulación.

Se colocan aquí los gastos derivados de la compra de pallets, su reparación así como otros materiales de apoyo al movimiento de mercancías en el almacén, incluyendo los gastos de devolver materiales dañados al proveedor y los gastos que tenga que hacer frente la empresa por retrasos en la carga y descarga de camiones entre otros conceptos.

Para nuestro caso, los pallets no son propiedad del almacén, por lo que no suponen gasto alguno, los retrasos y errores en las operaciones de carga y descarga, así como la devolución de materiales defectuosos o dañados van a suponer un colchón de seguridad del 5% en los costes directos de manipulación.

TOTAL OTROS COSTES: $0.05 \times (25204.559 + 216000) = 12060.228$ Euros.

TOTAL COSTES DIRECTOS DE MANIPULACIÓN: 469264.787 Euros/año.

b) COSTES DIRECTOS DE ALMACENAJE.

1) Edificio.

En este apartado se coloca el coste del alquiler del edificio donde se encuentra el almacén si es que no es en propiedad, en el caso que nos ocupa se supone que la empresa construye el edificio y lo gestionará en el futuro, por lo que se tendría que poner en este apartado el coste anual, más intereses, que supone el pago financiado de la construcción del edificio, las licencias de habitabilidad, apertura y otras, seguros del edificio y gastos de mantenimiento exterior entre otros, se va a suponer un coste anual por estos conceptos de 145100 Euros, de los que 116835 Euros corresponden al pago anual de intereses y capital de la inversión en el edificio.

2) Equipos de Almacenamiento.

Se van a colocar aquí los costes anuales de la compra financiada de los equipos de almacenamiento de mercancías, los racks, en los contratos de compra se debe reflejar de nuevo el número de años del pago financiado, si se incluyen los gastos de mantenimiento, así como otros conceptos relacionados, en nuestro caso se agrupan todos los conceptos en uno, para cada tipo de rack, así usando los datos expuestos en 2.2.3 sobre los costes por posición en los distintos tipos de racks proporcionados por WERC, se estiman estos costes para el almacen diseñado en:

- Equios y accesorios: 41183.077 Euros.

- Equipos especiales de almacenamiento de mercancías: N/A.
- Otros equipos: N/A.

TOTAL COSTE DE EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO: 186283.077 Euros/año.

3) Modificación del edificio.

Al tratarse de un edificio de nueva construcción, no se contemplan ahora posibles modificaciones, este apartado cobrará importancia si en el análisis de riesgos de gestión, aparece que se tiene que modificar la configuración, o ampliar el edificio, entonces se colocarán aquí los gastos de mano de obra, licencias de obras, materiales, equipos de obra, y contratos a terceras empresas para realizar la obra.

4) Servicios Públicos.

- Agua..... 492 Euros.
- Luz.....15439 Euros.
- Basuras..... 240 Euros.
- Otros..... N/A Euros.
- **TOTAL**..... 16171 Euros.

5) Mantenimiento interior.

En el apartado mantenimiento interior no sólo se incluye las posibles reparaciones de los racks, sistemas de aire acondicionado, calefacción, instalaciones del edificio..., la mano de obra y materiales necesarios sino también los servicios de limpieza del área de almacén, así como los gastos por contratos de otras empresas para realizar estos servicios, en el almacén diseñado, se va a suponer un gasto anual de 10000 Euros.

6) Seguridad.

Se contemplan en este apartado los gastos derivados de la compra financiada, instalación, utilización, entrenamiento y gestión de todos los sistemas de vigilancia, cámaras, sensores y servicios de seguridad del área de almacenamiento, los suponemos en 20000 Euros anuales.

7) Otros Costes de Almacenaje..... N/A Euros.

TOTAL COSTES DIRECTOS DE ALMACENAJE..... 232454.077 Euros/año.

c) COSTES ADMINISTRATIVOS DE OPERACIÓN.

1) Salarios de los Gerentes, personal jefe del almacén y personal administrativo.

En este apartado se colocan los salarios de los jefes del almacén, los trabajadores encargados de gestionar al personal humano y los problemas de cada día, a su vez, en teoría se tienen que dividir estos salarios en salario base, incentivos, bonos, aportaciones por vacaciones, extras, retenciones IRPF, cotizaciones a la seguridad social..., en nuestro caso se supondrá una cifra que incluya todos estos conceptos.

También en este apartado se colocan los salarios de los administrativos y secretarios/as, los trabajadores que gestionan las compras y ventas de productos, y apoyan al personal jefe en su trabajo. Así:

- Gerente de Planta: 32000 Euros.
- Director del Almacén: 40000 Euros.
- Auxiliares Administrativos: 2 x 24500 = 49000 Euros.
- Secretario/a: 26000 Euros.
- Informático/a: 31000 Euros.

TOTAL.....2 turnos x 178000 = 356000 Euros.

- 2) Trabajos Temporales..... N/A Euros.
- 3) Equipamiento de las oficinas.

En este apartado, se incluyen los gastos anuales producidos por la compra del mobiliario de las oficinas y diversas áreas de la zona de gestión, como puedan ser los servicios y las áreas de descanso, así como los gastos en mantenimiento de los equipos comprados para esas áreas. Se va a estimar un coste anual de 14067.661 Euros.

- 4) Mantenimiento de las oficinas.

Se colocarán aquí los gastos de mantenimiento de las oficinas, limpieza, sistemas eléctricos y de calefacción así como los de aire acondicionado... También se incluyen los costes de posibles contratos con terceras empresas para realizar estas tareas de mantenimiento integral y preventivo. El coste anual de esto se estimará en 10000 Euros.

- 5) Costes de Comunicaciones.....19430 Euros.
- 6) Servicios Postales y de Mensajería.....15340 Euros.
- 7) Material de Oficina.....12000 Euros.
- 8) Tratamiento de la información.

- Compra/Alquiler o Depreciación e intereses.....6500 Euros.
- Líneas de teléfono dedicadas a internet.....1240 Euros.
- Material de apoyo a las comunicaciones.....2453 Euros.
- Software.....860 Euros.

▪ Mantenimiento.....	3500 Euros.
▪ Programas de formación.....	3420 Euros.
▪ Sistemas de Bases de Datos contratados.....	1470 Euros.
▪ Otros.....	N/A Euros.
▪ TOTAL.....	19443 Euros.
9) Licencias e impuestos.....	12000 Euros.
10) Seguros.....	12000 Euros.
11) Pérdidas por daños, errores.....	6000 Euros.
12) Otros costes.....	N/A Euros.
TOTAL COSTES ADMINISTRATIVOS DE OPERACIÓN.....	466280.661 Euros/año.

d) COSTES ADMINISTRATIVOS GENERALES.

Los costes administrativos generales hacen referencia a la cantidad de costes corporativos de las oficinas centrales o de la empresa gestora del almacén, que puedan ser imputados en los costes del almacén por estar relacionados de alguna forma.

En nuestro caso, se supone que la empresa es el propio almacén, desarrollando toda su actividad comercial en la instalación diseñada, a través de las oficinas internas a esa instalación, por lo que éstos costes no tienen razón de ser en este caso, se imputaron ya en los costes administrativos de operación.

TOTAL COSTE ANUAL DE GESTIÓN DEL ALMACEN..... 783999.525 Euros/año.

Se aprecia en esta aplicación que el presupuesto esperado anual de operar con el almacén es algo mayor de $\frac{3}{4}$ de millón de euros, incluyendo salarios, el pago financiado de la construcción del edificio y otros conceptos, a medida que se tengan datos históricos sobre el funcionamiento del almacén, se podrán hacer correcciones sobre esta valoración inicial, incluir otros gastos y ajustar los supuestos a la realidad.

Los mayores conceptos de gasto se refieren a los pagos de salarios al personal laboral, 50.26%, así como el pago financiado de la construcción del edificio, 19.66%. Los equipos de almacenamiento y de manipulación de mercancías suponen el 8.47% del gasto anual previsto, el resto, 21.61% son los gastos de mantenimiento del edificio y oficinas, limpieza, costes de operación de las oficinas, materiales varios...

4. Introducción a la Gestión de Riesgos.

4.1. INTRODUCCIÓN.

La gestión de riesgos es un área de conocimientos muy extensa que incluye multitud de métodos y técnicas matemáticas, estadísticas, de decisión..., que ayudan a los profesionales que tienen que realizar los proyectos a encontrar, clasificar, evaluar y gestionar las posibles fuentes de problemas y pérdidas de dinero en los mismos.

Este campo comenzó su desarrollo en los Estados Unidos a comienzos de los años 70, una gran cantidad de trabajos y proyectos de investigación se han realizado desde entonces incluyendo los impactos que pudieran tener los desastres naturales en los proyectos, ha recobrando nueva importancia a partir de los ataques del 11 de Septiembre del 2001 al aparecer una nueva variable en el mundo, la amenaza aleatoria del terrorismo.

En España, la aplicación de la gestión de riesgos en los proyectos empresariales esta aún lejos de ser una realidad, apenas se aplica de forma rigurosa debido a varios factores entre los que destacan:

- La falta de profesionales cualificados con altos conocimientos específicos en este campo, sus metodologías, herramientas y técnicas.
- Esta escasez de profesionales hacen que la aplicación rigurosa y eficaz de la gestión de riesgos suponga un coste en tiempo y recursos que las empresas difícilmente están dispuestas a asumir.
- No hay una cultura extendida sobre la gestión de riesgos, no se conocen bien los beneficios de aplicar esta metodología a los proyectos, lo único que se ve a priori es que supone un gasto adicional en el mismo, los estudios requieren tiempo y enseñar las técnicas necesarias para realizarlos a los profesionales supone una fuerte inversión en formación específica.

La consecuencia de esto es que la gestión del riesgo en proyectos de las empresas en

España se realiza mediante la toma de decisiones basadas en los juicios y la experiencia acumulada por los equipos de trabajo, gerentes y directores de los proyectos, casi sin ningún apoyo técnico o ayuda al proceso de toma de decisión, esto desencadena multitud de errores que finalmente se traducen en pérdidas económicas, pérdidas que se podrían evitar si las empresas implementasen un proceso general de gestión de riesgos, ya no sólo para proyectos, sino para toda su actividad normal, dado que este proceso se puede aplicar a toda clase de actividad. Esto requiere un cambio en la mentalidad de los directivos de las empresas y como no, una inversión en equipamiento técnico (software) y formación del personal humano.

Normalmente, la gestión de riesgos sólo se tiene en cuenta en la planificación estratégica de los objetivos a largo plazo en las empresas, inversiones futuras y nuevas áreas de negocio, realizándose principalmente mediante consultoras externas especializadas, por medio del planteo de diversos escenarios posibles, análisis y tratamiento informático de esos escenarios..., tras lo cual se obtiene el mejor de ellos para ser realizado.

La única área de negocio en España donde se ha desarrollado ampliamente una metodología de gestión de riesgos desde hace más de 10 años es la banca. La naturaleza particularmente arriesgada del negocio de la banca, unido a que es el soporte de la economía hace necesaria una estricta reglamentación, que incluye el análisis y gestión de riesgos. El Banco de España se encarga de realizar esa reglamentación y también de vigilar su cumplimiento por parte del resto de bancos, el primer paso importante en este sentido se realizó con la aparición de BASILEA, un planteamiento y conjunto de directrices de obligado cumplimiento por parte de todos los bancos y cajas, hace dos años se revisó ese planteamiento y se modernizó con las nuevas expectativas y directrices del Banco Central Europeo, creando por parte del Banco de España BASILEA II, que entrará en vigor en 2005, por lo que hoy en día los bancos están haciendo un esfuerzo enorme para adaptarse a esta nueva reglamentación.

4.1.1. ¿QUÉ ES EL RIESGO?.

Para poder entender bien qué es y qué supone la gestión de riesgos se debe comenzar por saber qué se entiende por riesgo. El diccionario define riesgo como: “Azar, posibilidad o probabilidad de malas consecuencias, pérdidas, exposición a la posibilidad de lesiones o pérdidas”. Esta definición ilustra un problema con el término riesgo, sus ambiguos usos como sinónimo de probabilidad o posibilidad en relación con un evento o resultado, la naturaleza del resultado o su causa. Dowie, en su libro titulado “Contra el Riesgo” [7] argumenta persuasivamente para el abandono total del uso del término riesgo, porque dice que “simplemente no es necesario”. Dowie trata el término riesgo como:

“Un obstáculo para la toma de decisiones y la creación de políticas de actuación, sus múltiples y ambiguos usos comprometen, ponen en peligro, la separación de las actividades de identificación y evaluación de evidencias relevantes por un lado, y la obtención y procesamiento de los necesarios juicios de valor por el otro.

El término riesgo, contamina todas las discusiones acerca de probabilidades debido a los implícitos juicios de valor que el término siempre lleva consigo, también contamina todas las discusiones sobre valoraciones debido a la implícita probabilidad de juicio que contiene.”

Muchos autores están en desacuerdo con Dowie acerca de abandonar completamente el uso del término riesgo. Una de las preocupaciones de estos autores se refiere a la asociación del término riesgo con la adversidad, entendiendo que los riesgos de un proyecto son potenciales efectos adversos en la realización del mismo, y que las fuentes de riesgos son “cosas que pueden ir mal” o amenazas al proyecto. Con esta asociación la gestión de riesgos en proyectos debería tratarse como la identificación y gestión de las amenazas a la realización del proyecto, como es ampliamente reconocido esta visión de la gestión de riesgos en proyecto es restrictiva porque falla en la consideración de la gestión de las oportunidades, en el sentido de “potenciales efectos beneficiosos en la realización del proyecto”.

En cualquier situación de decisión dada, están normalmente involucradas ambas, amenazas y oportunidades, y por lo tanto también se gestionan a la vez, centrarse en una nunca debe suponer no preocuparse por la otra. A veces amenazas y oportunidades pueden ser tratados de forma separada, pero sólo cuando se estudian como dos lados de una misma moneda pueden ser examinados de una sola vez y en un tiempo prudente. Los mejores cursos de acción a tomar son, a menudo, los que reducen o eliminan las amenazas potenciales a la vez que aumentan las oportunidades de realizar el proyecto de forma positiva.

Raramente se puede concentrar los esfuerzos en reducir las amenazas sin considerar las oportunidades asociadas, y viceversa. Reconociendo esto, las guías publicadas por el Instituto Americano de Gestión de Proyectos (P.M.I.) y la Asociación Inglesa de Gestión de Proyectos (A.P.M.), han adoptado una amplia visión del riesgo. Sus definiciones de riesgo son muy similares así:

- Riesgo. Un evento incierto o condición que, de ocurrir, tiene un efecto positivo o negativo en los objetivos del proyecto. (P.M.I.)
- Riesgo. Un evento incierto o conjunto de circunstancias que, si ocurriese, tendrán un efecto en alcanzar los objetivos del proyecto. (A.P.M.)

Estas definiciones abarcan tanto los efectos positivos como los negativos del riesgo, en oposición a esto aún existe una fuerte tendencia a pensar, por parte de los gerentes de proyectos, en el riesgo como en términos de amenaza, tendencia que los autores no siempre pueden resistir, y por tanto la gestión de riesgos en un principio es la gestión de amenazas. Por ejemplo, en la tabla 1 de las listas en las referencias de la guía P.M.I., se puede observar que el riesgo visto por su lado malo, término de amenaza, incluye: Ejemplos ilustrativos de riesgo como amenaza, terminología, descripciones de respuestas al riesgo así como el uso de matrices de probabilidad de impactos.

Se pone de manifiesto que el principal esfuerzo debe hacerse primero en desechar el antiguo significado de riesgo que se tiene en la mente.

4.1.2 RIESGO E INCERTIDUMBRE.

Estos dos términos a menudo son usados indistintamente, sin embargo expresan rasgos diferentes del mismo fenómeno. Una distinción citada con frecuencia fue hecha por Knight (1921) [8], quién definió riesgo como el caso en el cuál existe una subyacente (objetiva) probabilidad de distribución de posibles resultados, mientras que incertidumbre es el caso donde no existe esa distribución. Hoy en día esta distinción es vista como artificial pero sigue teniendo profundas raíces en economía y otras ciencias sociales. Es claro que a lo que nos enfrentamos todos los días en la vida es incertidumbre, ésta es la razón por la que muchos reclaman esa distinción como inútil, sin embargo se encuentra que esa definición es útil para explicar y desarrollar el concepto de gestión de riesgos.

El uso del término riesgo es más amplio que el de incertidumbre, con la notable excepción de la corriente Austrians, los economistas hablan predominantemente de riesgo, ¿por qué es esto, si el mundo en el que vivimos es dominado por la incertidumbre y el riesgo no es más que ¿“un torpe invitado”? La razón principal es la conveniente asociación del riesgo con las distribuciones de probabilidad y su nexa con el aparato matemático de la maximización de la utilidad, la “transformación” de la incertidumbre ambiental dentro del concepto de riesgo se realiza usando la idea de utilidad subjetiva la cual reexpresa el problema como uno con una distribución de probabilidades, esto hace posible su cálculo mediante la teoría de la utilidad subjetiva.

Se pueden notar varios elementos en el planteamiento expresado arriba:

- 1) Riesgo esta relacionado de cerca con la posibilidad de un cálculo racional.
- 2) Es un concepto intrínsecamente subjetivo.
- 3) El concepto de riesgo domina la teoría por medio del aparato matemático, el cuál le proporciona una “objetiva” interpretación de la realidad.

Por otro lado, la escuela Austrians enfatiza el carácter estructural de la incertidumbre, la falta de una distribución de probabilidades es a menudo considerada, en la corriente principal de economistas, como un problema de información, el cual, puede solucionarse fácilmente. Esta escuela puede considerarse en cierto aspecto como radical, en el sentido de que no se sabe que posibles salidas tiene.

Esta es la distinción introducida por Keynes (1973) [9], cuya definición de incertidumbre fue “simplemente no lo sabemos”. La visión keynesiana esta en la dirección perfilada por Knight, riesgo e incertidumbre están ligados por nuestro aprendizaje de la realidad objetiva pero sólo a través del concepto de ignorancia, el cual puntualiza la naturaleza subjetiva del término

riesgo, la percepción subjetiva nunca puede ser equivalente a la realidad. Adams (1994) [10], argumenta que el análisis de riesgos debe tener en cuenta la respuesta selectiva de percibir la incertidumbre en el comportamiento.

Definiendo incertidumbre como una característica del medioambiente, entorno, y riesgo como la percepción subjetiva de esa incertidumbre se responde al apelamiento.

El alcance de la incertidumbre de cualquier proyecto es considerable, y muchas actividades de gestión de proyectos son relativas a la gestión de la incertidumbre desde la etapa de concepción hasta el final del ciclo de vida de un proyecto, clarificando qué puede ser hecho, decidiendo qué va a ser hecho y asegurando qué se está consiguiendo hacer. En el contexto de un proyecto la incertidumbre es particularmente evidente en la concepción, diseño, planificación y distribución de recursos, aquí la incertidumbre contribuye en cinco áreas distintas:

- Variabilidad asociada a la estimación de parámetros del proyecto.
- La base de estimación de los parámetros del proyecto, es decir, en qué se apoyan esas estimaciones.
- Diseño y logística del proyecto.
- Objetivos y prioridades del proyecto.
- Relaciones entre las distintas partes del proyecto.

Todas esas áreas de incertidumbre son importantes tenerlas en cuenta en un proyecto, la incertidumbre asociada a la variabilidad en la estimación de parámetros incluye a las otras cuatro áreas, cada una de ellas, a su vez, incluye dependencias con las posteriores áreas de la lista.

4.2. LA GESTIÓN DE RIESGOS.

La gestión de riesgos en proyectos se ha convertido en uno de los principales puntos de interés a tener en cuenta por las personas que trabajan en el área de gestión de proyectos en las empresas privadas o públicas. Un buen proceso de gestión de riesgos de un proyecto (RMP), serio y estructurado, puede reducir en gran medida problemas y costes asociados al mismo, de forma que se puede conseguir que un proyecto no rentable llegue a serlo, mediante una correcta identificación, medida, valoración y control de los riesgos en el mismo.

Dentro del campo de conocimientos de la gestión de proyectos, la gestión de riesgos ha sido reconocida como una de las 8 principales áreas de estudio por el Instituto Americano de Gestión de Proyectos, el cual tiene la mayor organización profesional dedicada a la gestión de proyectos.

Un RMP formal debería ser aplicado en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, es decir, es un proceso que acompaña al proyecto desde su concepción, definición, preparación del presupuesto, a través de su planificación, ejecución o construcción, control, hasta la

conclusión y clausura. También debería ser aplicado por los clientes del proyecto, los propietarios del mismo y cualquier otro agente asociado al proyecto como constructores, subcontratistas...

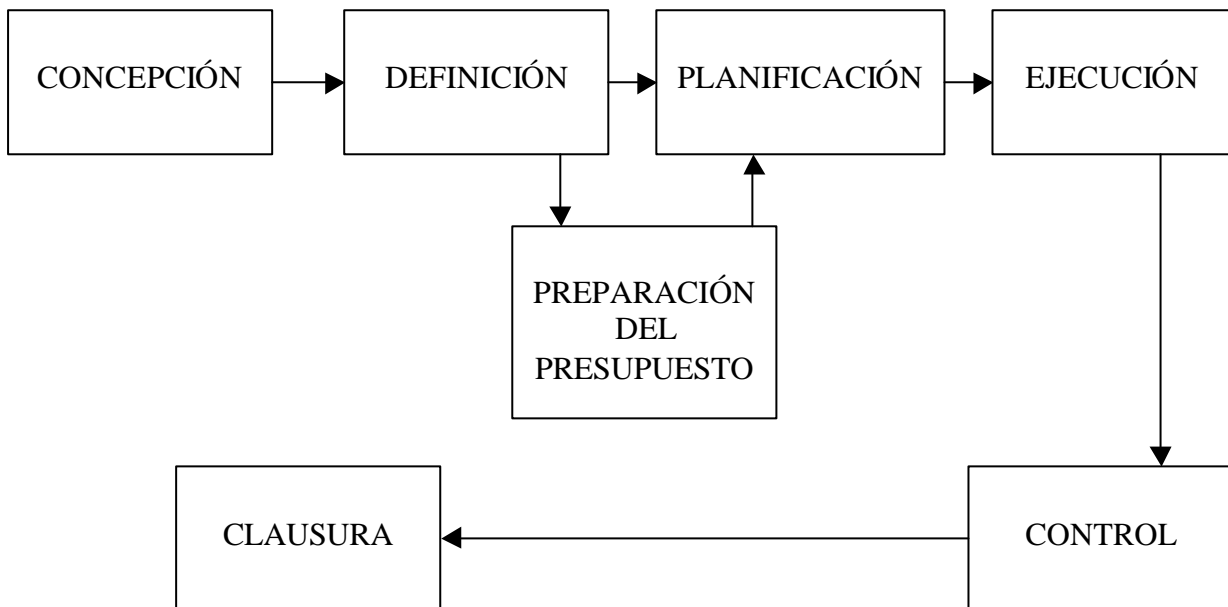


Figura 4.1. Ciclo de Vida de un Proyecto

Sin embargo, implementar un RMP en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto es, en general más difícil, porque el proyecto aun es *fluido* y *poco definido*, fluido en el sentido de que tiene más grados de libertad, más alternativas que considerar, incluyendo alternativas que pueden ser eliminadas en un proyecto más desarrollado, por razones no relacionadas con RMP. Un proyecto menos definido significa que la documentación apropiada para llevarlo a cabo es difícil de conseguir, excesivamente cara, o imposible, y resolver interpretaciones alternativas sobre que esta involucrado en el proyecto puede no ser posible.

Por otro lado, implementar un RMP en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto puede ser muy útil si es bien hecho, proporciona un marco sistemático para enumerar y valorar las consecuencias y probabilidades de ocurrencia de todos los potenciales factores de riesgo asociados con un proyecto dado, es útil para identificar los recursos necesarios y escoger las acciones de respuesta apropiadas para controlar y gestionar los factores de riesgo identificados, y así, alcanzar los resultados apuntados por el proyecto.

En el otro lado está implementar en RMP en fases tardías del ciclo de vida del proyecto, como puede ser la ejecución del mismo, esto aumenta dificultades diferentes sin ninguna compensación económica por beneficios derivados de aplicarlo. El contratista o empresa que va a realizar el proyecto esta en posición, la maquinaria o equipos elegidos y dispuestos, el compromiso realizado y la reputación en juego, y además cualquier cambio en la gestión se torna comparativamente más difícil y no gratificante.

Los riesgos tienen sus propios ciclos de vida comenzando con el suceso que lo desencadena y a través de la eventualidad, intentar aplicar las teorías genéricas de gestión de riesgos supone malgastar una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo, la gestión de campos globales de riesgo puede, a menudo, resultar desalentador para muchos responsables de proyectos, como se muestra en la figura 4.2, es difícil aplicar una metodología general a un específico conjunto de condiciones que suelen ser únicos en un proyecto en cuestión.

Los campos generales de riesgos en un proyecto son demasiado numerosos para ser listados pero incluyen:

- Riesgo Comercial.
- Riesgo Contractual.
- Riesgo Técnico.
- Riesgo Estratégico.
- Riesgo Político.
- Riesgo Legal.
- Riesgo Financiero.
- Riesgo Organizativo.
- Riesgo en la Programación.
- Riesgo a Terceras Partes.

Es muy difícil para los responsables de los proyectos justificar la asignación de recursos variables a cada campo de riesgo para gestionarlo, también es especialmente difícil para los mismos, identificar áreas específicas de riesgo las cuales requieran estrategias activas de gestión de riesgos, estrategias que deben ser implantadas por la propia empresa. Las metodologías de gestión de riesgos normalmente defienden que dichas estrategias aplicadas a proyectos deberían ser continuamente valoradas a través de la implementación de un programa de seguimiento hasta que el riesgo sea eliminado, de nuevo se encuentra uno ante un caso de buen concepto teórico pero imposible de llevarlo a la práctica.

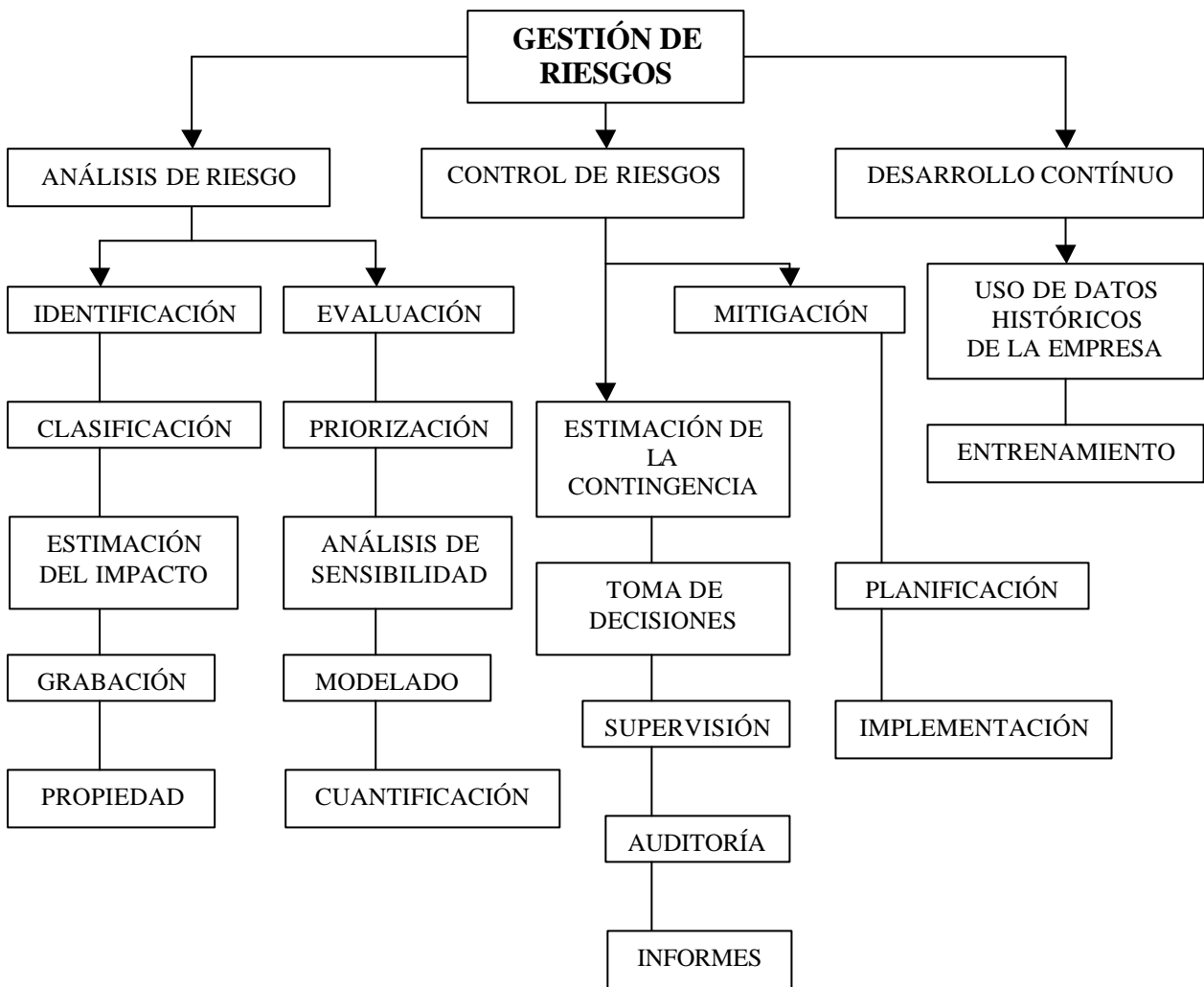


Figura 4.2. Principales pasos defendidos por una Gestión de Riesgos Genérica.

4.2.1. METODOLOGÍAS DE PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGOS (RMP).

A lo largo de los años, varios autores han formulado planteamientos diferentes de cómo realizar la gestión de riesgos en proyectos, así los más conocidos son:

- a) Cooper y Chapman [11], identifican el planteamiento de la gestión de riesgos como un “análisis de riesgos multi-fase”, el cual cubre identificación, evaluación, control y gestión de riesgos.
- b) Kliem y Ludin [12], describen un proceso en cuatro fases; Identificación, análisis, control e informe, en paralelo con los cuatro pasos de la gestión de la calidad de Deming. (plan, do, check and act).

-
- c) Chapman y Ward [13], definieron un proceso general de gestión de riesgos en proyectos consistente en ocho fases:
1. Definir los aspectos clave de un proyecto.
 2. Enfocar el planteamiento estratégico del proyecto hacia la gestión de riesgos.
 3. Identificar donde pueden surgir los riesgos.
 4. Estructurar la información acerca de los riesgos, suposiciones y relaciones entre ellos.
 5. Asignar la propiedad del riesgo y la respuesta.
 6. Estimar la extensión de la incertidumbre.
 7. Evaluar la magnitud relativa entre varios riesgos.
 8. Crear el Plan de Respuesta y Gestión mediante supervisión y control de ejecución.
- d) Hertz y Thomas [14], lo proponen como una secuencia lógica de pasos consistente en identificación del riesgo, medida del riesgo, evaluación del riesgo y reevaluación. De cualquier manera ellos ligan la gestión del riesgo con la planificación estratégica y la gestión en general.
- e) Heyes *et al* [15], formula el planteamiento de la gestión de riesgos consistente en identificación del riesgo, análisis del riesgo y respuesta al riesgo.
- f) Charette [16], trata el análisis de riesgos y la gestión del riesgo como conceptos separados y define “Ingeniería del Riesgo” como un proceso consistente en ambos.
- g) Boehm [17], sugiere un proceso en dos fases principales: Valoración del Riesgo, que incluye identificación, análisis y priorización, y Control del Riesgo, que incluye planificación de la gestión de riesgos, resolución de riesgos, planificación de la supervisión de riesgos, rastreo y acciones correctoras.
- h) El Instituto Americano de Gestión de Proyectos [18], en su Guía para la Gestión de Proyectos, presenta cuatro fases en un proceso de PRM:
1. Identificación.
 2. Cuantificación.
 3. Desarrollo de la Respuesta.
 4. Control.
- i) El Instituto de Ingeniería de Software de Pittsghurgh (U.S.A) [19], líder en crear metodologías para gestionar por ordenador el desarrollo de proyectos, ve la gestión de riesgos en proyectos como consistente en cinco etapas, unidas por el esfuerzo en la comunicación del riesgo:
1. Identificación.
 2. Análisis.
 3. Planificación de la respuesta.

4. Rastreo.
5. Control.

j) Fairley [20], habla sobre siete etapas:

1. Identificación de los factores de riesgo.
2. Valoración de las probabilidades asociadas a los riesgos y efectos.
3. Desarrollo de estrategias para mitigar los riesgos identificados.
4. Factores para supervisar los riesgos.
5. Crear un plan de contingencia.
6. Gestionar la crisis
7. Recuperarse de la crisis

k) La Comunidad Europea promueve una comprensible metodología de gestión de riesgos (RISKMAN) [21], consistente en varios fases:

1. Identificación del Riesgo
2. Valoración del Riesgo
3. Evaluación del Riesgo
4. Mitigación del Riesgo
5. Estimación de la Contingencia
6. Toma de Decisiones
7. Supervisión y Control del Riesgo

De todas las metodologías expuestas el RISKMAN proporciona el marco más comprensible para enumerar y valorar los potenciales factores de riesgo asociados con un proyecto. Sin embargo algunos de estos autores no intentaron desarrollar y elaborar de forma sistemática y estructurada el planteamiento de la gestión de riesgos, de forma similar algunos de ellos se centraron principalmente en la etapa de medida del riesgo en sus discusiones, y muy poco se ha hecho en el resto de etapas.

A la luz de estos planteamientos, se puede identificar con certeza algunas etapas que son comunes en todos ellos, dichas etapas incluyen *identificación, medida, valoración, evaluación y finalmente supervisión y control del riesgo*. Se va a desarrollar una metodología gobernada por estas cinco etapas como se muestra en la figura 4.3, a la que se llama comúnmente **Proceso de Gestión de Riesgos (RMP)**.

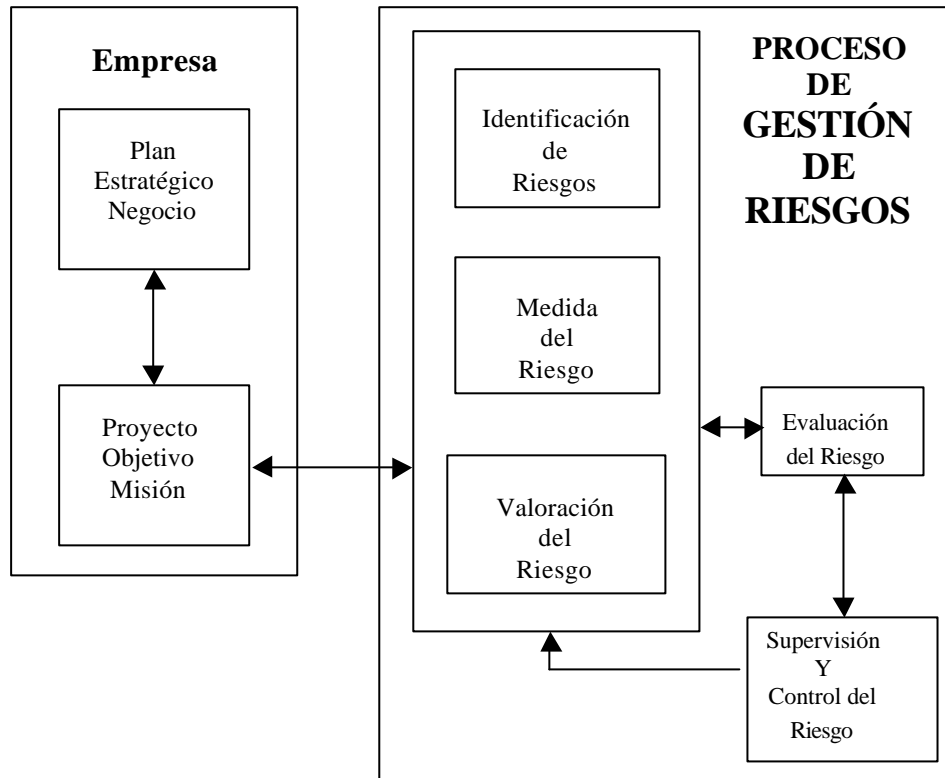


Figura 4.3. Proceso de Gestión de Riesgos (RMP).

Esta metodología de RMP, como ha sido mencionado anteriormente, proporciona un marco lógico y consistente para identificar y entender los potenciales factores de riesgo, valorar las consecuencias y sus incertidumbres, así como evaluar y escoger los mejores cursos de acción necesarios para tratar con los riesgos identificados de forma que se consigan los objetivos marcados por el proyecto, incluso cuando no puedan valorar todos los potenciales factores de riesgo pueden proporcionar un efectivo medio de cuantificar y gestionar los riesgos en oposición a los métodos no-cuantificables. Puede ser aplicada a cualquier etapa del ciclo de vida del proyecto, examinando el proceso en términos de resultados planificados y permite la toma de acciones correctoras adecuadas si ocurre alguna desviación sobre los resultados esperados.

El RMP comienza con la identificación de la importancia estratégica del proyecto y los correspondientes objetivos, alcances y misiones del mismo, la misión y propósito del proyecto debe ser acorde con los planes estratégicos de negocios de la empresa que lo realice.

La identificación, medida y valoración del riesgo forma un sistema que incluye varias herramientas para identificar todos los posibles factores de riesgo y enumerar las posibles consecuencias y su severidad en los factores de riesgo identificados, también incluyen varias técnicas de valoración de la incertidumbre asociada con las consecuencias, en la forma de distribución de probabilidades, determinando asimismo la distribución de probabilidades de factores críticos para el éxito del proyecto.

La fase de evaluación del riesgo del RMP incluye la identificación de varias alternativas de decisión y evaluarlas de acuerdo a los perfiles de riesgo obtenidos en la fase de valoración del riesgo y realizando las acciones correctivas necesarias si los resultados del proyecto son muy diferentes a los planificados.

En la fase de supervisión y control, los responsables del proyecto pueden examinar los progresos así como cualquier desviación que pudiera ocurrir tomando las acciones oportunas para lograr el objetivo deseado por el proyecto, también sirve para facilitar comunicación periódica de información pertinente del status de cumplimiento del proyecto a los gestores del mismo y otros agentes involucrados en la ejecución del mismo, pudiéndose utilizar esa información como retroalimentación al propio RMP.

La bibliografía recomienda aplicar esta metodología de RMP en la etapa de preparación del presupuesto y continuar aplicándola en sucesivas fases del ciclo de vida del proyecto mediante el desarrollo de apropiados **modelos de gestión de riesgos**, que no son más que la aplicación de la metodología general de RMP a un proyecto concreto, como se ha mostrado en la figura anterior, el RMP es un proceso cíclico, iterativo, de gestión y control del riesgo a través del ciclo de vida del proyecto, siendo también flexible y fácil de usar.

El RMP ha sido aplicado con éxito en la formulación de modelos de gestión de riesgos para valorar y gestionar potenciales factores de riesgo en diversas campos e industrias, así:

- a) Mok [22], estudió la necesidad y viabilidad de emplear modelos de gestión de riesgos basados en RMP para valorar los riesgos en estimar los costes de los servicios en edificios.
- b) Mak [23], formuló un modelo de gestión de riesgos y examinó su aplicabilidad en el control de los riesgos asociados con los sistemas de transmisión en aumentar las operaciones en actividades de mantenimiento.
- c) Leung [24], desarrolló en el área de la valoración de la seguridad y sus riesgos asociados, un modelo de gestión de riesgos y lo aplicó en la tasación y selección de proyectos para Mass Transit Railway Corporation (MTRC) de Hong Kong.
- d) Lo [25], investigó la viabilidad de aplicar un modelo de gestión de riesgos para incrementar el suministro de electricidad en los sistemas de distribución.
- e) En la misma línea, Leung *et all* [26], desarrolló un sistema experto para identificar, evaluar y gestionar los costes de proyectos asociados con la construcción de líneas de alta tensión, usando RMP.
- f) Yu [27], así mismo desarrolló otro sistema experto similar al anterior para valorar los riesgos en la planificación de proyectos de construcción de subestaciones de alta tensión.

- g) Hertz y Thomas [28], hicieron significativas contribuciones en la formulación y aplicación de modelos de gestión de riesgos en las áreas de gas y petróleo, situaciones de decisión en I+D, evaluación de decisiones en inversiones y adquisiciones..., por nombrar algunas.
- h) Charette [16], desarrolló un marco estructurado para analizar riesgos y escoger las acciones de respuesta apropiadas a los mismos en proyectos de desarrollo de software.

Se puede apreciar, que la aplicación de la metodología de RMP a diversos proyectos concretos da lugar a modelos concretos, cada modelo se aplica a un proyecto, no pudiéndose, por lo general, aplicarse a otro, dado que los proyectos son únicos; no hay dos proyectos iguales, por lo que no hay dos modelos de gestión de riesgos iguales.

4.2.2. MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS BASADO EN RMP APLICADO A LOS COSTES DE UN PROYECTO.

Tras esta visión general de las distintas etapas que se incluyen en un RMP, se explicará un poco más en profundidad cómo se realizan cada una de ellas y qué herramientas y técnicas son las más comunmente utilizadas en cada fase, así como las más exitosamente utilizadas por las empresas y consultoras especializadas, con el fin de construir un modelo de gestión de riesgos aplicado a los costes de un proyecto.

Es claro que cualquier proceso de gestión de riesgos en proyectos requiere utilizar algunas herramientas de análisis y gestión, esas herramientas requieren cierta inversión, las cuales en algunos casos es significativa, estos costes representan el esfuerzo requerido en los niveles de personal y de la propia organización para entender y aprender a usar dichas herramientas, así como para adquirir la necesaria infraestructura en bases de datos, procesos operativos, software, soportes técnicos..., la pregunta es: ¿Cuáles de las herramientas disponibles puede proporcionar los mayores beneficios?

La metodología anteriormente descrita puede ser aplicada para ayudar en la toma de decisiones sobre el presupuesto de capital de un proyecto, se ha seleccionado un modelo de costes para este trabajo pero modelos alternativos pueden utilizarse en el mismo estudio para otras partes críticas del proyecto, como son su planificación o su ejecución.

El modelo comienza con la definición de la misión del proyecto dentro del marco estratégico de la empresa, en este caso se tiene la construcción de un almacén de distribución de mercancías paletizadas.

Clásicamente los objetivos para que un proyecto sea exitoso han sido siempre que se complete dentro del presupuesto inicialmente asignado y en el tiempo y programación

inicialmente hecha. Cada proyecto es único, y la estrategia a ser seguida en cada uno de ellos es, por tanto, única también.

Cuando los planes del proyecto son establecidos, es decir, cuando se decide llevarlo a cabo, la revisión de los costes es iniciada, es entonces cuando entra en juego el modelo de gestión de riesgos basado en RMP comenzando por la identificación de riesgos, medida y valoración de los mismos, en cada etapa de la secuencia, se incluirán un conjunto de herramientas útiles para realizarla con éxito, las cuales se han comprobado en un estudio realizado por T. Raz y E. Michael en 1999 [4].

En este estudio es interesante notar que ciertas herramientas que tradicionalmente se han relacionado con la gestión de riesgos, como pueden ser los árboles de decisión, análisis de árboles de fallos y los diagramas de influencia, se revelaron como poco o no utilizados por las empresas consultadas, por lo que no figuran en la lista final de 38 herramientas de un total de 100 estudiadas.

4.2.2.1. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Comienza con la programación y costes básicos del proyecto, documento que es preparado cuando el proyecto es seleccionado para ser realizado, la aplicación de los métodos incluidos en esta etapa dan como resultado la lista de riesgos, que es usada para mostrar y ayudar a clasificar los potenciales factores de riesgo de un proyecto, la importancia de esta etapa es clara, pues es debido a la normal falta de tiempo y medios, hay que centrar los esfuerzos de gestión en los riesgos que tienen un mayor impacto en el proyecto, los más importantes.

En esta etapa, una amplia visión del proyecto debe ser tenida en cuenta para averiguar, sin ninguna restricción, los riesgos que probablemente puedan impedir al proyecto alcanzar su objetivo de coste, para ayudar en este proceso se propone que los riesgos sean considerados con respecto a seis categorías:

- Económicos y Financieros: Inflación, tendencia de los precios, costes por estudios de consultoras, fluctuaciones en el cambio de moneda extranjera, dificultades para hacer frente a los pagos, medios de financiación de las operaciones...
- Políticos y Medioambientales: Cambios en leyes y reglamentos, requerimientos para permisos y licencias, consultas públicas, polución, normativas ambientales y reglas de seguridad...
- Diseño: Alcance del diseño incompleto, cambios en el diseño, errores u omisiones en el diseño, especificaciones inadecuadas, diseño defectuoso...
- En el lugar de construcción: Mano de obra, huelgas y disputas, productividad de la mano de obra, trabajo deficiente, condiciones deficientes del lugar, acceso a la obra bloqueado por ciudadanos...

- Físicos: Equipo dañado o robado, fuego, sistemas perdidos...
- Actos de Dios: Mal tiempo, viento, terremotos, desastres naturales en general.

Además de esto, se usa la técnica de división del trabajo (WBS, work breakdown structure) para identificar potenciales factores de riesgo mediante el chequeo de listas, estos chequeos pueden ser transferidos a “una forma estándar de gestión de riesgos”, la cuál recoge y graba informáticamente o mediante papel, a modo de base de datos, todos los riesgos, las consecuencias de las estimaciones de costes del proyecto y sus probabilidades obtenidas a través de las fases de identificación, medida y valoración de los mismos, del modelo de gestión de riesgos. La misma estructura básica puede ser usada en varios niveles del WBS, que se describe a continuación.

El método de WBS ayuda a la identificación de factores de riesgos mediante la simplificación de la estructura del proyecto en pequeñas unidades llamadas centros de coste, esto puede proporcionar una estimación básica del alcance del proyecto usando los datos disponibles de proyectos similares, las últimas condiciones del mercado de equipamiento..., el WBS para la etapa de definición del proyecto puede ser dividido en varios niveles, de uno más general hasta llegar al elemento único, el centro de costes, cada elemento debe ser lo más independiente posible de los demás para evitar interrelaciones e influencias entre los riesgos, si esto no puede ser logrado, entonces se necesita usar el análisis de correlaciones en determinados riesgos, lo que no es deseable.

Para identificar riesgos e incertidumbres con WBS, la opinión de los expertos y personal con conocimientos sobre el tema utilizan los siguientes pasos:

- Lista de los componentes relativos a los factores críticos para el éxito del proyecto.
- Identificar los costes de componentes que son significativos para los resultados esperados mediante el análisis del Óptimo de Pareto.
- Describir los factores de riesgo para futuras revisiones y referencias, crear una base de datos con toda la información sobre los riesgos.

Para asegurar que el proceso de identificación de riesgos es efectivo, las actividades a realizar deben ser asignadas, una única persona no debe realizar todo el proceso.

Además de esta técnica muy extendida de chequeo de listas, existen otras herramientas y técnicas que también utilizan las empresas para identificar los riesgos en sus proyectos, como pueden ser:

- Inspecciones físicas.
- Análisis de árboles de eventos.
- Tormentas de ideas.
- Análisis de sistemas de azar.

- Modos de fallo y análisis de efectividad.

En el estudio realizado por Raz y Michael, no se aprecia mucha diferencia en los valores de las distintas herramientas utilizadas por las empresas en la identificación de riesgos, lo que sugiere que este proceso se realiza básicamente de forma similar en la mayoría de ellas.

Existe una metodología específica para saber si un proyecto es de alto riesgo o no una vez identificados los mismos, ha sido desarrollada por David Baccarmi y Richard Archer [5].

Una vez que los factores de riesgo de un proyecto son identificados la siguiente etapa es analizarlos y priorizarlos para guiar la acción de la gestión de riesgos, este proceso es un nexo vital entre la identificación sistemática de riesgos y la gestión racional de los más importantes. La metodología descrita por David y Richard también se puede aplicar para valorar y clasificar proyectos usando el riesgo como criterio.

4.2.2.2. MEDIDA DEL RIESGO.

Crea modelos de cada factor de riesgo identificado en los chequeos de listas en términos de consecuencias en los costes, como una estimación del rango del riesgo, la magnitud de su impacto, y con la ayuda del WBS en varios niveles, define las relaciones entre costes para determinar el coste total del proyecto.

Datos estadísticos son comúnmente usados en esta etapa para representar el rango de posibles valores de los riesgos y validar la información, esta información es extremadamente útil para construir las distribuciones de probabilidad en la fase de valoración del riesgo, sin embargo, debido a la naturaleza única de los proyectos, los cuales dependen de factores ingenieriles, de gestión, de las condiciones del mercado, medioambientales..., esos datos estadísticos no siempre están disponibles.

Las estimaciones de costes o las estimaciones de rangos, son hechos para cada riesgo usando la experiencia y los conocimientos del equipo que realiza el proyecto, el cuál aunque capacitado, no deja de ser subjetivo, estas estimaciones son recogidas y guardadas en la base de datos de los riesgos.

Las herramientas que pueden ayudar en este proceso de una forma efectiva pueden ser :

- Clasificación de Riesgos.
- Estudios del impacto de Riesgo.

4.2.2.3. VALORACIÓN DEL RIESGO.

Esta fase determina la probabilidad de que ocurran los riesgos identificados en la fase previa, mediante la forma de distribuciones de probabilidad objetivas o subjetivas como entradas y entonces mediante el análisis de simulación de Monte Carlo, obtener como salida la función de distribución de probabilidad de los costes del proyecto.

Si datos históricos y objetivos están disponibles, se puede determinar la más objetiva y apropiada función de distribución de probabilidad utilizando un sistema de software adecuado, en caso contrario, si se usa la experiencia del equipo de trabajo del proyecto, se generaran funciones de distribución de probabilidades subjetivas, en cualquier caso, ya sean objetivas o subjetivas, se determinara la probabilidad de ocurrencia de la estimación de costes asociada a cada factor de riesgo identificado.

También se puede usar el Método Delphi con un cuestionario para valorar si las distribuciones de probabilidad logradas son las correctas, el cuestionario es usado para recoger datos de riesgos por estimaciones de rangos o datos históricos, y el método Delphi es usado para resumir las evaluaciones de los expertos sobre el tema en cuestión, recirculando luego los datos a los expertos, hasta llegar a un consenso en la estimación.

Debe hacerse notar que la función de distribución de probabilidad corresponde a la fase del proyecto donde sea aplicado el modelo de gestión de riesgos, antes se dijo que en la fase de definición del proyecto.

Como en el caso de la medida de riesgos, esta función puede ser introducida en el sistema de base de datos de los riesgos, para posteriores controles y usos, dado que el RMP es iterativo, esta base de datos es de muchísima utilidad construirla.

Otras herramientas utilizadas en la valoración del riesgo son:

- Estudios de la probabilidad de Riesgo.
- Representaciones gráficas de la información sobre el Riesgo.
- Simulación.

4.2.2.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO.

Esta fase requiere que el gerente del proyecto revise e interprete las estimaciones de costes obtenidas por la fase de valoración y decida comparando con los costes esperados si es necesario emitir instrucciones para realizar cambios en el modelado de los costes del proyecto o su estructura, este proceso iterativo debe continuar hasta que los costes del proyecto estén dentro de los límites designados.

Si el gerente sospecha que el modelo de costes tiene errores o no ha sido bien realizado, puede recircular el proceso a la etapa adecuada y comenzar de nuevo el proceso.

Una vez la valoración ha sido hecha, se necesita desarrollar estrategias para mitigar riesgos indeseables, el ciclo comienza de nuevo hasta que los riesgos identificados alcancen un nivel aceptable. La principal consideración aquí es minimizar los riesgos, no necesariamente eliminarlos, y maximizar el beneficio o crecimiento de la actividad. Esto puede ser hecho por tres caminos:

a) Reducción del Riesgo. Este es el primer paso para asegurar que los riesgos son los más pequeños posibles, dos posibles aspectos son estudiados aquí, llamados:

1) Reducción Pre-Pérdidas. Incluye los pasos en los cuales la persona encargada de la gestión de los riesgos puede pensar una vez escogido un riesgo, pero antes de que este provoque ninguna pérdida en el proyecto, pueden ser instrucciones que tendrían un impacto en el presupuesto general del proyecto, por ejemplo en términos de factores del éxito del proyecto, alcance y especificaciones. La persona encargada de este análisis debería estar involucrada en el proyecto desde una etapa muy temprana de su ciclo de vida para asegurar la efectividad de este estudio.

También depende de la filosofía corporativa, y la estructura de la empresa hacia la gestión de riesgos, de cualquier manera, restricciones severas son hechas en este proceso.

2) Reducción Post-Pérdidas. De una forma similar, este estudio incluye pasos por los que el responsable de riesgos puede reducir el impacto de las pérdidas, una vez se han producido. Esta área requiere una gran habilidad que le permita a esta persona trabajar dentro del marco original del alcance y especificaciones del proyecto, para alcanzar los factores de éxito establecidos.

Para alcanzar una solución óptima, se requieren integrar todas las partes de información usadas en el proceso; identificación, medida y valoración del riesgo, por ello es importante hacer revisiones periódicas de los informes y las bases de datos de riesgos construidas.

b) Retención del Riesgo. Dependiendo del valor de estos riesgos potenciales, algunos de ellos pueden asumirse por los responsables de su gestión, mediante coberturas por seguros. Si los costes de estos seguros exceden los del riesgo, otras alternativas deben ser tenidas en cuenta.

c) Transferencia del Riesgo. Esto es esencialmente intentar trasladar el riesgo a otro agente. En proyectos de construcción, los seguros no alcanzan todos los riesgos, es por ello que un estudio sobre las responsabilidades de los riesgos puede servir de base a la transferencia de los mismos, de forma que cada agente asuma los riesgos de su competencia.

La estrategia para transferir los riesgos debe ser también parte de las negociaciones de los contratos de construcción, de forma que se exprese en ellos, que riesgos asumirá cada parte.

4.2.2.5. SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL RIESGO.

Esta fase del modelo es usada para supervisar los costes esperados y hacer los ajustes necesarios para informar de variaciones significativas entre éstos y el presupuesto asignado por la empresa, para que ésta en un momento dado, reconsidere los planes del proyecto.

En esta fase se revisan el conjunto de objetivos y las estrategias del contrato empleadas, como resultado de la evaluación periódica del riesgo se pueden observar si existen desviaciones entre ambos, si ocurren, se llevarían a cabo acciones correctoras para paliarlas, acciones que serían evaluadas de nuevo en la fase de evaluación del modelo. También se desarrollan y distribuyen informes periódicos de los progresos del proyecto, que se darán a todos los agentes implicados en el proyecto.

Las herramientas más utilizadas en esta fase son muchas, entre las que destacan:

- Análisis de desviaciones y excepciones.
- Revisiones periódicas de la evaluación de los Riesgos.
- Revisiones periódicas de la documentación de los Riesgos.
- Informes periódicos de la situación de los Riesgos.
- Informes periódicos de los planes de mitigación de los Riesgos.
- Replanificación de Proyectos.
- Planes de contingencia para fallos en la mitigación de Riesgos.
- Análisis de Coste-Beneficio durante el Control de Riesgos.
- Análisis Causa-Efecto durante el Control de Riesgos.
- Control de Calidad.
- Programas de entrenamiento.
- Estudios del nivel de satisfacción del Cliente.
- Gestión de Subcontratistas.

Las herramientas dentro del control de riesgos, son percibidas por las empresas como las que menos aportan a la gestión de riesgos, existen dos posibles explicaciones a esta percepción:

- No hay herramientas útiles para el control de riesgos, y las ofrecidas por la literatura no se muestran como adecuadas.
- La otra explicación hace referencia a la cultura de gestión, los gerentes de los proyectos deben invertir una gran cantidad de tiempo y esfuerzo en las primeras etapas de la gestión de riesgos del proyecto, que se realizan en conjunto con otras actividades de planificación del mismo, de forma que cuando se llega a la fase de ejecución, están tan ocupados en la supervisión de los recursos y las presiones de los

plazos a cumplir que no pueden prestar la adecuada atención a la fase de control de riesgos.

Esta fase tiene su principal aplicación una vez el proyecto ha empezado a realizarse, en un proyecto, las planificaciones de las tareas se hacen para asegurar que el trabajo que se va a llevar a cabo, se realice con la esperada calidad, en el tiempo permitido y de acuerdo con el presupuesto, desviaciones con la planificación ocurren, y en construcción esa ocurrencia pasa a ser algo común.

En el caso de que las diferencias entre lo planificado y lo realizado sean amplias, es normal realizar acciones de control, de forma que se acerque la realización del trabajo en curso al estado deseado de la planificación. Progresos en los trabajos son necesarios para supervisar y comparar el trabajo en curso de forma que se sea capaz de identificar y medir esas diferencias, las mediciones a realizar son normalmente pocas en comparación con las tareas a realizar, debido a los costes de recoger los datos necesarios, la realización de un proyecto es compleja y un número limitado de datos podría dar una visión parcial de los trabajos en curso, esta visión parcial podría ser adecuada para los propósitos de control del proceso o podría ser insuficiente.

Hay un número de técnicas tradicionalmente utilizadas en construcción para supervisar e informar sobre los progresos de los trabajos, algunas de ellas se basan en informaciones relacionadas con las actividades a realizar, mientras que otras son relativas a tipos de trabajos.

Aunque todas estas técnicas son usadas para producir medidas del estado de realización del proyecto, del estado financiero..., la base de la medición usada y su interpretación del trabajo realizado es diferente en cada una de ellas, es por esto que se espera que para un particular trabajo, una técnica indique que necesitan tomarse acciones correctoras mientras que otra técnica indique que no.

Los factores que afectan al coste y realización del proyecto son presentados con cambios en la planificación.

Un proyecto es prácticamente imposible que se lleve a cabo de acuerdo con la planificación, especialmente si esta se ha hecho a un cierto nivel de detalle. A un nivel de detalle una planificación puede ser un método de trabajo, y sus desviaciones podrían mostrarse como defectos en el método, para otro nivel de detalle, una planificación puede representar el documento de un contrato entre dos partes para hacer un trabajo de una forma u otra, y desviaciones sobre esa planificación, podrían ser puntos de ruptura del contrato.

Pequeñas desviaciones entre lo planificado y lo realizado pueden ser vistas como dentro de los límites de incertidumbre intrínseca al proceso de realización de un modelo y no lo suficientemente grandes como para sembrar dudas sobre el coste y los objetivos principales del proyecto. Grandes desviaciones, sin embargo, pueden requerir una revisión del modelo planificado para el trabajo futuro para asegurar que este se ajuste a la realidad.

Un ciclo clásico de control tiene tres etapas:

- Medición del estado del sistema.
- Comparación de la medida con el estado deseado del sistema.
- Tomar acciones correctoras para devolver el sistema al estado deseado o minimizar la pérdidas en algunas actividades.

Idealmente los sistemas deberían ser estables y responder rápidamente a los cambios, siendo relativamente insensibles a pequeñas cantidades de “ruido”, en los proyectos de construcción como pueda ser el de un almacén de mercancías, los pasos a seguir en el ciclo de control podrían ser:

1. Hacer una planificación.
2. Implementarla.
3. Supervisar los trabajos actuales y guardar los informes de progresos.
4. Realizar informes comparando los parámetros actuales y los planificados y sus desviaciones.
5. Tomar acciones si son necesarias.

Las primeras cuatro etapas corresponden con la supervisión del proceso, esa supervisión proporciona información cuantitativa en la que se debe basar las acciones de control, esas acciones de control pueden ser demandadas por el grupo de gestión del proyecto, en el caso de la ausencia de información formal desde la supervisión, los gerentes tomarán acciones de control basadas en el uso de sistemas de información informales, cuyo éxito depende en gran medida de la experiencia del equipo de desarrollo del proyecto, sin embargo, no hay razones para abandonar los sistemas informales en favor de los formales, lo que se debe hacer es combinarlos adecuadamente.

Se van a describir a continuación con un poco más de detalle, tres de las técnicas de supervisión y control más usadas, son:

- a) **Técnica del Parámetro Importante.** Es una técnica basada en la idea de escoger una o más de los principales tipos de trabajos a realizar en un proyecto, como medida del nivel de realización de todo el proyecto. El coste total por cada uno de los trabajos importantes y el coste total del proyecto en curso se comparan normalmente con el coste planificado, durante el mismo periodo de tiempo, esta técnica también se puede usar en proyectos que incluyan varias secciones con diferentes tipos de trabajo en cada una, en este caso es posible usar diferentes parámetros como medida de realización para cada sección.

El problema principal de esta técnica como herramienta efectiva de control de costes es que esos proyectos a menudo incluyen muchos tipos importantes de trabajos y que la elección de los adecuados parámetros para valorar la realización del proyecto podría ser variable con el tiempo.

- b) **Ratios basados en la actividad.** Esta es una técnica de control financiera que emplea los ratios entre las ganancias y los pagos en las actividades de un proyecto como medida de su realización.

La técnica, puede ser usada también para medir la realización de todo el proyecto, no sólo de las tareas concretas, los tres ratios que el sistema emplea son:

- Estado Planificado de Realización = Ganancias Planificadas / Gastos Planificados.
- Estado Actual de Realización = Ganancias Actuales / Gastos Actuales.
- Eficiencia = Estado Actual de Realización / Estado Planificado de Realización.

Los ratios pueden ser calculados para cualquier punto o sobre cualquier periodo para el cuál la planificación este disponible, ambos, los estados actuales y planificados deben ser evaluados utilizando las mismas técnicas tanto para las ganancias como para los gastos, evitándose así contaminaciones en los datos.

Las medidas usadas en esta técnica son fáciles de calcular y fáciles de interpretar, requiriéndose relativamente pocos datos y puede ser aplicada a un amplio rango de niveles de un proyecto, puede ser aplicada a todo el proyecto, o a una parte, y puede ser útil para medir la contribución del trabajo de subcontratistas individuales del proyecto.

Basado en lo anterior se puede concluir que las medidas usadas en este método son excelentes herramientas de comunicación con los contratistas y demás agentes implicados en el proyecto, y es particularmente útil en aplicaciones corto plazo, las predicciones hechas están basadas únicamente en la planificación y no son fiables estadísticamente.

- c) **Análisis de varianzas.** En este contexto, varianzas son diferencias entre dos valores. En las mediciones de proyectos y control, se tiene a menudo varianzas entre los gastos esperados y reales, aunque otros valores de parámetros pueden ser usados, el uso de varianzas para medir el estado de realización de un proyecto es, tal vez, la más antigua y común de las técnicas utilizadas.

Por medio de considerar el estado actual y el estado final de la realidad y lo planificado de un proyecto, es posible construir una imagen bastante detallada del proyecto, esta técnica se usa comúnmente para evaluar la totalidad del proyecto, o una parte, y también para evaluar a subcontratistas.

Básicamente, dibujando varias curvas de gasto como puedan ser la del primer presupuesto del proyecto, la última estimación de los costes totales, la última estimación de los gastos, y el coste actual del trabajo realizado, dos tipos principales de varianzas pueden ser determinadas.

- Varianza en el Presupuesto.
- Varianza en el Coste Total.

Estas son las principales varianzas de un proyecto, las cuales pueden indicar aumentos en el coste del proyecto comparando con los gastos presupuestados, sin embargo, no muestran las causas de ese posible aumento.

Es posible, a su vez, subdividir esas varianzas en otras más detalladas, de forma que se pueda reconocer la causa de los cambios en los costes, así la varianza del presupuesto se puede dividir en:

- **Varianza del Presupuesto Actual.** Representa que los costes incurridos por el trabajo ya hecho en un periodo determinado es mayor o menor que el gasto planificado. No muestra sin embargo si el proyecto esta por debajo de lo planificado, o si se ha superado el presupuesto. Esta varianza a su vez se puede dividir en otras como:
 - **Varianza en la Realización** = Valor del presupuesto del trabajo hecho – gasto presupuestado en un periodo.

Indica que el progreso del proyecto es de adelanto sobre lo planificado si este valor es positivo, y de retraso si es negativo.
 - **Varianza de la Eficiencia** = Costes incurridos – valor del presupuesto del trabajo hecho.

Indica salida del presupuesto si es positivo y de acuerdo al presupuesto si es negativo.
- **Varianza del Presupuesto Futuro.** Indica que, con los datos actuales el gasto a incurrir por el trabajo a realizar en un periodo sera mayor o menor que el gasto planificado, está en la misma línea de la anterior pero considerando los costes futuros planificados.

Se han estudiado las etapas en las que se divide un modelo de gestión de riesgos basado en un proceso de gestión de riesgos aplicado a los costes de un proyecto, en el capítulo 6 se va a realizar una aplicación de este modelo a los costes del almacén diseñado en los capítulos anteriores, dicha aplicación consistirá en un estudio preliminar de los riesgos operativos de un almacén, incluyendo los riesgos financieros asociados al almacén para finalmente realizar un estudio detallado del riesgo mayor encontrado, con el fin de poder reducirlo o mitigarlo con las acciones adecuadas por parte de los gerentes de la empresa.

5. El Análisis Financiero de un Proyecto.

5.1. INTRODUCCIÓN.

A lo largo de este trabajo se ha desarrollado una metodología de diseño de almacenes y un modelo de costes para calcular el presupuesto esperado de gestión del almacén, ahora, en este capítulo, se va a estudiar las distintas formas de financiar el proyecto, cómo conseguir el dinero necesario para llevarlo a cabo así como la viabilidad económica del proyecto, los riesgos financieros asociados a las distintas fuentes de financiación que se propongan, se van a estudiar más en detalle en el capítulo siguiente, enlazando a su vez con el análisis de riesgos operativos del almacén, el riesgo asociado a las variaciones de tipos de interés, el más importante hoy en día, pues de él depende en gran medida los créditos bancarios, principal fuente de financiación, tendrá una especial atención, también se estudiarán los instrumentos económicos más utilizados para gestionarlos, los instrumentos financieros derivados.

5.2. LAS FUENTES DE FINANCIACIÓN.

Según se ha visto a lo largo de este trabajo, se tienen dos inversiones, una a 30 años para la construcción del edificio y sus instalaciones de electricidad, aire acondicionado..., que será el almacén de la empresa, y la otra a 10 años para comprar y colocar los equipos de manipulación de mercancías así como el equipamiento de las oficinas y los distintos sistemas de almacenamiento a emplear.

Ambas inversiones suponen un montante total de alrededor de 2.97 millones de euros, dinero que se tiene que conseguir de alguna forma, en este apartado se trata de ver las distintas formas de financiación para conseguir ese dinero, las condiciones que se tienen que cumplir para lograrlo y los riesgos más comunes asociados a las distintas formas de financiación, como puedan ser retrasos en la documentación por problemas burocráticos y la adjudicación de los fondos en un tiempo que haga que el empresario no pueda hacer frente a sus compromisos monetarios.

5.2.1. FORMAS DE FINANCIACIÓN.

En este apartado se van a exponer las distintas alternativas existentes para financiar un proyecto, se van a agrupar en recursos propios, ayudas, créditos bancarios e inversores.

1. **RECURSOS PROPIOS.** Esta forma de financiación es la más aconsejable para evitar problemas de insolvencia a la hora de devolver los créditos pedidos, se trata de usar el dinero del empresario o los recursos de la empresa para acometer la nueva inversión, sin embargo esta forma de financiación es, a su vez, la menos común de todas debido a las fuertes sumas de dinero necesarias para acometer los proyectos, recursos que en general no están a disposición de las empresas, o deben asignarse a la gestión diaria de la misma..
2. **AYUDAS.** Esta forma de financiación es muy común hoy en día, se trata de recibir una inyección económica extra sin necesidad de devolución, por parte de distintos organismos económicos nacionales o internacionales, así como mecanismos fiscales de reducción o retraso de la carga fiscal asociada a la actividad empresarial, los empleados o las instalaciones. Dentro de este grupo se contemplan:
 - Subvenciones.
 - Bonificación de intereses.
 - Ventajas fiscales.
 - Préstamos a tipos reducidos.
 - Garantías.
 - Amortizaciones Aceleradas.
 - Reducciones de Cargas Sociales.
 - Otras.

El grupo más importante a tratar aquí es el de las subvenciones, existen muchísimos tipos de subvenciones, y éstas pueden proceder de las distintas administraciones, se distinguen entre:

- Subvenciones Locales, de los Ayuntamientos.
- Subvenciones Autonómicas.
- Subvenciones Estatales.
- Subvenciones Europeas.

Cada administración tiene sus propias condiciones para conceder las subvenciones, el público objetivo de las mismas y las cuantías, así las subvenciones locales no son muy comunes por la falta crónica de recursos de los Ayuntamientos, estas subvenciones y ayudas se concentran en cesiones de terrenos para su explotación, reducciones de impuestos locales, etc, no en dinero.

Las subvenciones autonómicas suelen concederse a empresas creadas y ubicadas en la comunidad autónoma que oferta las ayudas y subvenciones, estas ayudas suelen ser económicas y fiscales, intentando favorecer y potenciar la creación de empleo en la comunidad y el desarrollo tecnológico y social de la misma. Normalmente toda la información relativa a las mismas venir publicada en el Boletín Oficial de la Comunidad Autónoma pertinente, en el caso de Andalucía es el B.O.J.A.

Las ayudas del Estado están disponibles a todas las empresas nacionales, independientemente de dónde sea creada, obedecen a programas de desarrollo, investigación, sociales..., cada Ministerio tiene sus propias ayudas destinadas a diversos aspectos de la economía, están publicadas en el B.O.E. donde se puede averiguar las condiciones para solicitarlas, documentación a presentar, cuantía disponible y toda la información relativa a las mismas, también se encuentra esta información en las distintas páginas web oficiales de los susodichos Ministerios.

Las ayudas europeas son una fuente importante de recursos económicos, proceden del fondo europeo de inversiones que posee una red de bancos e instituciones financieras que proporcionan el dinero para las subvenciones y ayudas, las cuales son concedidas tras un minucioso proceso de selección de proyectos empresariales o programas científicos. Algunos ejemplos de estos programas de ayudas son los fondos F.E.D.E.R. de ayuda al desarrollo rural, las subvenciones a las empresas para adecuar sus instalaciones de acuerdo a las nuevas normativas de respeto al medioambiente..., existen infinidad de ayudas de todo tipo, divididas en áreas económicas. Se puede buscar una información extensa en la página web de la Unión Europea, tras el que se busca el link “grants and loans”. En esa página se puede ver el objetivo general de las subvenciones, quién la concede, el presupuesto total del programa al que se acoge la empresa, empresas que se pueden acoger a esa subvención, documentación a presentar...

Las cuantías de las ayudas dependen de los programas y de los proyectos a los que se destinan dichas ayudas, se puede llegar a financiar hasta el 40% de la inversión total de un proyecto por medio de subvenciones comunitarias.

En España, se pueden solicitar muchos tipos de subvenciones por diferentes conceptos, ayudas por la creación de empleo, empleo femenino, respeto al medioambiente, por investigación..., sin embargo, el conjunto de todas ellas recibidas por una empresa en un proyecto de inversión debe cumplir la regla conocida *de Minimis*, cuyas condiciones vienen escritas en el Reglamento (C.E.) nº 69/2001 de la Comisión, de 12 de Enero de 2001, relativo a la aplicación de los artículos 87 y 88 del Tratado de la C.E. a las ayudas de minimis. (JOCE L 10 de 13.1.2001. p 30).

3. CRÉDITOS BANCARIOS. Esta forma de financiación es la más común y buscada de las disponibles, se puede conseguir el 100% de los fondos necesarios para llevar a cabo el proyecto pretendido, las condiciones para la concesión de los préstamos bancarios depende de los bancos, en general para la solicitud del préstamo hay que incluir en el proyecto un estudio económico de viabilidad y un plan detallado de financiación, también suele ser necesaria la presentación de avales o avalistas, aunque ayudaría, en el caso del

almacén, si se presentara un contrato de utilización del almacén con alguna empresa importante como El Corte Inglés o E.A.D.S.

4. **INVERSORES.** Es una forma de financiación difícil de conseguir pero muy buscada, se trata de que otras empresas o entidades financieras aporten capital al proyecto como inversores, socios o accionistas, beneficiándose del uso de los servicios proporcionados por el almacén, del reparto de dividendos por las acciones, entre otras ventajas.

Todas estas formas de financiación se pueden combinar para conseguir el objetivo perseguido, asegurarse el dinero necesario para desarrollar el proyecto.

5.2.2. PROBLEMAS DE LA FINANCIACIÓN.

Los principales problemas con la financiación es conseguirla, y una vez conseguida, el riesgo es hacer frente a los pagos de la deuda adquirida, para hacer frente a este problema es necesario un estudio financiero y de viabilidad del proyecto, así se sabrá a priori si el empresario será capaz de cumplir sus obligaciones crediticias.

Para lograr la financiación suele ser necesaria la ayuda de empresas especializadas en asesoría, contratar estos servicios puede suponer un gasto inicial adicional, pero ayuda a agilizar el conseguir información sobre las distintas posibilidades de subvenciones que hay, créditos existentes, inversores..., la preparación y presentación de la documentación requerida para solicitar las ayudas, créditos...

Por otro lado, la asesoría por parte de profesionales nos puede ayudar también a realizar el estudio de viabilidad de la inversión, y crear un plan de financiación y pagos asequible para hacer frente al riesgo de no poder cumplir con los compromisos monetarios adquiridos.

5.3. LA RENTABILIDAD ECONÓMICA DE UN PROYECTO.

Todas las inversiones que se realizan deben estar acompañadas de un estudio de viabilidad, o rentabilidad, de forma que se pueda presentar dicho estudio a las entidades o posibles inversores para que se consiga la financiación adecuada del proyecto empresarial que se trate.

La evaluación de proyectos de inversión y el desarrollo de criterios que son la base de esa evaluación son realizados mediante criterios individuales que se sirven de valores de entrada que son con toda seguridad ciertos en un momento dado, sin embargo, debido a los efectos de diversos factores es muy posible que esos valores de entrada no sean ciertos en un futuro cercano, lo que hace que la evaluación final sea incorrecta, si se quiere tener en consideración el

horizonte temporal de la inversión y todas las posibles consecuencias, se tiene que analizar, por adelantado, los efectos de potenciales cambios en los valores iniciales, en la situación final, lo que se suele realizar a través de la técnica o procedimiento conocido como **análisis de sensibilidad**.

5.3.1. VIABILIDAD DE UN PROYECTO.

Para evaluar un proyecto, es necesario analizar su viabilidad desde varias perspectivas, de mercado, técnica, financiera y un análisis de entorno en donde se analizan las variables externas que puedan afectar el resultado final o el cumplimiento satisfactorio del objetivo del proyecto.

Desde una perspectiva de mercado, se analizan variables como la demanda del producto o servicio, el mercado meta, la posible competencia del mercado, hábitos y motivadores de consumo así como estrategias de comercialización y posibles campañas publicitarias. (Gómez, 2004).

El proyecto debe analizarse también técnicamente, es decir, desde una perspectiva ingenieril, en donde se especifiquen las diferentes alternativas técnicas, procesos de producción, cumplimiento de normas y alternativas para la reducción de costos en la producción o en la ejecución del servicio que se pretende ofrecer.

Financieramente, un proyecto empresarial debe ser viable, es decir, la empresa debe recuperar la inversión en un lapso de tiempo determinado. En el proyecto, se deben analizar las inversiones necesarias, presupuestos de gastos e ingresos, evaluación de la rentabilidad y productividad y sus costos de financiamiento ([6] Gómez, 2004).

Desde un entorno externo el resultado de un proyecto empresarial se puede ver afectado por factores políticos y sociales, el entorno microeconómico y macroeconómico del país o región en donde se ejecute el proyecto, políticas operativas de la empresa, premisas financieras o alguna otra normatividad organizacional que esté fuera del control de los participantes del proyecto.

Durante la planificación del proyecto, es importante considerar todos los factores mencionados así como el diseñar escenarios que nos ayuden a tomar una buena decisión que aumente las probabilidades de éxito de nuestro proyecto empresarial.

5.3.2. LOS CRITERIOS CLÁSICOS: VAN, TIR, PERIODO DE RECUPERACIÓN.

En la evaluación de proyectos de inversión se tiene a nuestra disposición un conjunto de criterios que son la base de dicha evaluación, y un conjunto de valores como pueden ser beneficios, costes, tasas de interés, valor de la inversión..., con los cuales se pueden calcular ciertos criterios individuales de análisis, **el valor actual neto, la tasa de retorno y el periodo de retorno de la inversión**, también llamado periodo de recuperación (PR).

Los criterios clásicos que usan los economistas para saber si una inversión es rentable o no, son los expuestos anteriormente y que ahora se definen:

Valor Actual Neto (VAN).

Definición:

Es aquel que permite determinar la valoración de una inversión en función de la diferencia entre el valor actualizado de todos los cobros derivados de la inversión y todos los pagos actualizados originados por la misma a lo largo del plazo de la inversión realizada. La inversión será aconsejable si el valor del VAN es positivo.

Fórmula:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{NI_k}{(1+i)^k}$$

Donde los símbolos representan:

NI_k entradas netas, (beneficios menos costes) en el k'esimo año de la vida útil de la inversión.

i tasa de interés de la inversión.

n número de años de amortización del proyecto.

Tasa interna de Retorno (TIR).

Definición:

Es el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a 0.

Fórmula:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{NI_k}{(1+i)^k} = 0$$

Periodo de Retorno de la Inversión, o Periodo de Recuperación

Definición:

El **Periodo de Recuperación** basa sus fundamentos en la cantidad de tiempo que debe utilizarse, para recuperar la inversión, sin tener en cuenta los intereses. Es decir, que si un proyecto tiene un costo total y por su implementación se espera obtener un ingreso futuro, en cuanto tiempo se recuperará la inversión inicial.

Fórmula:

$$\sum_{k=0}^n \frac{I_k}{(1+i)^k} = \sum_{k=0}^n \frac{NI_k^*}{(1+i)^k}$$

Donde los símbolos representan:

I_k Valor de la inversión en el año k.

NI_k^* Entradas netas, (beneficios menos costes) en el k'esimo año de la vida útil de la inversión, descontando los intereses.

5.3.3. APLICACIÓN.

Para el caso que nos ocupa, se tienen dos inversiones, una de 30 años correspondiente a la construcción del edificio y sus instalaciones, y la segunda a 10 años correspondiente con la compra de los elementos de almacenamiento y manipulación de mercancías, se van a aplicar estos criterios individuales a esas inversiones para hacernos una idea de la viabilidad del proyecto en estudio, así para el total de la inversión de 2,97 millones de Euros se tiene:

VAN.

Para el cálculo de los flujos de caja necesarios para el VAN, se suponen unos beneficios que van a variar entre 500000 Euros el primer año, hasta un beneficio de 1 millón de Euros el primer año, todos aumentando un 5% anual, a su vez los costes se suponen que aumentan alrededor del I.P.C. esperado anual, en torno al 4%, con estos datos los VAN se recogen en el siguiente cuadro.

BENEFICIO ESPERADO (Primer año)	VAN
500000 Euros	255,489.65 Euros
525000 Euros	720,239.15
550000 Euros	1,695,967.94
575000 Euros	2,671,696.73
600000 Euros	3,647,425.53
700000 Euros	7,550,340.70
800000 Euros	11,453,255.87
900000 Euros	15,356,171.04
1000000 Euros	19,259,086.20

Se puede comprobar que por este criterio, la inversión comenzaría a ser rentable a los inversores a partir de un beneficio esperado anual de **506546.13 Euros**, siendo ese punto cuando el VAN se hace positivo, siempre y cuando los costes no crezcan por encima del 4% anual y los beneficios tengan un crecimiento sostenido del 5% anual.

Periodo de Recuperación

BENEFICIO ESPERADO (Primer año)	PR
500000 Euros	> 30 años
525000 Euros	28.5 años
550000 Euros	24.9 años
575000 Euros	21.6 años
600000 Euros	19.5 años
700000 Euros	12.7 años
800000 Euros	9.5 años
900000 Euros	7.8 años
1000000 Euros	5.7 años

De la combinación de estos dos criterios se deduce que a partir de 600000 Euros anuales de beneficio el VAN supera al coste de la inversión total, sin embargo esta calculado a 30 años, este periodo es demasiado largo para recuperar la inversión, siendo aconsejable un beneficio anual inicial a partir de 800000 Euros, en el cual el VAN es positivo, mayor que el coste de la inversión y el periodo de recuperación es de menos de 10 años, la vida útil esperada de los equipos de almacenamiento y manipulación de mercancías.

Los datos de estos cálculos se pueden ver en el anexo D1 de este trabajo.

5.4. INTRODUCCIÓN A LOS RIESGOS FINANCIEROS.

5.4.1. LA GESTIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS EN LA EMPRESA.

El marco de riesgo en el que operan las empresas ha cambiado profundamente en la última década, planteando nuevos retos al directivo financiero. Durante estos últimos años se ha visto como se han abandonado las políticas proteccionistas en materia de fijación de precios de bienes y servicios, tipos de interés o de cambio; se han flexibilizado las restricciones al comercio y se ha globalizado la economía, los avances conseguidos en la tecnología informática y de telecomunicaciones, permiten la difusión de la información en tiempo real y el diseño y actualización de instrumentos financieros de creciente complejidad.

No cabe ninguna duda de que esta nueva situación afecta de forma sustancial a la actividad empresarial, influyendo de un modo u otro sobre sus resultados futuros. Muchos de estos riesgos son inherentes al desarrollo de su actividad productiva y son los denominados **riesgos de negocio, operativos, económicos o empresariales**, ligados a la fabricación y comercialización de los productos y servicios de las compañías. El inversor estará dispuesto a asumir dicho riesgo cuando la rentabilidad esperada sea suficiente para compensarlo, pudiendo ser gestionado eficazmente mediante herramientas tradicionales, tales como la diversificación.

Aparte de estos riesgos, de negocio, las empresas se encuentran sometidas a otros de origen financiero, que cada vez ejercen una mayor influencia sobre las mismas. Las fuentes de riesgos financieros más generales y comunes, se pueden ver en el siguiente cuadro.

Una de las diferencias básicas entre los dos grandes grupos de riesgos a los que se encuentra sometida una empresa, operativos y financieros, es que los financieros son fácilmente transferibles, ya que existen mercados que permiten intercambiar dicho riesgo con otros agentes económicos, y que se estudiarán más adelante.

Por riesgo se entiende la existencia de escenarios con posibilidad de pérdida, y por pérdida la obtención de una rentabilidad por debajo de la esperada. De este modo, es bastante habitual asociar el riesgo con variabilidades de rentabilidad, en sus diferentes acepciones, de manera que habrá tantos tipos de riesgo como rentabilidades. Si se centra uno en el ámbito de los mercados financieros en los que se desarrolla la gestión de los activos financieros, se pueden señalar como principales fuentes de riesgo.

FUENTES DE RIESGO
Variaciones no esperadas en los tipos de interés
<i>Posibilidad de insolvencia</i>
<i>Posibilidad de aumento en la inflación</i>
<i>Variaciones no esperadas en el tipo de cambio</i>
<i>Iliquidez</i>
<i>Volatilidad</i>
<i>Pérdida de ventajas fiscales</i>
<i>Desconocimiento del riesgo</i>

Cuadro 1: Fuentes de Riesgos Financieros.

Seguidamente se procede a detallar cada una de las fuentes de riesgo recogidos en el Cuadro 1.

- a) **Riesgo de variaciones no esperadas en los tipos de interés.** Consecuencia, como su nombre indica, de variaciones en los tipos de interés en sentido diferente al esperado. Este riesgo, a su vez, se divide en otros dos: riesgo de mercado o *market risk* y riesgo de reinversión o *reinvestment risk*.

El primero es el que origina las pérdidas de capital en el valor de mercado del activo originadas por un aumento en los tipos de interés. La mayor o menor sensibilidad del precio ante las variaciones que se puedan producir en los tipos de interés de mercado dependerán de las características propias del activo (por ejemplo, en el caso de un bono: la fecha y modo de reembolso, los flujos de caja y su periodicidad, entre otras).

El riesgo de reinversión se materializa cuando la reinversión del propio activo o de sus flujos de caja debe realizarse a unos tipos inferiores a los previstos y, como en el

caso anterior, la mayor o menor incidencia de este efecto, dependerá de las características específicas del activo.

Riesgo de variaciones no esperadas en los tipos de interés		
	Riesgo de Mercado	Riesgo de Reinversión
Aumento de tipos de interés	Pérdida	Beneficio
Disminución de tipos de interés	Beneficio	Pérdida

- b) **Riesgo de insolvencia.** Derivado de la posibilidad de incumplimiento de las obligaciones por parte del emisor (volviendo al ejemplo del bono: pago de cupones y/o amortización del principal en las fechas establecidas). El riesgo de insolvencia o *default risk* también es conocido como riesgo de crédito o *credit risk*. En cualquier caso para su gestión resulta especialmente útil la información proporcionada por las agencias de calificación, que evalúan la calidad de las emisiones y de los emisores sobre la base de la posibilidad de incumplimiento. La calificación o *rating* influirá sobre la rentabilidad de la emisión.
- c) **Riesgo de inflación.** El riesgo de inflación o *inflation risk* o *purchasing power risk*, es consecuencia de la pérdida de poder adquisitivo que se genera por aumentos de la inflación (fácilmente observable si se piensa en una emisión que promete un tipo de interés fijo a lo largo de la vida de la emisión).
- d) **Riesgo de tipo de cambio.** Derivado del desconocimiento del precio de una divisa en el que se va a realizar una transacción. Concretamente, el riesgo de tipo de cambio o *exchange risk* o *currency risk*, se materializa por variaciones en el tipo de cambio en sentido contrario al esperado. Lógicamente afecta a aquellas emisiones denominadas en divisas cuando la variación del precio de la divisa resulte adverso a la posición de la inversión.
- e) **Riesgo de liquidez** En inglés denominado *liquidity risk* o *marketability risk*. Hace referencia a la posibilidad de que el activo pueda ser vendido fácilmente, antes de su vencimiento, sin sufrir pérdidas importantes de capital. Una menor liquidez redundará, si el resto de características permanecen iguales, en una mayor rentabilidad exigida.
- f) **Riesgo de volatilidad.** Referido a aquellos activos que llevan incorporadas determinadas opciones y cuyo precio depende, además del nivel de los tipos de interés, de factores que puedan influir en el valor de las opciones incorporadas, como puede ser la volatilidad en los tipos de interés. El riesgo de volatilidad o *volatility risk* es el derivado de que un cambio en la volatilidad afecte negativamente al precio del bono.
- g) **Riesgo derivado de los efectos fiscales.** El tratamiento fiscal de los rendimientos que pueda generar un activo es también una fuente de riesgo. El riesgo impositivo o *tax*

risk, se produce por la posibilidad de que desaparezcan determinadas ventajas fiscales de las que gozan algunos activos. Como el origen de tal desaparición se fundamenta en determinadas acciones políticas o legales, en Dattatreya et al. (1995) se le denomina riesgo político (*political risk*) o riesgo legal (*legal risk*).

- h) **Riesgo de riesgo.** Derivado del desconocimiento sobre el riesgo asociado a determinados activos. El denominado riesgo de riesgo o *risk risk* es consecuencia de las innovaciones que se producen en los mercados financieros no siempre es posible conocer las características de riesgo y rendimiento de los activos.

Dentro de estos riesgos, destaca el conjunto denominado **riesgo de mercado**, consistente en la posibilidad de que una empresa sufra pérdidas en un determinado periodo debido a movimientos inesperados y adversos de los tipos de interés, de cambio, precios bursátiles y de materias primas o commodities. El efecto de los riesgos de mercado sobre las empresas ha ido aumentando a la vez que el entorno financiero mundial se hacía más incierto. No obstante, no ha sido hasta hace poco tiempo que los directivos han empezado a plantearse la gestión de éstos riesgos, con el objetivo de limitar las pérdidas potenciales y estabilizar los flujos empresariales.

Ante estas situaciones, que pueden afectar de forma considerable a los beneficios de las empresas, estas se plantean su gestión con el objetivo de mitigar o atenuar la probabilidad de sufrir pérdidas. Las primeras técnicas que empezaron a utilizarse estaban basadas en mecanismos de balance o en actuaciones que afectaban a las prácticas de explotación. En este sentido, las empresas controlaban sus riesgos de tipos de interés alineando los activos y pasivos de vencimiento similar. Del mismo modo, las compañías exportadoras que no querían verse influenciadas por el riesgo de tipo de cambio construían fábricas en sus mercados estratégicos; y aquellas sometidas en mayor medida al riesgo de precios de mercancías lo trataban de evitar mediante la acumulación de existencias excedentarias. No obstante, estas técnicas tradicionales plantean diversos problemas. Por ejemplo, el mantenimiento de existencias excedentarias de materias primas, como protección frente a incrementos futuros de precios, puede afectar a la calidad y cantidad de la producción. Además la empresa se arriesga a sufrir pérdidas si caen los precios de sus existencias. También resultan en determinadas ocasiones costosas y no siempre posibilitan la gestión de un determinado riesgo.

Para solventar las ineficiencias de los sistemas tradicionales se han desarrollado desde los años setenta nuevas técnicas de gestión de riesgos financieros, que han traído como consecuencia la aparición de los instrumentos financieros derivados. Correctamente utilizados, permiten transferir los riesgos a los que se encuentran sometidos los agentes sin crear riesgos adicionales, permitiendo anticiparse a las consecuencias negativas o positivas de dichos cambios. Este hecho permite limitar las pérdidas potenciales y estabilizar los flujos de caja, aportando, además, flexibilidad, rapidez, precisión y bajos costes de transacción. Pese a que los derivados se utilizan desde hace tiempo, sólo últimamente han pasado a ser considerados por los directivos de las empresas como una estrategia viable en la gestión activa de los riesgos financieros, acentuados por la actual volatilidad de los precios y activos financieros.

5.4.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DERIVADOS.

Los instrumentos financieros derivados se denominan así porque su precio deriva del valor de otro activo (bonos, divisas, materias primas, etc) llamado subyacente. Están basados en activos clásicos o convencionales, pero con algunas diferencias en su operativa.

Por ejemplo, en las operaciones al contado o “spot” el intercambio del activo, a cambio del precio pactado, tiene lugar en el mismo momento en el que se formaliza el contrato. En las operaciones a plazos, pioneras dentro de las operaciones derivadas, la ejecución del contrato no se realiza en el momento de la formalización del mismo, sino en un momento posterior o fecha de vencimiento. En la fecha actual o de formalización las partes contratantes acuerdan todos los términos del contrato, incluido el precio a plazo o precio forward de la operación. Así los tipos a plazo o “forward rates” será el precio que el mercado establece para un instrumento financiero que se negocia hoy pero cuya transacción se realizara en una fecha posterior. Estas operaciones se pueden realizar en mercados organizados, originando los futuros financieros o bien en mercados no organizados u OTC, como las operaciones FRAs.

En otro caso, si lo que se considera es la posibilidad o no de la entrega del activo contratado, a elección de una de las partes contratantes, se originan las opciones. Otra ventaja de las operaciones derivadas, a diferencia de los activos financieros clásicos, es la no necesidad de que se produzca el flujo monetario por el montante total de la operación, por lo que permiten la cobertura de riesgos sin que exista la posibilidad de pérdida de la totalidad del principal en el caso de impago.

Dentro de los **mercados derivados**, es posible distinguir entre instrumentos derivados que se negocian en **mercados oficiales organizados**, donde se dan una serie de características tales como la tipificación o normalización de los contratos, el aseguramiento de las liquidaciones mediante la cámara de compensación, la transparencia de las cotizaciones, el régimen de garantías, la liquidación gradual y final de las diferencias, etc.; y otros que incumplen esas características y que se negocian en **mercados no organizados u OTC** (Over The Counter), donde las partes contratantes fijan en cada caso los términos contractuales de las operaciones convenidas entre ellos.

A su vez dentro de los mercados derivados no organizados, se negocian las operaciones a plazo, las operaciones de permuta financiera o swaps y las operaciones OTC, entre las que también se incluyen los caps, floor, collar y swaptions, mientras que en los mercados organizados se negocian básicamente los futuros y las opciones. A parte de estos productos, denominados plan vanilla o genéricos, también existen otros derivados que incluyen características adicionales y que normalmente se forman mediante combinación de varios derivados genéricos.

La principal aplicación de todos estos instrumento es la cobertura de los riesgos financieros y de mercado, a los que se encuentran sometidos los agentes económicos, principalmente los originados por los cambios de tipos de interés, de cambio, precios de las materias primas y bursátiles. Por ejemplo, para el caso de los contratos swaps, al igual que para la mayoría de instrumentos OTC, se pueden encontrar contratos swaps de divisas, de tipos de

interés, de valores bursátiles o de commodities. En este capítulo se van a estudiar las operaciones de permuta financiera para la gestión del tipo de interés, más conocido como swaps de tipos de interés o IRS (Interest rate swaps).

5.4.3. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SWAPS DE TIPOS DE INTERÉS.

Las operaciones de **permuta financiera o swaps** son contratos en los que dos agentes económicos acuerdan intercambiar flujos monetarios, expresados en una o varias divisas, calculados sobre diferentes tipos o índices de referencia que pueden ser fijos o variables, durante un cierto período de tiempo.

Dentro de estas estructuras se pueden distinguir entre swaps de tipos de interés, de divisas, de commodities o materias primas y de acciones. No obstante, dado que los más utilizados son los de tipos de interés, en este trabajo sólo se ven a analizar las características y aplicaciones de estos últimos.

Un swap de tipos de interés, o swap de intereses, es un contrato en el que dos partes acuerdan, durante un período de tiempo establecido, un intercambio mutuo de pagos periódicos de intereses nominados en la misma moneda y calculados sobre un mismo principal pero con tipos de referencia distintos. En el caso más habitual una de las partes paga los intereses a tipo variable en función del EURIBOR o LIBOR, mientras que la otra lo hace a un tipo fijo o bien variable, pero referenciado, en este supuesto, a otra base distinta.

Como ejemplo, se considera un swap realizado entre una empresa A, que ha emitido deuda a tipo fijo (v.g, 6 %) pagadera anualmente y vencimiento a tres años, pero que desea endeudarse a tipo variable, y otra empresa B, que la ha emitido a tipo variable (v.g, EURIBOR a 1 año + 0,5%), pero que desea pagar intereses a tipo fijo, ambas por un principal de 1 millón de Euros. Mediante el swap, la empresa A le abonará semestralmente a B los intereses de su deuda a cambio de recibir de B los intereses a tipo fijo, para hacer frente a su emisión. El resultado neto será que A queda endeudada a tipo variable y B a tipo fijo, como ambas deseaban. El esquema básico queda representado en la figura 1 donde los flujos a tipo fijo han sido representados gráficamente por una línea recta mientras que se ha utilizado una línea ondulada para los flujos a tipo variable.

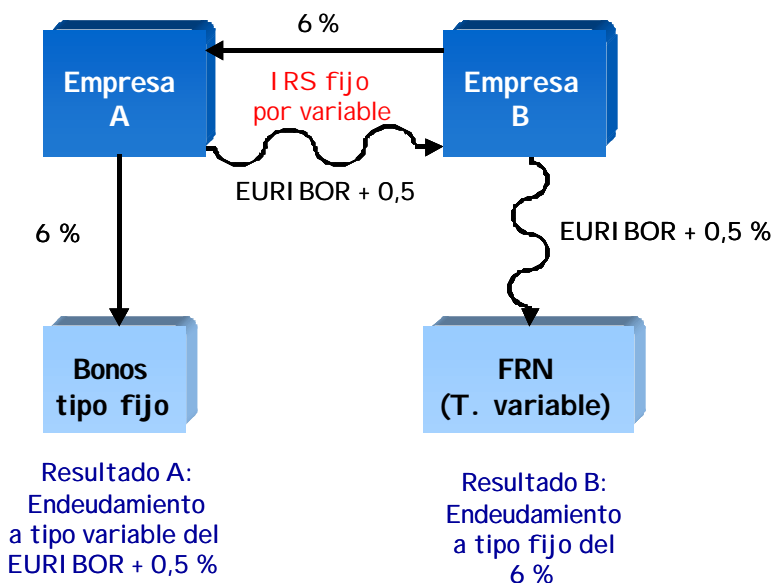


Figura 1: Ejemplo de Swap.

En las operaciones básicas o “plain vanilla” el tipo variable cotiza sin margen, por lo que éste puede ser compensado con los flujos a tipo fijo, de forma que en el swap del ejemplo anterior se pagaría un tipo fijo del 6% a cambio de recibir el EURIBOR. En estas operaciones la obligación de pago afecta exclusivamente a intercambio de intereses. El principal, si bien nos sirve para evaluar el tamaño del swap, no se intercambia, sirviendo únicamente para calcular los intereses a pagar. Por esta razón estas operaciones no tienen impacto en los balances contables de las compañías partícipes (sólo influyen en la cuenta de pérdidas y ganancias), por lo que son clasificados como instrumentos fuera de balance. Los pagos que ambas partes deben intercambiar periódicamente se suelen compensar, realizando sólo un pago por la diferencia. Esta compensación es conocida como "netting" y vendrá dado por:

$$L = \frac{(i_f - i_v)}{100} \cdot \frac{\text{Días}}{360} \cdot \text{Nominal}$$

En el cuadro 2 se han representado los flujos que se producirían por la operación del ejemplo anterior, para un principal nominal de 1 millón de Euros y para un tipo fijo del 6%, en el supuesto de que la evolución del EURIBOR anual durante los próximos tres años fuese la reflejada en dicho cuadro. En este caso el beneficiado por el swap ha sido el pagador a tipo fijo ya que los tipos han subido más de lo que esperaba el pagador a tipo variable.

Año	EURIBOR	Flujos a tipo Fijo (6 %)	Flujos a tipo Variable	Flujo de caja Neto (“netting”)
1	5,5 %	60.000	55.000	- 5.000
2	6,5 %	60.000	65.000	+ 5.000
3	7,0 %	60.000	70.000	+ 10.000

Cuadro 2

Respecto al **valor del swap** en un momento determinado, vendrá dado por la diferencia neta y actualizada entre los dos flujos de pagos intercambiados durante el período contractual, en función de la curva cupón cero vigente en dicho momento. Dado que los flujos a tipo variable no se conocen de antemano, se estiman previamente a partir de los tipos “forward” implícitos en la curva cupón cero. En el momento de la emisión el valor de la operación debe ser cero, al objeto de que ninguna parte se sienta perjudicada. Una vez realizado, al cambiar los tipos de interés, cambiará el valor de la operación a favor de alguna de las partes.

Existen **dos modalidades básicas o genéricas** de swaps de tipos de interés, los llamados:

- *Swaps fijo contra variable o "coupon swap"*, como sería el del ejemplo anterior, en el que se intercambia un flujo a tipo fijo a cambio de otro a tipo variable.
- *Swaps variable contra variable o "basis swaps"*, en el que se intercambian dos flujos de intereses calculados a tipo variable, como pudiera ser el EURIBOR 3 meses contra el EURIBOR 6 meses, EURIBOR 3 meses contra el LIBOR a 3 meses, etc.

Las modalidades no básicas se originan a partir de variaciones sobre las características de los swaps genéricos, entre los que cabe destacar los swaps con principal no constante, los swaps con comienzo diferido, swap con un tipo fijo que varía a lo largo de la operación, etc.

Las principales aplicaciones de estos instrumentos, al igual que cualquier otra operación derivada son la cobertura de riesgos, la especulación o el arbitraje.

5.4.4. LA COBERTURA DE RIESGOS CON SWAPS DE TIPOS DE INTERÉS.

La cobertura de riesgos consiste en tomar una posición de riesgo para compensar otra de igual cuantía, pero opuesta. Ya que el swap crea una exposición al riesgo de interés, también se puede usar para cubrir exposiciones producidas por otros instrumentos financieros. No hay que olvidar que la filosofía de la cobertura consiste en mantener posiciones opuestas de forma que las posibles pérdidas en una de ellas se compensen con las ganancias en la otra.

Si se considera el ejemplo de una entidad financiera que ha concedido un préstamo, por el que recibe intereses a tipo fijo, a partir del dinero obtenido a tipo variable en el mercado interbancario. La entidad estará expuesta al riesgo de que los tipos de interés suban, lo que incrementará el coste de su deuda, sin poder compensarla con los intereses fijos que recibe por el préstamo concedido. En este apartado se analizara la cobertura realizada mediante swaps de cupón (swap fijo contra variable) y de bases (swap variable contra variable), aplicable a casos como el citado.

1) Cobertura con swap de cupón o swap fijo contra variable.

En el ejemplo anterior el banco, para cubrirse, puede realizar un swap de cupón tomando un riesgo igual pero opuesto. El banco pagará por el swap intereses a tipo fijo y los recibirá a tipo variable, que utilizará para hacer frente a los intereses del depósito a tipo variable del mercado interbancario. Los intereses que paga a tipo fijo procederán del préstamo que ha concedido. Es decir, tanto los pagos como los cobros que realiza la entidad quedan compensados entre ellos, al igual que cualquier riesgo que ocurra, y además en este ejemplo obtendría un beneficio del 1%. Tal estructura queda representada en la figura 2.

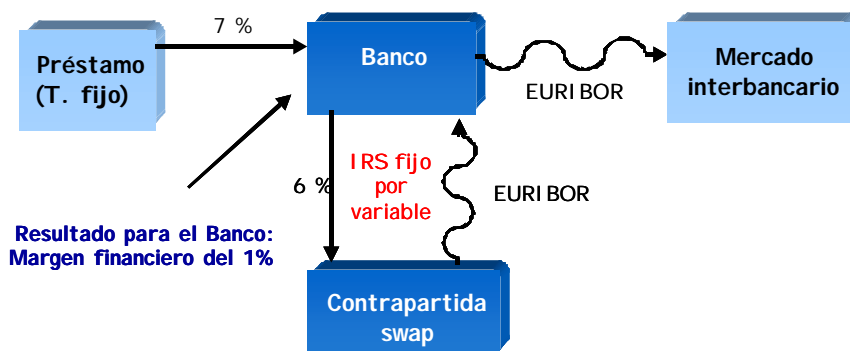


Figura 2: Swap fijo contra variable.

Dicha cobertura es típica de las sociedades inmobiliarias e hipotecarias que desean convertir la hipotecas que han concedido a tipo fijo en activos a tipo variable, con el objeto de asimilarlos a los pasivos, asumidos a tipo variable, de donde obtienen sus recursos, evitando de esta forma el riesgo por la subida de tipos.

Tal estructura se utilizaría en el caso contrario, si por ejemplo, el banco anterior hubiese emitido bonos a tipo fijo que posteriormente invirtió en FRN's. La entidad realizará un swap por el que pague intereses a tipo variable si lo que desea es cubrirse ante bajadas futuras en los tipos. Dicho tipo de cobertura es la que también realizan las sociedades inmobiliarias que han concedido hipotecas a tipo variable a partir de emisiones de bonos u otros activos a tipo fijo. Asimismo se emplea esta técnica para ofrecer un tipo fijo a ahorradores que han suscrito activos hipotecarios a tipo variable.

2) Cobertura con un swap de bases o swap variable contra variable.

Este tipo de swap se usa para la cobertura de diferencias entre distintos índices de tipos de interés, como puede ser entre el EURIBOR a 3 y a 6 meses, o entre uno de éstos y el preferencial, etc. Tales desajustes también se producen frecuentemente entre swaps de cupón y de bases por lo que también se pueden usar para eliminar dichos riesgos residuales.

Se tiene, como ejemplo, a un banco que realiza dos swaps de cupón opuestos con dos de sus clientes. El tipo fijo para ambos swaps es el mismo, concretamente la tasa para un vencimiento a cuatro años. Sin embargo, el tipo variable en uno está referenciado al EURIBOR a 3 meses, mientras en el otro lo está al EURIBOR a 6 meses. El banco, por lo

tanto, asume un riesgo de base entre el interés a tres meses que recibe por un swap y el que paga a seis meses. El banco puede cubrirse de este riesgo mediante un swap de bases, entre los dos índices anteriores, como el representado en la figura 3, de forma que compense los pagos e ingresos a que se verá sometido, eliminando la posición de riesgo asumida originalmente. Este tipo de operaciones la realizan los bancos que poseen una cartera de swaps de forma que eliminan riesgos, obteniendo como beneficio únicamente las comisiones cobradas a las partes con las que efectúa los swaps.

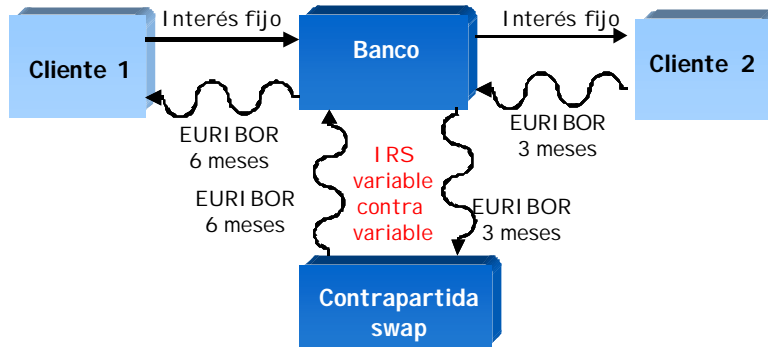


Figura 3: Swap variable contra variable.

5.4.5. NEGOCIACIÓN, VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Respecto a su negociación se puede comentar que su volumen no para de crecer, tanto a nivel mundial como en España, según se aprecia en la figura 4. En la actualidad el Valor Nocial de los contratos en vigor es superior a los 48.000 millones de \$, lo que refleja la importancia de este instrumento a nivel mundial. En España el valor notional de las operaciones supera los 400.000 millones de \$ USA.

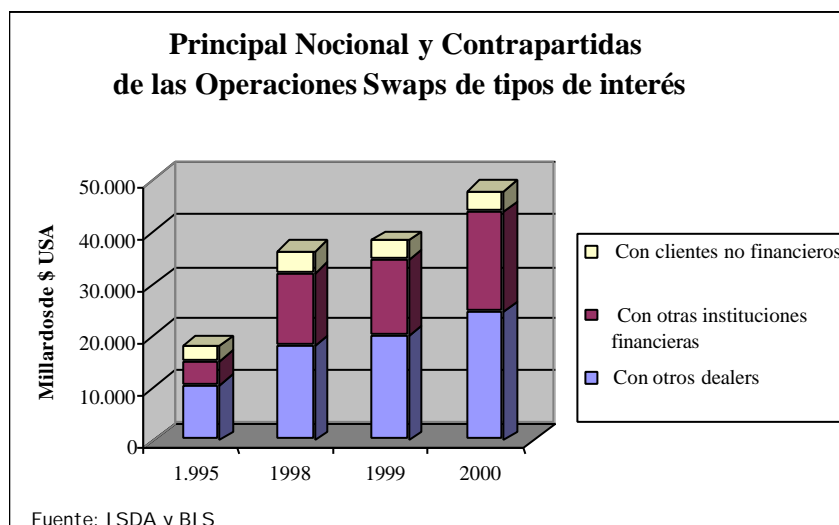


Figura 4: Volumen de las Operaciones de Swaps anuales.

Se puede hablar de dos grandes clases de **participantes en el mercado de swaps**: los usuarios finales y los intermediarios. Las razones que llevan a los usuarios finales a utilizar estas operaciones son las expuestas en los casos anteriores, la cobertura, especulación y el arbitraje.

Respecto a los intermediarios, que suelen participar en la mayoría de las operaciones, realizan las mismas con la finalidad última de la obtención de ingresos vía comisiones y diferenciales. Dado que el principal nocional de estas operaciones suele ser elevado, superior a los 100 millones de pesetas, normalmente sólo son grandes empresas, organismos públicos e instituciones financieras las que acuden a este mercado. En la figura anterior se puede apreciar como la en la mayoría de las operaciones que se realizan, quien actúa como contrapartida son bancos de negocios que actúan como “dealers”, con la finalidad última de la obtención de ingresos vía comisiones y diferenciales. Seguidamente son las instituciones financieras, entre las que se incluyen bancos, cajas de ahorro, fondos de inversión las que utilizan estas operaciones por alguna de las razones expuestas en los casos anteriores, la cobertura, especulación y el arbitraje.

La mayoría de estas operaciones se basan en un contrato marco estandarizado, lo que simplifica y abarata el proceso de negociación. Entre estos contratos marco se pueden destacar los contrato de la ISDA o el SWAPCEMM, en los que se definen los términos financieros del contrato, sus condiciones, la forma de realizar el cálculo de los flujos a tipo fijo y variable, así como las cantidades que hay que pagar en el caso de cancelar de forma anticipada la operación.

El riesgo de incumplimiento contractual queda limitado a la liquidación por el diferencial de intereses, ya que en ningún momento existe intercambio de principales. No obstante, las posibles pérdidas dependerán de la dirección seguida por los tipos de interés, que son los que determinarán el signo de la liquidación. Si los tipos de interés suben será el pagador a tipo fijo el perjudicado en caso de incumplimiento, mientras que si bajan el perjudicado será el pagador a variable.

Para cancelar este tipo de operaciones antes de su vencimiento se puede realizar un swap de signo contrario o bien la asignación del mismo a un tercero, para lo cual habrá que proceder previamente a su valoración.

Por último, como las **ventajas** de estas operaciones se puede destacar que:

- 1) Permiten cubrir posiciones que presentan riesgo de tipo de interés, de forma más económica y por un mayor plazo que otros contratos de cobertura (por ejemplo, los futuros).
- 2) Presentan una gran flexibilidad a la hora de determinar las condiciones del contrato, ya que son instrumentos a «medida».
- 3) Las partes actuantes pueden determinar el perfil de intereses que mejor se adapte a sus necesidades y características.

Respecto a los **inconvenientes** de estas operaciones se pueden destacar que:

- 1) Si no existe intermediario financiero, las partes han de asumir un riesgo de crédito.
- 2) Aunque es posible cancelar la operación, puede resultar caro en el caso de que cambien las condiciones de mercado.

5.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE RIESGOS FINANCIEROS.

Teniéndose en cuenta el escenario actual (y futuro) en el que se desarrolla la actividad financiera, tanto en al ámbito empresarial como en el de los mercados financieros, resulta imprescindible la identificación, medición y, por supuesto, la gestión de los riesgos financieros a los que se encuentra sujeta.

La gestión y análisis de riesgos financieros es una rama especializada de las finanzas empresariales , que se dedica al manejo y cobertura de los riesgos financieros. Por esta razón, un administrador de riesgos financieros se encarga del asesoramiento y manejo de la exposición al riesgo de corporaciones o empresas a través del uso de instrumentos financieros derivados, en la siguiente tabla se puede apreciar la diferencia entre los objetivos y funciones de la gestión de riesgos financieros.

OBJETIVOS	FUNCIONES
Identificar los diferentes tipos de riesgo que puedan afectar la operación y/o resultados esperados de la entidad o inversión.	Determinar el nivel de tolerancia o aversión al riesgo.
Medir y controlar el riesgo “no-sistemático” mediante la instrumentación de técnicas y herramientas, políticas e implementación de procesos.	Determinación del capital para cubrir el riesgo.
	Supervisión y control de riesgo.
	Garantizar rendimientos sobre capital a los accionistas.
	Identificar alternativas para reasignar el capital y mejorar rendimientos.

Una vez conocido los fundamentos de objetivos y funciones de la gestión de riesgos así como los diferentes tipos de riesgos financieros, vistos en 5.4, es importante conocer a su vez, el proceso para realizar su gestión de forma adecuada, proceso conocido como **análisis de riesgos**, que de manera muy general cuenta con las siguientes etapas:

- 1) **Identificación del Riesgo:** Determinar cuales son las exposiciones mas importantes al riesgo en la unidad de análisis. (Familia, empresa, entidad...). El conocimiento de los potenciales riesgos es una garantía para reducirlos.

2) **Evaluación y medida del Riesgo:** Es la cuantificación de los costes asociados a riesgos que ya han sido identificados. Existen distintas técnicas para medir el riesgo financiero entre las que se destacan:

- El Value at Risk (VAR) es una medida estadística del riesgo, ya que resume el riesgo de mercado de una cartera.

Se trata de un simple número que se calcula para determinar las pérdidas máximas que una empresa puede experimentar durante un periodo de tiempo dado, por ejemplo un día, mes o año. Con respecto a otras medidas de riesgo supone algunas ventajas:

- Globaliza todas las posiciones de activo/pasivo y divisa/interés.
- Tiene en cuenta correlaciones, no sólo entre los distintos puntos de la curva, sino entre distintos mercados.

Puede utilizarse para medir el riesgo de una cartera que no se dispone de datos históricos, también es utilizada masivamente por entidades que necesitan medir el riesgo de forma continua en carteras negociadas de forma activa.

El VAR, por tanto, permite medir el riesgo agregado de mercado, definiendo riesgo de mercado a la incertidumbre en los beneficios que provocan los cambios en las condiciones del mercado, es decir, cuanto podría perderse en el caso de que el mercado se moviera en contra de nuestros intereses.

Para una posición única o simple, la cuantificación del riesgo vendrá determinada por el tamaño de la posición y la volatilidad del precio.

$$\text{RIESGO} = \text{TAMAÑO POSICIÓN} \times \text{VOLATILIDAD} \times \text{PRECIO}$$

Ejemplo:

Sea un inversor basado en USD (dólares USA) con una posición en Euros de 150 millones. Si el tipo de cambio al contado es de 0.90 USD/EURO, y la volatilidad estimada es de 1.675% (es decir, se espera que descienda mas del 1.675%, un 95% del tiempo), el cálculo del riesgo es:

$$\text{Riesgo} = 150 \text{ mill. DEM} \times 0.90 \times 1.675 = 2.261.250 \text{ 000 Euros}$$

Métodos para calcular el VAR:

Método de Monte Carlo.
Método Histórico.
Método Delta – Gamma.

En todos los casos es necesario estimar la distribución de rentabilidad de una cartera en dos componentes:

1. Estimando la distribución de probabilidad conjunta para varios factores de riesgo que afectan a una cartera.

Estos factores pueden incluir varios tipos de interés, precio de las acciones o tipos de cambio, asumiendo que los factores de riesgo se distribuyen como una normal, con volatilidades y correlaciones basadas en el comportamiento reciente del mercado.

2. Determinando una distribución de probabilidad para rendimiento de la cartera basada en la distribución conjunta construida anteriormente y la sensibilidad de la cartera a cada factor de riesgo.

La sensibilidad dependerá de su composición actual, y de este modo, el VAR, estimado refleja la exposición actual de la cartera al riesgo.

El análisis del VAR se puede sistematizar, si bien es necesario disponer de una base de datos de volatilidades y correlaciones estimadas para todos los factores de riesgo que puedan afectar a la cartera.

Puntos Débiles de la metodología VAR:

Uno de los defectos de la metodología VAR es que sólo mide el riesgo futuro en un solo sentido de los dos siguientes:

- a. Como la distribución conjunta de los factores de riesgo esta basada en el comportamiento reciente en el mercado de dichos factores, el análisis no tendrá en cuenta comportamientos repentinos hasta que estos no han tenido lugar.
- b. Ya que el análisis está basado en la estructura actual de la cartera, mide el riesgo futuro de la cartera según dicha composición actual.

Por motivo del primer punto, el análisis VAR, se sustituye por otros métodos, como el llamado Stress Testing.

- Las Medidas de Sensibilidad cuantifican la exposición a un riesgo individual. Ejemplos de este tipo de medidas son los ratios delta, Gamma, Vega, etc. así como la duración y convexidad.

La duración:

Es la vida media ponderada de una operación considerando todos los flujos en valor presente, se trata de la sensibilidad del precio de un bono, préstamo, o inversión

respecto al tipo de interés, y por lo tanto es una aproximación de la sensibilidad del precio ante cambios en los tipos de interés.

La duración de una cartera es la media ponderada de sus componentes. Esto, unido a su fácil cálculo, hace que sea una medida útil del riesgo, sin embargo, ha de tenerse en cuenta que la aproximación que proporciona la duración solamente es válida para pequeños movimientos en los tipos de interés debido al efecto de la convexidad, y a desplazamientos paralelos en la curva de rentabilidad.

Otro método es la utilización de la teoría de carteras, cuyo fundamento se basa en el efecto de las correlaciones entre los distintos componentes que hacen que el riesgo de una cartera sea menor que el riesgo medio ponderado de los activos que la componen.

- Las Medidas de Escenario Único se basan en la simulación, utilizándose un único escenario. Con ellas se permite al usuario analizar diferentes escenarios del tipo "what if". Contienen algunas desventajas, como es la subjetividad, ya que depende la construcción de los escenarios de quien sea el usuario y de la interpretación de los resultados.
- La Volatilidad, es la medida básica del riesgo financiero y puede utilizarse para medir el riesgo de mercado, de un único instrumento, o de una cartera de valores. Mide la dispersión de la rentabilidad esperada para el mercado, y puede obtenerse una aproximación a través de varias medidas.

La utilización de una u otra dependerá de la compatibilidad con el modelo de valoración empleado, de la información de que se disponga, etc.

La medida más utilizada para medir la volatilidad de una variable aleatoria es la desviación típica. Se distinguen dos formas de estimar la volatilidad:

- La volatilidad histórica, que se estima a través de las fluctuaciones del valor de mercado observadas recientemente.
- La volatilidad implícita que se estima a través de las primas de una opción. Los modelos de valoración de opciones requieren una volatilidad estimada como dato, aunque también es posible el cálculo a través de dicho modelo de la volatilidad implícita para una prima dada de una opción.

Limitaciones de la Volatilidad:

- Si se ha obtenido con datos recientes puede no ser significativa, y si se obtiene con gran cantidad de datos puede estar desfasada.
- La volatilidad histórica puede proporcionar una medida "Falsa" del riesgo, ya que puede ocurrir que se trate de un mercado estrecho, y no exista liquidez del título.

- La volatilidad varía constantemente en el mercado, por lo que la volatilidad histórica puede no ser significativa.

Estos inconvenientes se pueden superar a través de otras medidas de riesgo, tales como los ratios de sensibilidad y el Value at Risk, ya comentados, que proporciona el riesgo de forma inmediata.

- 3) **Selección de Métodos de Administración del Riesgo:** Depende de la postura que se quiera tomar:
 - a) **Evitar el Riesgo:** Es no exponerse a un riesgo determinado, prevención y control de pérdidas, se trata de medidas tendentes a disminuir la probabilidad o gravedad de las posibles pérdidas.
 - b) **Retención del Riesgo:** Absorber el riesgo y cubrir las pérdidas con recursos propios.
 - c) **Transferencia del Riesgo:** Consiste en trasladar el riesgo a terceros, ya sea vendiendo el activo de riesgo o comprando pólizas de seguros.
- 4) **Implementación:** Poner en práctica la decisión tomada.
- 5) **Supervisión y Control:** Las decisiones se deben de evaluar y revisar periódicamente.

Se puede comprobar fácilmente que cualquier proceso de análisis de riesgos, ya sean financieros, políticos, económicos..., poseen en esencia las mismas etapas, y por lo tanto se realizan de la misma forma.

Es importante recalcar la importancia del método de transferencia del riesgo, ya que hoy en día es el más utilizado en la gestión de riesgos financieros, siendo el método que se recurre a través de instrumentos derivados, esta transferencia del riesgo tiene tres dimensiones:

- a) **Protección o Cobertura:** Cuando la acción tendente a reducir la exposición a una pérdida lo obliga también a renunciar a la posibilidad de una ganancia.
- b) **Aseguramiento:** Significa pagar una prima, el precio del seguro, para evitar pérdidas.
- c) **Diversificación:** Significa mantener cantidades similares de muchos activos de riesgo, en vez de concentrar toda la inversión en uno solo.

La aplicación de esta metodología dará como resultado un informe de riesgos financieros con la forma de corregirlos, reducirlos o eliminarlos además de una planificación financiera, supone una inversión en tiempo y recursos necesaria.

6. Aplicación de la Gestión de Riesgos al Diseño de un Almacén.

6.1. INTRODUCCIÓN.

Se va a hacer una aplicación del proceso expuesto en el capítulo 4, a modo de análisis preliminar, para conocer, medir y evaluar los riesgos asociados a los costes de un almacén de 8809 m². Las actividades del sector de la construcción, dada su naturaleza, están sujetas a numerosos riesgos, bien conocidos por otra parte debido a que muchos de ellos son comunes en todas ellas.

En la primera parte del capítulo se van a analizar mediante un proceso de gestión de riesgos cuáles son los riesgos operativos más importantes a tratar, identificándolos tras dicho proceso mediante un análisis de Pareto. Este análisis nos proporcionará el material de estudio para una aplicación más profunda, centrada en los riesgos de mayor impacto económico sobre la empresa.

Una vez construido y empezando a operar el almacén, se pretende analizar qué ocurre si se ha dimensionado mal el mismo, si se ha sobredimensionado que impacto tiene el encontrar maquinaria y personal ocioso, cómo solucionarlo, si se ha infradimensionado, cómo arreglarlo..., que ocurriría si cambian las demandas de los productos y resulta que no se puede reaccionar a tiempo para compensar esos cambios, resultando que el almacén sea demasiado pequeño, o demasiado grande para las necesidades del mercado, el impacto económico resultante y los efectos financieros asociados.

En el capítulo 3 se mostró el modelo de costes que se va a utilizar en nuestro almacén, se presentó en forma de un modelo de costes de gestión del almacén, siendo para ello necesario una vida pasada del almacén, un histórico, sin embargo ese modelo se puede utilizar también para planificar el presupuesto y los costes futuros de la gestión de un almacén, es decir, se puede utilizar en la fase de planificación del proyecto para hacer previsiones de lo que va a costar construir y operar con el almacén.

La aplicación de la gestión de riesgos se va a centrar en la parte de gestión y operación del almacén, nombrándose de pasada los aspectos más importantes de los riesgos asociados a la

construcción del edificio. Los riesgos de la inversión propuesta así como su financiación se estudiarán en la parte final de este capítulo.

6.2. PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS.

La aplicación del modelo de costes dio como resultado un presupuesto “esperado” anual de alrededor de $\frac{3}{4}$ de millón de euros incluyendo la financiación de los gastos de construcción, equipos e instalaciones, así como los salarios de los futuros trabajadores, sin embargo se analizó que el coste de la inversión inicial ascendía a 2.97 millones de euros, en este capítulo se va a aplicar la gestión de riesgos de los costes de un proyecto a ese presupuesto anual esperado, para lo cual se propone seguir el siguiente diagrama de flujo.

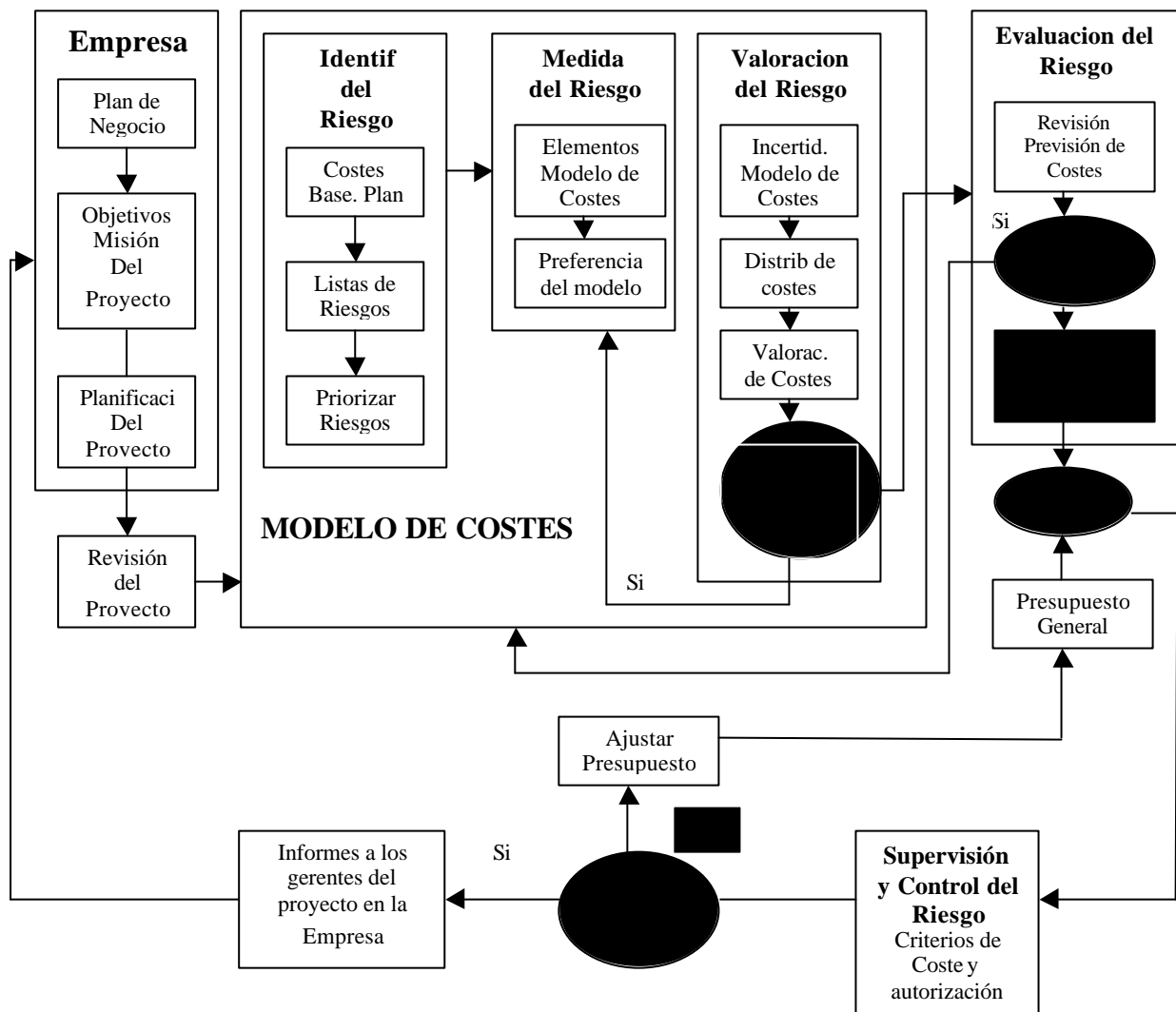


Figura 4.4. Modelo de Gestión de Riesgos para el presupuesto general de un proyecto.

En la fase de planificación de un proyecto, se puede y se debe realizar una planificación de los costes del mismo, de los costes de construcción y futura operación del proyecto, de forma que se obtenga un presupuesto del mismo y que mediante un proceso de gestión de riesgos aplicado a ese presupuesto se puedan controlar los costes de realización del mismo dentro de unos niveles aceptables para la empresa, ayudando este proceso además a la creación de un plan de financiación, mejorando con ello la gestión de los riesgos financieros del proyecto dado que mediante una correcta identificación y evaluación de los costes del mismo, la empresa puede realizar una planificación financiera fiable, es decir, si se sabe a priori cuándo se van a tener que hacer frente a los pagos, y la cantidad aproximada de dinero a desembolsar, se puede coordinar la entrada de dinero de los créditos con los pagos a realizar en las distintas tareas del proyecto.

a) Identificación del Riesgo. En la fase de identificación del riesgo, se comienza con una planificación básica de los costes, en nuestro caso será el presupuesto anual de costes esperados obtenido en el capítulo 3, en el se realizaron muchas suposiciones que están sujetas a incertidumbre y que se tendrán que analizar, para más tarde priorizar los riesgos más importantes mediante el chequeo de listas para focalizar los esfuerzos de gestión y los recursos de la empresa en ellos.

Se van a dividir los riesgos operacionales en seis categorías como se vio en 4.2.2.1, y más tarde se colocarán en los elementos de costes del modelo presentado, según dónde impacten esos riesgos, considerándose con esta segunda clasificación, cada elemento de coste del modelo como una fuente de riesgos independiente, conociéndose así si dichos elementos son una fuente importante de riesgos o no, se identifican:

- **Económicos y Financieros:** Cambios en los tipos de interés, cambios en los precios de los proveedores de materiales de construcción y de mercancías así como de todos los equipos e instalaciones del almacén, dificultades de liquidez para hacer frente a los pagos al personal, impuestos, retenciones y la financiación de los equipos e instalaciones, rotura de stock, aumentos/descensos de la demanda, cambios en los lotes de productos..., conseguir las fuentes de financiación adecuadas y a tiempo, bancarrota, falta de personal, productividad del personal.
- **Políticos y Medioambientales.** Cambios en las leyes y regulaciones, cambios en los impuestos y Hacienda, cambios en los requerimientos para permisos y licencias, cambios de gobiernos nacionales, autonómicos o locales.
- **Diseño.** Estos riesgos se dan en la fase de planificación, pero tienen un impacto directo en la fase de construcción si no se detectan y corrigen a tiempo, pudiendo ser causa de grandes aumentos de costos e incluso la paralización de la obra en curso, se pueden distinguir: Alcance del diseño incompleto, cambios en el diseño de última hora, errores y omisiones, diseño defectuoso, especificaciones inadecuadas..., esto puede traer como consecuencia pérdidas de espacio innecesarias, incomodidades a la hora de operar con el almacén, en las oficinas, servicios...

- En el lugar de la Obra. Este es tradicionalmente el área de riesgos más importante en un proyecto de construcción, la reglamentación sobre seguridad laboral comienza a ser estricta pero aún queda mucho por hacer para que su aplicación sea generalizada entre las constructoras y los operarios, los riesgos más importantes a hacer frente aquí tienen su principal impacto en el tiempo de ejecución de la obra y el coste de construcción, son: Huelgas de los trabajadores, accidentes laborales, productividad de los trabajadores, trabajo deficiente, condiciones del lugar de trabajo inadecuadas o diferentes a lo esperado, accesos a la obra cortados por ciudadanos, retrasos en la llegada del material..., al centrar el estudio en la gestión del almacén, estos riesgos ya han sido superados.
- Físicos. Son riesgos comunes a su vez en las proyectos de construcción, se trata de analizar y mitigar los costos relacionados con pérdidas de materiales, robos de equipos, equipamiento dañados en los transportes y en su utilización, daños por fuegos, sistemas obsoletos...
- Actos de Dios. Aquí se incluyen todos los riesgos derivados de la naturaleza, son: Lluvias torrenciales, vientos, terremotos, inundaciones, volcanes, tornados...

Una vez dividido los riesgos por categorías, se puede realizar una priorización de los mismos, en este caso los riesgos que tienen una mayor probabilidad de ocurrencia a priori, y un previsible mayor impacto en la buena marcha del proyecto son los económicos y financieros.

b) Medida del Riesgo. En esta fase se va a ver el impacto de los riesgos priorizados de la etapa anterior en los distintos elementos de costes a los que afectarían, intentándose crear para cada riesgo una estimación del rango de costes, con lo que se puede observar la magnitud del impacto, los riesgos financieros se tratarán aparte al final del capítulo, así:

- Pérdidas de personal. Este riesgo es muy común en las empresas, se trata de salidas de personal por cambios de empresa, o por cualquier otra razón, como bajas por enfermedades, huelgas..., los almacenes tradicionalmente tienen una alta rotación del personal, el hecho es que estas salidas repercuten negativamente en las empresas debido a que aunque supone a corto plazo un ahorro en los costes de personal por salarios, también tiene su impacto en la productividad de la empresa, puede verse perjudicado el rendimiento diario del flujo de pallets, con retrasos en las entradas/salidas, y la consecuente pérdida de dinero por no poder hacer frente a los compromisos adquiridos con los clientes por esos retrasos, por otro lado, el trabajo de ese operario debe hacerlo otro, que por lo general estará ocupado con el suyo propio, deben asumirse además de los diferenciales salariales. Los conceptos de coste del modelo afectados por este riesgo son:
 - Costes de Personal.
 - Costes de Trabajos Temporales, en su caso.
 - Costes de Servicios Legales y Profesionales.

Se puede estimar el rango de variación del coste esperado anual entre 3000-7000 Euros/año, sin contar los salarios pues eso ya está contemplado en el presupuesto anual,

este dato es sólo el incremento previsto sobre el presupuesto fijado que incluyen los gastos de contratación de un nuevo operario como pueden ser el contratar a una consultora de empleo o trabajadores de una empresa de trabajo temporal, los gastos de formación..., como ejemplo, la empresa ADEISA E.T.T. S.A. situada en la calle Asunción, 44 cobra a las empresas por gestión de sus servicios una media de 200 Euros por contrato, dependiendo del tipo de contrato ofrecido y además los trabajadores reciben el salario de la empresa que los contrata, pagando a la E.T.T. un plus de 1 euro por hora trabajada, que al año suponen unos 2000 Euros por trabajador, a pagar por la empresa que recibe los servicios. Por otro lado, se podrían contar los gastos de formación de los nuevos trabajadores, cursillos normalmente impartidos por empresas especializadas. La cuantía de los cursillos depende del tiempo empleado, el número de personal al que va dirigido y la materia a impartir. Van desde los 3000 hasta 15000 Euros o más.

- Accidentes Laborales. Este riesgo esta presente en cualquier actividad profesional si bien su probabilidad de ocurrencia es variable según la actividad comercial desarrollada por cada empresa, las consecuencias de este riesgo para la empresa dependerá de los seguros contratados y además se hacen notar en la posibilidad de pérdidas temporales o permanentes de empleados cualificados, visto en el apartado anterior. Los conceptos de coste que se pueden ver afectados son:

- Costes de Personal.
- Costes de Licencias.
- Costes de Seguros.
- Costes de Trabajos Temporales.

El rango de variación del impacto de este riesgo se puede estimar entre 2000-5000 Euros/año. Esta estimación incluye los diferenciales de los seguros al producirse un accidente, y los gastos vistos anteriormente en materia de trabajadores temporales que cubran las bajas y costes de gestión.

- Productividad del personal. Este riesgo esta presente siempre que se contrata a una persona para un trabajo, realmente no se sabe a priori si su rendimiento será el esperado y es tarea de los expertos en recursos humanos minimizar este riesgo potencial.

En el caso de bajo rendimiento, afecta claramente al flujo de mercancías en el almacén, y el rendimiento diario de este, pudiéndose encontrar acumulaciones innecesarias de materiales en la zona de recepción/salida, provocando los retrasos en las entradas y entregas, con consecuencias sobre los clientes y proveedores.

Los conceptos de coste que se pueden ver afectados por este riesgo son:

- Costes de Personal, por los bonus e incentivos a la productividad.
- Perdidas por daños, errores.
- Costes por Trabajos Temporales.

El rango de variación del impacto de este riesgo se puede estimar entre 3000-6000 Euros/año. Se hace muy difícil medir el impacto de este riesgo pues cómo cuantificar el daño a la imagen de la empresa en los clientes y proveedores por los retrasos provocados, por otro lado la baja productividad del personal provoca despidos y pérdidas de personal hasta encontrar a las adecuadas en cada puesto de trabajo, esto suponen gastos de contratación extras y trabajos temporales como se ha expresado en los dos riesgos anteriormente estudiados.

- Rotura de Equipos. Se trata de la pérdida de equipos por un mal uso, mal mantenimiento o por obsoletos, esto repercute directamente en la productividad y rendimiento del almacén, supone operarios ociosos al no poder trabajar con los equipos adecuados así como pérdida temporal de posiciones de almacén si se rompen los racks, también se pueden provocar accidentes como consecuencia de este riesgo, se para parte de la actividad hasta que el mantenimiento o la compra de nuevos equipos solucionan el problema. Los conceptos de coste que se pueden ver afectados por este riesgo son:
 - Seguros.
 - Costes de Personal.
 - Costes de Mantenimiento.
 - Costes de Trabajos Temporales.
 - Costes de Equipos de Almacenamiento.
 - Costes de Equipos de Manipulación.

Una estimación del alcance de este riesgo puede ser entre 15000-30000 Euros/año. En esta estimación se tiene en cuenta los costes de las garantías de los equipos, reparaciones por parte de empresas subcontratadas de mantenimiento de equipos y pos supuesto el coste de comprar nuevos equipos para sustituir al mismo dañado, sólo una carretilla contrapesada puede costar 20000 Euros.

- Robos de Equipos y Material. Tiene las mismas consideraciones que la pérdida de equipos, pero en este caso por robo, ya sea por parte del personal laboral, o por terceros, supone pérdida de activos, de rendimiento y productividad, traduciéndose en menores ganancias, pudiendo poner en peligro la actividad empresarial y teniendo un impacto claro en los gastos anuales en los siguientes conceptos de coste:
 - Seguros.
 - Costes de Personal.
 - Costes de Trabajos Temporales.
 - Costes de Equipos de Almacenamiento.
 - Costes de Equipos de Manipulación.
 - Seguridad.

La estimación del rango de variación del impacto de este riesgo esta entre 10000-20000 Euros/año. Los pequeños robos por parte del personal son relativamente frecuentes en almacenes de distribución de productos alimenticios, tornándose menos frecuentes en materiales no consumibles, aun así existe la probabilidad de robos de equipos móviles

como carretillas estrechas que los seguros pueden cubrir en parte, en esa estimación se incluyen los gastos de los seguros y la parte de la compra de material nuevo de reposición que no cubra las indemnizaciones de los seguros.

- Retrasos en la entrega de los equipos. Este riesgo en común en las actividades comerciales de compra/venta, si se espera un equipo específico para una determinada fecha para seguir con la actividad normal, ya sea por robo, mantenimiento u otro concepto, y el proveedor no cumple su fecha de compromiso, se produce un impacto en el rendimiento del almacén al no ser posible reanudar la actividad laboral, reduciéndose las ganancias del ejercicio.

Los conceptos de coste del modelo que pudieran verse afectados por este riesgo son:

- Costes de Personal.
- Costes de Mantenimiento.
- Costes de Trabajos Temporales.
- Costes de Equipos de Almacenamiento.
- Costes de Equipos de Manipulación.

El rango del impacto de este riesgo en el presupuesto anual se puede estimar entre 3000-5000 Euros/año. Este es el coste estimado de lo que puede dejarse de ganar debido a esos retrasos.

- Material defectuoso o dañado. Ya sea mercancía comprada o equipos de manipulación y almacenamiento, esto repercute económicamente en los resultados de nuestra empresa al tener que devolver a los proveedores esos materiales defectuosos, y esperar los buenos, o bien aumentar los costes de mantenimiento en los dañados, piezas de repuesto, mano de obra..., produciéndose pérdidas de espacio de almacenamiento, retrasos en las entregas de material...

Los conceptos de coste del modelo que pudieran verse afectados por este riesgo son:

- Costes de Personal.
- Costes de Mantenimiento interior.
- Costes de Trabajos Temporales.
- Costes de Equipos de Almacenamiento.
- Costes de Equipos de Manipulación.

EL rango del impacto de este riesgo en el presupuesto anual se puede estimar entre 2000-4000 Euros/año, incluyéndose gastos de embalaje, transporte, servicios de los operarios en tareas no planificadas, costes de mantenimiento extras...

- Riesgo de Fuego. Este riesgo está presente en cualquier lugar donde se realiza una actividad, ya sea comercial o no, es un riesgo importante que puede resultar catastrófico para una empresa de darse en gran magnitud, es por ello que la reglamentación es estricta

a este respecto y todas las naves industriales deben estar dotadas de sistemas contra-incendios y de prevención. Los conceptos de coste afectados por este riesgo son:

- Costes de Seguros.
- Costes de Licencias.

El rango del impacto de este riesgo en el presupuesto anual va a depender en gran medida de los seguros contratados, su revisión anual, y la ocurrencia o no del riesgo y su importancia, se puede estimar entre 12000-30000 Euros/año dependiendo del tamaño del almacén, sistemas contra-incendios y sistemas de extracción de humos, detección de calor y gases...

- Fluctuaciones de la Demanda. Este es un riesgo económico del mercado, es muy importante de analizar y prevenir pues de él depende en gran medida la buena marcha del negocio, afecta de manera importante a las ganancias y la organización del almacén, así:

Si la demanda sube, el departamento de compras reaccionará comprando más producto, aumentando la rotación del mismo, así se irá llenando de mercancías, siendo necesaria más superficie de almacenamiento, operarios sobreutilizados, máquinas insuficientes..., y eso son ineficiencias hasta que se invierta en nuevo espacio, máquinas y operarios, o incluso aumentando el número de muelles de entrada/salida para aumentar el rendimiento y ser capaces de cubrir la demanda en el tiempo adecuado.

Por el contrario si la demanda baja, el almacén se irá vaciando al alargarse la rotación del inventario, se producirá exceso de espacio, personal ocioso, máquinas sin utilizar..., supone un coste financiero ya asumido que no tendría por qué haberse producido, ahora para recuperar parte de ese coste se podría alquilar a otra empresa del sector la capacidad sobrante, o bien, vender los activos en exceso, incluyendo los despidos de los operarios.

Los conceptos de coste afectados por este riesgo pueden ser:

- Costes de Trabajos Temporales.
- Costes de Modificación del Edificio.

El rango de variación del impacto de este riesgo va a depender de la decisión de la dirección de la empresa en cuanto a la actuación para hacer frente al riesgo, se puede estimar en 20000-40000 Euros/año. En esta estimación se incluyen los costes de modificaciones de los racks, ampliaciones del almacén para adecuarlo a la demanda y cualquier cambio en la distribución de tareas y recursos...

- Errores en los Pedidos. Estos riesgos son relativamente frecuentes en proveedores y empresas de ventas al por mayor, los errores en los pedidos pueden ser desde cambios en las cantidades solicitadas, hasta envío de materiales no pedidos por confusión, este riesgo repercute en los costes pues además de emplear recursos en reenviar el material confundido, supone un tiempo de espera de ese material por parte del cliente no previsto,

afectando también a la productividad de la empresa. Los costes del modelo que puedan estar más afectados por este concepto son:

- Costes de Pérdidas por errores.

El rango del impacto se estima en 2000-4000 Euros/año.

- Rotura de Stock. Este riesgo es muy temido por las empresas de venta al por mayor, se da cuando tienes una demanda y no hay suficientes existencias en almacén para cubrirla, puede deberse a un aumento repentino de la demanda puntual de un producto determinado, por una mala previsión de compras, o por retrasos en la entrega de los pedidos por parte de los proveedores, sus consecuencias son impredecibles, según la fidelización de los clientes, puede haber pérdida de clientes, pero lo que si es seguro es que la imagen de la empresa queda muy dañada, y eso no se puede cuantificar en dinero. El impacto monetario es sobre los beneficios de la empresa, y por tanto afecta a toda la organización, ya no es los posibles clientes que se puedan perder sino lo que se deja de vender, y pasa a la competencia. Los conceptos de coste del modelo que pueden verse afectados por este riesgo son los derivados de la gestión de la crisis, sobre todo el tráfico de información con clientes y proveedores, así:

- Costes de Comunicaciones.
- Costes de Tratamiento de la información.
- Costes por servicios de mensajería y postales.

La estimación del rango de impacto de este riesgo es una tarea prácticamente imposible, pues depende de que producto se quede al descubierto, el mercado que queda afectado y las empresas clientes perjudicadas..., dando una cifra se podría considerar entre 10000-20000 Euros/año.

- Cambios en los Tamaños de Lotes de Productos. Este riesgo trata de ver el impacto sobre la organización del almacén de los posibles cambios por parte de los proveedores y los clientes en los tamaños de lotes de mercancías compradas/vendidas, esto afecta sobre todo a la organización de la política de almacenamiento, asignación de localizaciones vacías y posibles cambios en los racks y configuraciones de almacenamiento, que harían más dinámico y flexible el almacén. Los conceptos de costes que se pueden ver afectados por este riesgo son:

- Costes de Modificaciones del edificio.
- Costes de Trabajos Temporales.
- Costes de Equipos de Almacenamiento.
- Costes de Equipos de Manipulación.

El rango del impacto de este riesgo se estima en 1000-2000 Euros/año. Se incluyen en esta estimación las modificaciones en los racks del almacén, nuevos racks y la nueva distribución en planta fruto de la política de localizaciones del almacén.

- Fallos en las instalaciones de agua, luz, teléfono, contra incendios, aire acondicionado, calefacción... Este riesgo se da cuando aparecen defectos en las instalaciones, cortes de agua, teléfono y luz por reparaciones y mantenimiento por parte de la compañía suministradora..., se traduce en incomodidad en el trabajo, retrasos y a veces paralización temporal de la actividad laboral por seguridad, puede afectar al rendimiento diario del almacén al dificultar las operaciones por lo que su impacto sobre los beneficios esperados es claro, sin embargo su impacto sobre los conceptos de costes expuestos en el modelo no es tan claro, los posibles afectados podrían ser:
- Costes de las comunicaciones.
 - Costes de los servicios públicos.

El rango estimado de impacto de estos riesgos se sitúa entre 1000-2000 Euros/año.

Se ha relacionado aquí un conjunto de riesgos en la gestión diaria del almacén con los costes inicialmente presupuestados, la estimación del rango de impacto de cada coste es puramente subjetiva, pues depende de muchos factores, y en especial de que ocurra el citado riesgo, es por ello que ésta estimación del impacto, a su vez esta sujeta a cambios con el tiempo, con la información histórica a lo largo del funcionamiento de la empresa y la comparación con otras empresas del sector.

Según se ha expresado en los riesgos, la estimación del riesgo de operar con el almacén varía entre **82000-175000 Euros/año**, lo que sobre un presupuesto de **547790.25 Euros/año** supone entre un 15% y un 31.5% de posible variación, bastante alta.

- c) **Valoración del Riesgo.** Ahora se analizan las distintas probabilidades de ocurrencia de los distintos riesgos analizados, con ellos se pretende averiguar si el proyecto que se pretende desarrollar es de alto riesgo o no, es decir, si la probabilidad de que un riesgo ocurra es alta y ese riesgo tiene un gran impacto en el presupuesto del almacén, es posible que los inversores decidan no seguir adelante con el mismo, o buscar otras alternativas.

Si datos históricos y objetivos están disponibles, se puede determinar la más objetiva y apropiada función de distribución de probabilidad utilizando un sistema de software adecuado, en caso contrario, si se usa la experiencia del equipo de trabajo del proyecto, se generaran funciones de distribución de probabilidades subjetivas, en cualquier caso, ya sean objetivas o subjetivas, se determinará la probabilidad de ocurrencia de la estimación de costes asociada a cada factor de riesgo identificado.

El problema que se presenta aquí, es la subjetividad intrínseca a la asignación de probabilidades a riesgos por parte del equipo de trabajo, de forma más rigurosa se podría aplicar el análisis de Monte Carlo para obtener las distribuciones de probabilidad, sin embargo al tratarse de un almacén de nueva construcción, no se dispone de datos históricos, por lo que la asignación inicial de probabilidades estará llena de incertidumbre, que se podrá gestionar mejor a medida que el almacén vaya operando en el tiempo.

El modelo de costes presentado en el capítulo anterior está también sujeto a incertidumbre y subjetividad, presente siempre que se pretende estimar el futuro, especialmente cuando se trata de un presupuesto, la distribución de los costes y su valoración, este modelo de gestión de riesgos puede ayudar a reducir esa incertidumbre, depurando los conceptos de costes más relevantes e influyentes en el presupuesto de gestión del almacén, modificando otros conceptos e incluso añadiendo algunos que no se tenían en cuenta al principio.

Para nuestro caso, no se van a calcular las curvas de distribuciones de probabilidad, se asignará una probabilidad media anual de ocurrencia a cada riesgo en función del sentido común y la experiencia, se pueden ver en el siguiente cuadro:

Riesgo Identificado	Prob de Ocurrencia	Prob relativa
Pérdidas de personal	40%	17.54%
Accidentes Laborales	5%	2.17%
Productividad del personal	30%	13.10%
Rotura de Equipos	15%	6.70%
Robos de Equipos y Material	6%	2.63%
Retrasos en la entrega de los equipos	30%	13.15%
Material defectuoso o dañado	15%	6.70%
Riesgo de Fuego	2%	0.87%
Fluctuaciones de la Demanda	20%	8.77%
Errores en los Pedidos	35%	15.25%
Rotura de Stock	10%	4.38%
Cambios en los Tamaños de Lotes de Productos	10%	4.38%
Fallos en las instalaciones de agua, luz, teléfono...	10%	4.38%

- d) **Evaluación del Riesgo.** Se trata aquí de analizar toda la información presentada anteriormente y decidir las líneas de actuación sobre los riesgos, que se revisaran periódicamente en la fase de supervisión y control, por otro lado una vez analizada la información, se podría actuar también sobre el modelo de costes para mejorarlo.

Con las probabilidades expuestas, se hace notar que los riesgos más frecuentes son los definidos por el personal, su productividad y sus errores, sin embargo su impacto no es muy alto según se ha estimado, por otro lado, los mayores impactos se dan en riesgos de baja probabilidad, como robos, roturas, fuegos..., haciendo buena la aplicación en materia de calidad de la ley de Pareto que dice “el 80% de las causas sólo provocan el 20% de los problemas”, que traducido a este caso se podría decir que el 80% de los riesgos sólo causan el 20% de las pérdidas.

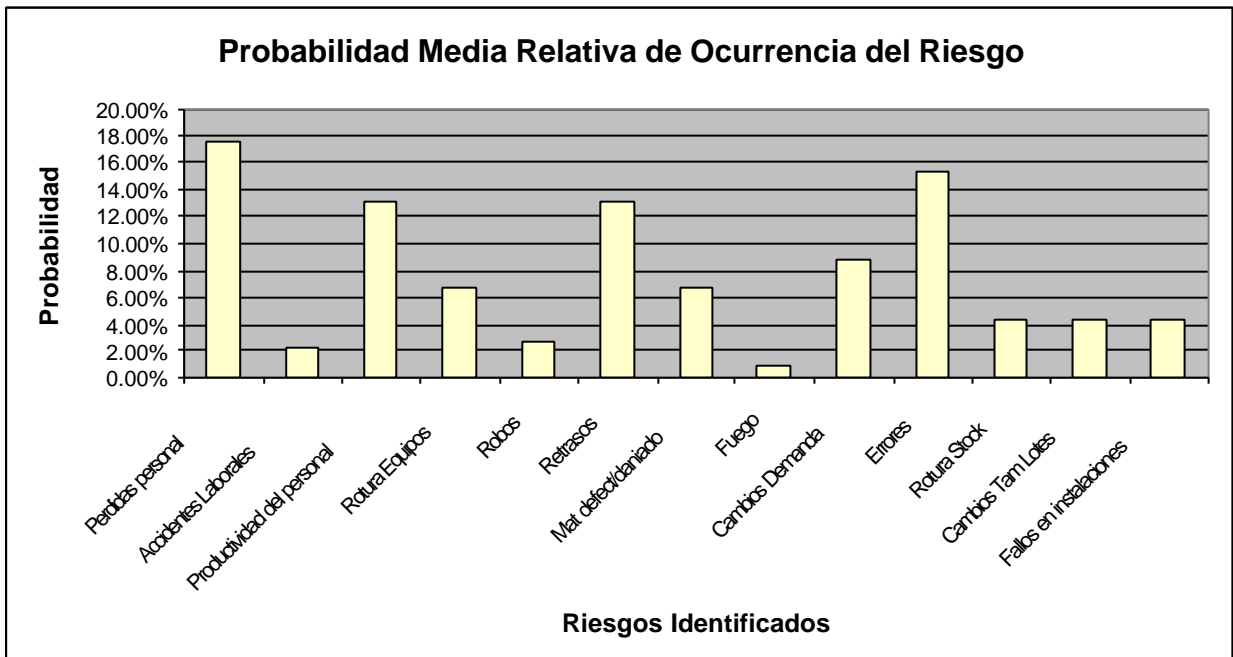
Por esto se debería aplicar aquí un análisis de Pareto, es una técnica que separa los factores denominados “pocos o minorías vitales” de los “muchos triviales”. Entre las llamadas “**minorías vitales**” son identificadas:

- La minoría de clientes que representen la mayoría de las ventas.

- La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio o de los costos de reelaboración.
- La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de la clientela.
- La minoría de vendedores que esta vinculada a la mayoría de partes rechazadas.
- La minoría de problemas causantes del grueso del retraso de un proceso.
- La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas.
- La minoría de elementos que representan al grueso del costo de un inventarios.

Para efectivizar el análisis de Pareto se utiliza la llamada **Gráfica de Pareto**, es un elemento de análisis utilizado para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de los triviales, de manera que un equipo sepa donde dirigir sus esfuerzos para mejorar.

Representando gráficamente estos datos se tiene:



Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños.

Se utiliza al identificar un producto o servicio en el proceso de análisis para mejorar la calidad, cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.

También sirve para analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej: por producto, por segmentos, del mercado, área geográfica, etc.), para buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones, evaluar los resultados de los cambios

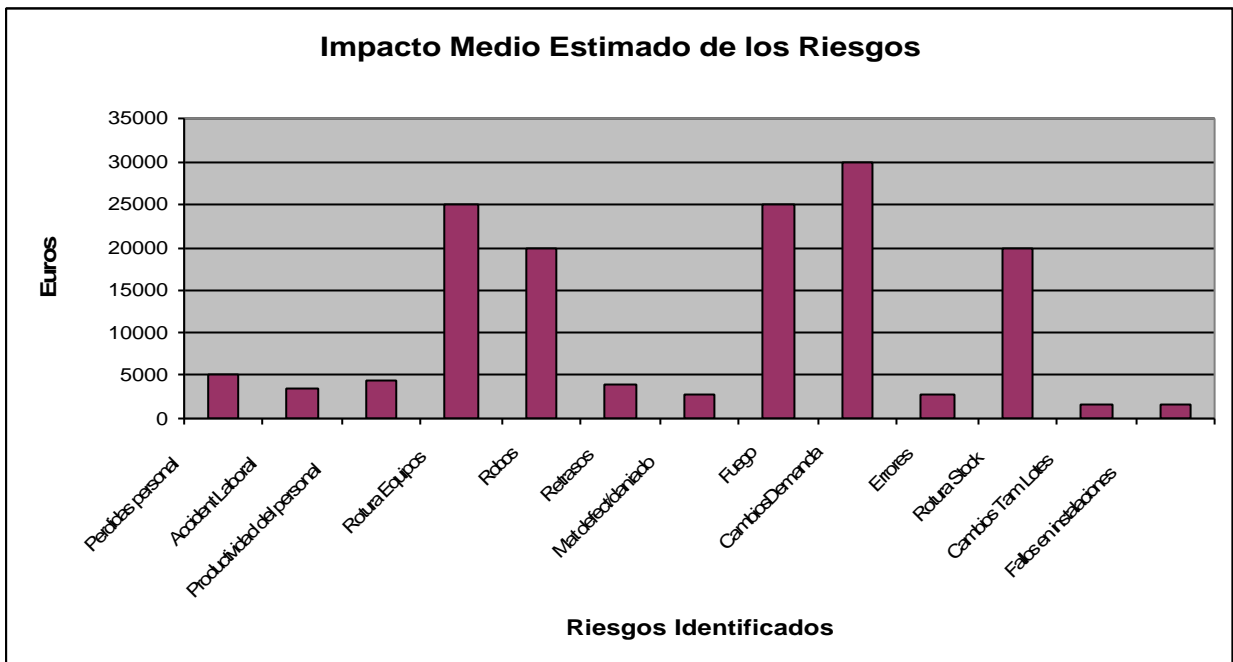
efectuados a un proceso (antes y después), cuando los datos puedan clasificarse en categorías y cuando el rango de cada categoría es importante.

Esto hace ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son responsables por la mayor parte el impacto negativo sobre la calidad y los costes.

Una aplicación a nuestro caso sería:

Tipo de Riesgo	Alcance medio del Impacto (Euros/año)	Probabilidad Relativa
Pérdidas de personal	5000	17.54%
Accidentes Laborales	3500	2.17%
Productividad del personal	4500	13.10%
Rotura de Equipos	25000	6.70%
Robos de Equipos y Material	20000	2.63%
Retrasos en la entrega de los equipos	4000	13.15%
Material defectuoso o dañado	3000	6.70%
Riesgo de Fuego	25000	0.87%
Fluctuaciones de la Demanda	30000	8.77%
Errores en los Pedidos	3000	15.25%
Rotura de Stock	20000	4.38%
Cambios en los Tamaños de Lotes de Productos	1500	4.38%
Fallos en las instalaciones de agua, luz, teléfono...	1500	4.38%

Se puede ahora representar los datos en un histograma como el siguiente:



Comparando las dos gráficas anteriores se ve claramente que los riesgos con mayor impacto en el presupuesto no son los que tienen una mayor probabilidad de ocurrencia.

- e) **Supervisión y Control del Riesgo.** En este apartado se realiza un seguimiento de los distintos riesgos gestionados a lo largo del tiempo para controlar su evolución, realizando informes periódicos sobre la misma de forma que los distintos agentes implicados en el proyecto conozcan los efectos de realizar un proceso de gestión de riesgos adecuado.

A lo largo del proceso, los riesgos son identificados y guardados en formato electrónico o papel para su análisis y gestión, se facilita así el seguimiento temporal de los mismos, así como las consecuencias de las acciones de gestión. Se compara la situación actual con la esperada en la planificación y se toman las medidas oportunas para corregir las desviaciones, esta etapa tiene su principal aplicación en la fase de implementación del proyecto.

- f) **Conclusiones.** A la luz de los resultados obtenidos del análisis de riesgos y del análisis de Pareto se abren aquí dos posibles líneas de actuación:

1. Centrarse en reducir los riesgos de mayor impacto monetario.
2. Centrarse en reducir los riesgos más probables.

Evidentemente la mayoría de las empresas prefieren actuar sobre los riesgos que más puedan afectar a su cuenta de resultados, en este caso serían:

- Rotura de Equipos.
- Robos de Materiales y Equipos.
- Riesgos de Fuego.
- Cambios en la demanda.

- Rotura de Stock.

Las posibles líneas de actuación para cada riesgo pueden ser:

- Para la rotura de equipos, es posible mejorar el mantenimiento de los mismos con políticas de mantenimiento preventivo, así como mejorar el uso de los equipos con programas de formación de los empleados.
- Para el robo de materiales, lo único que se puede hacer es invertir en seguridad, y seguros.
- En el caso del fuego, las reglamentaciones sobre ese tema comienzan a ser muy estrictas, por lo que cumpliéndolas eficazmente se puede minimizar las consecuencias de este riesgo, contando además con los equipos de extinción adecuados, formación de los empleados en tareas de extinción y uso adecuado de los medios puestos a su disposición, seguros...
- Para los cambios en la demanda, lo único que se puede hacer es ser flexibles y dinámicos para actuar frente a ellos de la forma más adecuada y rápida posible, minimizando las consecuencias sobre nuestro almacén, esto se logra partiendo de un buen diseño del almacén y unas buenas previsiones de negocio y compras.
- En cuanto a la rotura de stocks, mediante una correcta planificación y seguimiento estadístico de los mercados, se podría minimizar este riesgo, es algo a lo que se tienen que enfrentar todas las empresas manufactureras y de distribución, existen multitud de técnicas para evitar esto.

Se hace notar que en el modelo de costes presentado en el capítulo 3, sería necesario modificarlo para incluir una partida presupuestaria destinada exclusivamente a la gestión de los posibles riesgos a hacer frente a lo largo del ejercicio económico anual, o bien, un subapartado de riesgos en cada elemento de coste del modelo, esta modificación se podría ver reforzada con el tiempo de operación de la empresa.

Esto es un proceso de gestión de riesgos operativos preliminar, en él se han identificado los riesgos de mayor impacto en nuestro presupuesto en base a las hipótesis de trabajo realizadas y las estimaciones hechas, de este proceso se desprende que el riesgo de mayor impacto es el de variaciones en la demanda de los productos, dicho riesgo se puede considerar común a todas las actividades comerciales imaginables pero sus consecuencias son vitales a la hora de mantener nuestra empresa en una situación financiera saludable, y de su buena interpretación, conocimiento, gestión y reacción dependerán en gran medida los resultados económicos anuales de nuestra empresa.

En el siguiente apartado se estudia este riesgo en profundidad, analizando las consecuencias adversas de sufrirlo y cómo minimizar esas consecuencias.

6.3. ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES EN LA DEMANDA.

En este apartado se van a focalizar los esfuerzos en estudiar el efecto sobre el diseño del almacén, el presupuesto esperado y la gestión del mismo, de las posibles variaciones en las demandas de los productos almacenados, como se ha visto anteriormente este riesgo es el de mayor impacto económico sobre el presupuesto operativo esperado del almacén, se pretende estudiar los cambios a realizar sobre el almacén como consecuencia de este riesgo y el riesgo financiero asociado a esos cambios, por ejemplo, el impacto financiero de tener racks no utilizados, personal y maquinaria ociosa por falta de trabajo...

En primer lugar, es necesario hacer notar que los productos almacenados pueden ser muy diversos, las variaciones en las demandas de los mismos van a depender a su vez del mercado en el que actúen, así se ha supuesto una probabilidad de cambio en la demanda de cada una de las 500 referencias que alberga nuestro almacén, esa probabilidad se podría calcular con información estadística de los pedidos mensuales de los productos, y mediante un análisis frecuente del mercado en el que se utiliza, sin embargo, a falta de esos datos estadísticos se realizará una asignación aleatoria y subjetiva de las mismas, esto no interfiere en el estudio que se va a realizar pues de hacerlo correctamente en un futuro, esos datos de probabilidad serán fácilmente obtenidos. Las probabilidades asignadas a cada referencia se pueden encontrar en el anexo A de este trabajo.

Las variaciones en la demanda de los productos puede ser en dos sentidos, aumentos o descensos, la probabilidades asignadas pueden ser distintas pero en nuestro caso se utilizará una única probabilidad para ambos efectos, sin embargo, los efectos en el almacén y su impacto económico es diferente, así como las acciones a realizar para compensar esas desviaciones.

Ahora bien, el almacén se ha diseñado en base a unas referencias iniciales y la rotación esperada de los productos, fruto del estudio de mercado y de las estadísticas de la empresa en cuanto a ventas, con esos datos se realiza la gestión de compras de materiales por parte del departamento correspondiente, si existen errores en esas estimaciones de demanda, la gestión de compras no es eficiente y puede provocar un error en el diseño del almacén, que las rotaciones esperadas de materiales no cubran las necesidades del mercado, o las excedan y como consecuencia de todo ello, causar pérdidas económicas de importancia. A continuación se pretende estudiar esta cadena de acontecimientos y acotar las posibles pérdidas financieras del riesgo.

6.3.1. AUMENTOS EN LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS.

La demanda de los diversos productos puede crecer por varias causas:

- Crecimientos estacionales previsible en artículos de temporada, como puede ser la demanda de helados en verano, turrón en Navidad..., estos crecimientos al ser conocidos no causan problemas pues las compras se ajustan teniéndolos en cuenta.
- Crecimientos puntuales consecuencia de modas y artículos novedosos. Estas crecidas puntuales suelen ser de corta duración y no causan problemas por ello. Las modas pasan y tras el periodo de lanzamiento de los productos su mercado se estabiliza.
- Crecimientos causados por cambios en los hábitos de los consumidores, estos son impredecibles aunque se producen de forma más o menos gradual, dándole tiempo a las empresas a acomodarse a la nueva demanda sin causar excesivos problemas.

Sea cual sea la causa del crecimiento de la demanda, las empresas deben estar preparadas para analizar esa tendencia y acomodarse a la nueva situación de mercado, las consecuencias en nuestro almacén de un crecimiento no esperado de la demanda de los productos son:

- Si la demanda crece, las rotaciones anuales planificadas de los productos afectados no son capaces de cubrir esa demanda, el departamento de compras reaccionará comprando más producto, aumentando las rotaciones o el tamaño de los lotes, sin embargo la capacidad del almacén no es suficiente para alojar ese aumento en la frecuencia de las rotaciones, haciéndose necesaria la búsqueda de espacio extra. Por otro lado si se aumenta el tamaño de los lotes, las ubicaciones en los racks puede que no sean suficientes, ya que se ha diseñado basándose en el tamaño original, siendo necesarios más racks y por tanto, más espacio.
- Si las rotaciones crecen, también queda afectado el rendimiento del almacén, al cambiar los flujos de materiales a través del mismo, pudiendo quedar este saturado por falta de operarios y equipos de manipulación de mercancías, haciéndose necesaria una ampliación de equipamiento y personal.
- Si se han producido errores al estimar la demanda de los productos que alberga el almacén, provocando un diseño defectuoso repercutirá de forma importante en la gestión del almacén hasta que se corrija por medio de modificaciones en el mismo.

Las soluciones para hacer frente a este riesgo pasan en principio por conseguir diseños no tan dependientes de los datos proporcionados por las estimaciones de demanda, se necesitan almacenes flexibles y suficiente espacio para cubrir pequeños picos de demanda, si esto no se consigue desde el principio, las soluciones más comunes son:

- ❑ Subcontratar espacio extra de almacén en otra ubicación.
- ❑ Ampliar el almacén disponible, si se tiene más terreno para ello.
- ❑ Construir otro nuevo almacén y dividir los productos entre ambos.

El impacto económico de estas soluciones y riesgos se analizará más adelante, ni que decir tiene que cualquier ampliación del almacén supone a su vez nuevas inversiones en equipamiento y personal, así como una redistribución en planta de los racks y procesos.

6.3.2. DESCENSOS EN LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS.

La demanda de los diferentes productos puede disminuir por varios motivos:

- Finales de temporadas de los productos estacionales.
- Productos obsoletos, o cuya vida útil está próxima a terminar.
- Cambios en los hábitos de los consumidores.

Las consecuencias derivadas de los descensos en la demanda de los productos almacenados, si la empresa no está preparada para hacer frente a dichos cambios rápidamente pueden ser:

- Si la demanda disminuye en un determinado mercado, el departamento de compras reaccionará reduciendo las rotaciones de los productos, o bien disminuyendo el tamaño de los lotes. Por otro lado, si se hace esto, el espacio destinado al producto afectado será claramente excesivo, produciéndose un desperdicio manifiesto del mismo que podría ser utilizado por nuevas referencias.
- Se asume el riesgo financiero de construir un almacén más grande del necesario, con equipos que no se están utilizando y operarios ociosos, eso aumenta los costes de operación anual de la empresa, algo que debe evitarse.

Las soluciones más adecuadas para hacer frente a este riesgo pueden ser:

- Alquilar el espacio sobrante a otra empresa del sector, consiguiendo así un rendimiento extra para poder hacer frente al coste financiero de tener un almacén demasiado grande a nuestras necesidades.
- Redistribuir los productos en los racks, de forma que el espacio recuperado así pueda ser utilizado para ampliar el número de referencias almacenadas, consiguiendo diversificar la oferta al penetrar en nuevos mercados.

6.3.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO FINANCIERO DEL RIESGO.

Anteriormente se ha realizado la identificación de los riesgos provocados por la alteración del flujo de materiales en el almacén, en este apartado se tratan de cuantificar económicamente las consecuencias previsibles del riesgo identificado.

Los datos económicos necesarios para los cálculos de los costes de construir o alquilar espacio extra, así como de las pérdidas de tener espacio inutilizado en el almacén proceden del capítulo 2, donde se expuso la conveniencia de usar estos datos, así se van a usar:

- a) Coste de alquilar espacio en otro almacén, propiedad de otra empresa, en el alquiler se incluye a su vez los operarios, los equipos de almacenamiento y manipulación de mercancías. Ese coste se puede expresar en metros cuadrados alquilados, o en posiciones de almacén, así:

- 150 Euros/metro².
 - 80 Euros/posición.
- b) Coste de ampliar el almacén: 270 Euros/m².
- c) Coste de los nuevos equipos de manipulación de Mercancías: 28000 Euros/Carretilla estrecha.
- d) Coste de los nuevos operarios: 18000 Euros/operario.
- e) Costes de los nuevos racks de almacenamiento de mercancías: 50 Euros/pallet Almacenado.

Con estos datos ya se puede realizar el análisis previsto, así:

- 1) **Aumentos de la demanda de los productos.** El principal impacto económico provocado por el aumento de la demanda de los productos es consecuencia de la búsqueda de nuevo espacio de almacenamiento para cubrir esa demanda, también se podría analizar de esta manera el problema de un fallo en el diseño del almacén, consecuencia de errores en las estimaciones realizadas que den como consecuencia una instalación menor de la que inicialmente es necesaria.

Ahora bien, el coste final a tratar dependerá de la cantidad de espacio extra que se necesite, y esto a su vez depende del volumen de mercancía que aumente su demanda, en otras palabras, es necesario saber cuántos productos han aumentado su demanda, y en qué medida, para conocer qué cantidad de espacio final se necesita, cuántos racks extras y operarios y máquinas serán utilizados en esa ampliación.

Para conocer bien esto, se va a aplicar el análisis de sensibilidad a este problema, modificando el número de productos que aumentan su demanda, se estudiará su relación con el coste final a hacerse cargo por parte de la empresa, ese será el impacto económico del problema, el análisis financiero de cómo solventar esa situación económica se realizará en el apartado siguiente de este mismo capítulo.

HIPÓTESIS DE CÁLCULO:

- Se comienza con un aumento en la demanda del 10% de los 500 productos almacenados, aumentando ese porcentaje de 10 en 10 hasta el 50% de los productos del almacén.
- Se supone que la demanda de cada producto aumenta un 30% sobre la inicial prevista, es decir, la rotación del artículo aumenta ese porcentaje, el tamaño del lote permanece inalterado.
- Cada referencia tiene asignada una probabilidad de cambio en su demanda, las referencias que tengan una probabilidad de cambio entre el 50% y el 90%, coinciden con la escala propuesta en el análisis de sensibilidad, serán los productos que cambien en cada escalón.

Los resultados de este análisis se pueden encontrar en la siguiente tabla:

% Productos que cambian.	10%	20%	30%	40%	50%
Aumento núm pallets:	2344	4343	6625	8861	10983
Aumento núm racks.	31	68	97	133	168
Aumento del núm filas en suelo.	41	72	117	157	192
Aumento núm operarios.	1	1	1	2	2
Aumento del núm máquinas	1	1	1	2	2
Espacio extra necesario:	727 m ²	1418 m ²	2162 m ²	2931 m ²	3642 m ²
Coste Total Alquiler de Posiciones:	51760 E/año.	57200 E/año.	63120 E/año.	115200 E/año.	120800 E/año.
Coste Total Alquiler de Espacio:	155050 E/año.	258700 E/año.	370300 E/año.	531650 E/año.	638300 E/año.
Coste Total Ampliación a financiar:	196240 E.	380700 E.	583740 E.	791370 E.	983340 E.

Los datos económicos expuestos suponen una modificación del edificio que se tiene que financiar mediante un crédito bancario o cualquiera de las fuentes de financiación estudiadas en el capítulo 5, en el caso de utilizar un crédito bancario, lo más normal, supondrá la tercera inversión a estudiar en este trabajo.

- 2) **Descenso de la demanda de los productos.** El problema del descenso de la demanda es la carga financiera de tener un almacén demasiado grande, exceso de personal y equipos de almacenamiento y manipulación de mercancías. Se va a analizar lo que se ha gastado de más en este apartado.

Al igual que anteriormente se va a aplicar el análisis de sensibilidad a este problema, modificando el número de productos que disminuyen su demanda, se estudiará su relación con el coste final que se podría haber ahorrado la empresa, ese será el impacto económico del problema, el análisis financiero de cómo solventar esa situación económica se realizará, a su vez, en el apartado siguiente de este mismo capítulo.

HIPÓTESIS DE CÁLCULO:

- Se comienza con un descenso en la demanda del 10% de los 500 productos almacenados, aumentando ese porcentaje de 10 en 10 hasta el 50% de los productos del almacén.
- Se supone que la demanda de cada producto disminuye un 30% sobre la inicial prevista, es decir, la rotación del artículo disminuye ese porcentaje, el tamaño del lote permanece inalterado.
- Cada referencia tiene asignada una probabilidad de cambio en su demanda, las referencias que tengan una probabilidad de cambio entre el 50% y el 90%, coinciden con la escala propuesta en el análisis de sensibilidad, serán los productos que cambien en cada escalón.

Los resultados de este análisis se pueden encontrar en la siguiente tabla:

% Productos que cambian.	10%	20%	30%	40%	50%
Descenso núm pallets:	2344	4343	6625	8861	10983
Excedente de racks.	31	68	97	133	168
Excedente del núm filas en suelo.	41	72	117	157	192
Excedente de operarios.	1	1	1	2	2
Excedente de máquinas	1	1	1	2	2
Espacio desperdiciado:	727 m ²	1418 m ²	2162 m ²	2931 m ²	3642 m ²
Coste Total Excedentes:	196240 E.	380700 E.	583740 E.	791370 E.	983340 E.

Se puede apreciar que los costes de aumentos en la demanda y descensos en el caso de ampliación coinciden, sin embargo en el caso de descenso estos datos reflejan un gasto ya realizado que podría haberse evitado, para el aumento en la demanda, refleja un gasto a realizar y por tanto a financiar. Al usarse las mismas probabilidades en el aumento y el descenso de la demanda se produce esta coincidencia dado que los datos de coste utilizados tampoco varían.

En la parte final del siguiente apartado se estudia, el impacto financiero que tienen que hacer frente la empresa debido a este riesgo.

6.4. ANÁLISIS DE RIESGOS FINANCIEROS.

Este apartado se va a dividir en dos, una primera parte dedicada al análisis del mayor riesgo financiero al que se enfrenta la empresa al poner en marcha el proyecto de construcción del almacén, las variaciones de los tipos de interés en contra de lo previsto, lo que afecta principalmente a los créditos bancarios adquiridos para la financiación de la construcción del almacén y su equipamiento.

La primera parte del apartado se dedicará al estudio del impacto financiero derivado de la alteración del flujo de mercancías a través del almacén, es decir, cuánto va a costar financiar los gastos producidos al encontrarse errores en la estimación de la demanda en los productos almacenados, ya sean aumentos en la demanda o descensos de la misma.

El estudio se va a realizar a través del uso del análisis de sensibilidad que se explica a continuación.

6.4.1. ANÁLISIS DEL RIESGO FINANCIERO PRODUCIDO POR LAS VARIACIONES EN LA DEMANDA.

Se ha razonado anteriormente que las variaciones en la demanda provocan un coste adicional al inicialmente presupuestado cifrado entre 196240 y 983340 Euros dependiendo del porcentaje del número de productos que varían.

Ahora bien las consecuencias del impacto financiero es diferente según sea la variación en la demanda como aumento o disminución.

En el caso de aumento, el coste supone una inversión adicional a las dos inicialmente previstas que sufragan los gastos de construcción y equipamiento del almacén. Esa tercera inversión se destinará a la modificación del almacén encaminada a resolver el problema planteado por la mala estimación en la demanda de los productos, la inversión va a tener las siguientes características:

- Se va a realizar una amortización a 10 años.
- El tipo de interés del crédito para la inversión seguirá siendo del 3% el primer año, luego, variable.

Para el plan de amortizaciones de la inversión se va a utilizar el método francés, que supone amortizaciones constantes donde el capital amortizado cada año es creciente y los intereses son decrecientes, se recogen las distintas posibilidades en la siguiente tabla:

% Productos que Cambian.	10%	20%	30%	40%	50%
Coste Financiero de Ampliación/Exceso	23011,229 E./año	44629,778 E./año	68432,327 E./año	92772,956 E./año	115277,768 E./año

Este constituye el impacto financiero final a hacerse cargo por parte de la empresa, en el análisis preliminar se hizo la valoración del coste financiero del riesgo, situándole entre 20000 y 40000 Euros/año, a la luz de este análisis más detallado se concluye que un error en la previsión de la demanda de un 30% positivo o negativo, en más del 20% de los productos del almacén excede esa previsión inicial, sin embargo un error de este calibre invalida prácticamente todo el diseño del almacén, es poco probable que se cometa, por lo que se acepta un riesgo de variación del flujo de mercancías en el almacén de hasta el 20% de los productos.

Para el caso de que la variación de la demanda suponga un descenso de la misma, este coste financiero supone dinero ya gastado en las dos inversiones iniciales que no tendría por qué haberse pagado si las previsiones hubiesen sido correctas, para paliar el efecto financiero negativo de este riesgo se hace necesario recuperar ese dinero mediante el despido de operarios innecesarios, venta de maquinas, racks..., o bien mediante el alquiler de la capacidad sobrante a otras empresas del sector.

Se concluye que el análisis preliminar correspondiente a este riesgo ha sido hecho de forma correcta, en base a los datos económicos barajados y las hipótesis realizadas. A continuación se va a realizar el estudio económico de viabilidad del almacén según el coste estimado en el capítulo 3.

6.4.2. EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

El análisis de sensibilidad es un procedimiento de cálculo usado para predecir los efectos de cambios en los datos iniciales sobre los resultados obtenidos en un modelo. Esta técnica se usa muy a menudo en procesos de toma de decisión de inversiones relacionados con la evaluación de proyectos de inversión bajo condiciones de incertidumbre, como es el caso expuesto en este trabajo.

Durante el diseño y la aprobación de un proyecto uno de los puntos más relevantes para los que toman las decisiones es el análisis financiero del proyecto, es decir, su rentabilidad y el retorno de la inversión. Una herramienta que facilitará la toma de decisiones es el análisis de sensibilidad, el cual permite diseñar escenarios en los cuales se podrán analizar posibles resultados de nuestro proyecto, cambiando los valores de sus variables y restricciones financieras y determinar el cómo estas afectan el resultado final.

Un análisis de sensibilidad intenta evaluar el impacto que los datos de entrada o de las restricciones especificadas a un modelo definido, en el resultado final o en las variables de salida del modelo, esto es sumamente valioso en el proceso de diseño de productos o servicios y en su análisis de viabilidad financiera. Esta metodología de evaluación combinada con las tecnologías de información forman una herramienta muy poderosa para los que toman las decisiones, es decir, se tendría un sistema de soporte para la toma de decisiones.

El análisis de sensibilidad para la toma de decisiones tiene innumerables aplicaciones, sin embargo, para ejemplificar lo expuesto en párrafos anteriores, se considerara un caso de aplicación a un proyecto empresarial relacionado con la rama logística, en el cual es necesario efectuar los análisis de viabilidad para determinar los umbrales de rentabilidad del proyecto de inversión y conocer también el límite superior en el presupuesto del proyecto.

6.4.3. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL PROCESO DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES.

Una aplicación concreta del análisis de sensibilidad, es como ayuda al proceso de evaluación de inversiones bajo condiciones de incertidumbre y riesgo, este proceso incluye varios parámetros de entrada claves, en el caso concreto del diseño del almacén se van a usar los siguientes:

- Flujos de entrada-ingresos.
- Costes.
- Valor de la inversión.
- Tasa de descuento.
- Tipo de interés.
- Otros.

De la misma forma que consideraciones sobre los efectos de cambios en esos parámetros en los criterios básicos que sirven para el proceso de evaluación de inversiones, como son:

- VAN.
- TIR.
- Periodo de Recuperación.

La utilización del análisis de sensibilidad empleando esos criterios se presentarán en los siguientes términos. Las entradas netas responden a la siguiente fórmula:

$$NI = P - C - I.$$

Donde: P Ingresos del proyecto.
 C Costes del proyecto.
 I Valor de la inversión.

Desde la ecuación de arriba es posible analizar cuáles son los factores clave que tienen una decisiva influencia en los criterios del TIR, VAN o el periodo de recuperación, esos factores clave son las entradas del proyecto, los costes, la tasa de interés..., esos valores son entradas a los criterios antes expresados, se deben predecir esos valores en el cálculo a realizar, es bastante claro por otro lado, que esos parámetros en el futuro pueden asumir valores totalmente diferentes a los predecidos, para poder ver y analizar todas las posibles situaciones en el futuro, en este método se van a variar los parámetros de entrada introduciendo coeficientes correctores como se expresa en la siguiente fórmula:

$$NI = dP - mC - kI$$

Con: d Factor de corrección de los ingresos.
 m Factor de corrección de los costes.
 k Factor de corrección del valor de la inversión.

También se considerará la variación del tipo de interés, denominandolo como p.

La fórmula muestra que el criterio del VAN es una función de esos factores de corrección, el procedimiento de aplicación del análisis de sensibilidad al criterio del VAN, va a ser presentado como se ve en la siguiente tabla.

VAN					
	$K_0 = 1.00$	$k_1 = 1.05$	$k_2 = 1.10$...	k_n
p_0	VAN_{00}	VAN_{01}	VAN_{02}	...	VAN_{0n}
p_1	VAN_{10}	VAN_{11}	VAN_{12}	...	VAN_{1n}
p_2	VAN_{20}	VAN_{21}	VAN_{22}	...	VAN_{2n}
p_3	VAN_{30}	VAN_{31}	VAN_{32}	...	VAN_{3n}
p_4	VAN_{40}	VAN_{41}	VAN_{42}	...	VAN_{4n}

...
ρ_m	VAN_{m0}	VAN_{m1}	VAN_{m2}	...	VAN_{mn}

(d = const, m = const).

En esta tabla se muestra la influencia en el VAN de cambios en los tipos de interés y en el valor de la inversión, otras tablas como esta pueden mostrar la influencia en el VAN de cambios en los costes, en las entradas..., a través de este análisis se puede conseguir un espectro de valores del VAN, de forma que se sepa de antemano entre que rango de valores del tipo de interés y el valor de la inversión se debe mover el empresario y el mercado, para que la inversión siga siendo rentable.

Sobre la tabla anterior se ve que, por ejemplo, para una tasa de interés de p_2 , si nos pasamos del presupuesto de la inversión un 5% aún se hace rentable la misma, sin embargo, si se sobrepasa un 10% el presupuesto de la inversión inicial, se hace negativo el VAN y por tanto, inaceptable la inversión.

Con este procedimiento, se reduce la incertidumbre de los parámetros, los cuales, aparecerán en la práctica en el futuro, y ayuda a la toma de decisiones en las inversiones bajo condiciones de incertidumbre y riesgo.

Los datos a tratar aquí son:

- Inversión inicial (I) = 2,9673 millones de Euros.
- Tipo de Interés inicial (i) = 3 %.

Los resultados de la aplicación del análisis de sensibilidad a la inversión del almacén que se está estudiando se recogen en las siguientes tablas:

VAN (Euros)

p/k	$k_0 = 1.00$	$k_1 = 1.05$	$k_2 = 1.10$	$k_3 = 1.15$	$k_4 = 1.20$	$k_5 = 1.25$	$k_6 = 1.30$
0,00%	3876090,39	3727725,39	3579360,39	3430995,39	3282630,39	3134265,39	2985900,39
1,00%	2865328,59	2716963,59	2568598,59	2420233,59	2271868,59	2123503,59	1975138,59
2,00%	2047779,36	1899414,36	1751049,36	1602684,36	1454319,36	1305954,36	1157589,36
3,00%	1381799,63	1233434,63	1085069,63	936704,63	788339,63	639974,63	491609,63
3,50%	1095352,79	946987,79	798622,79	650257,79	501892,79	353527,79	205162,79
4,00%	835431,05	687066,05	538701,05	390336,05	241971,05	93606,05	-54758,95
4,50%	599162,71	450797,71	302432,71	154067,71	5702,71	-142662,29	x
5,00%	384018,53	235653,53	87288,53	-61076,47	-209441,47	x	x
5,50%	187767,87	39402,87	-108962,13	x	x	x	x
6,00%	8440,96	-139924,04	x	x	x	x	x
6,50%	-155704	x	x	x	x	x	x
7,00%	x	x	x	x	x	x	x

(d = const, m = const).
 P=830000, C=558444,2

Tabla 1: Relación en el criterio del VAN entre las variaciones del tipo de interés y la inversión.

De esta tabla se deduce que para el presupuesto inicial, un aumento de los tipos de interés de 3 puntos y medio, supone que el proyecto deja de ser rentable, para un nivel de ingresos de 830000 Euros/año. Por otro lado, si el presupuesto de inversión supera en un 30% el inicial de 2,967 millones de Euros, el proyecto deja de ser rentable en cuanto aumenten los tipos de interés por encima del 3,5%.

VAN (Euros)

p/m	$m_0 = 1.00$	$M_1 = 1.02$	$m_2 = 1.04$	$m_3 = 1.06$	$M_4 = 1.08$
0,00%	-9053909,61	-4826677,23	1380065,49	10569364,85	24259374,83
1,00%	x	x	170468,98	7508944,89	18366070,26
2,00%	x	x	-751968,27	5144467,57	13804991,02
3,00%	x	x	x	3310397,09	10259284,09
3,50%	x	x	x	2552073,55	8790295,52
4,00%	x	x	x	1882262,33	7490801,06
4,50%	x	x	x	1290089,19	6340005,42
5,00%	x	x	x	766085,08	5319803,42
5,50%	x	x	x	301996,23	4414415,81
6,00%	x	x	x	-109379,01	3610076,44
6,50%	x	x	x	x	2894763,25
7,00%	x	x	x	x	2257966,64

(d = const, k = const).
P=400000, C=558444,228

Tabla 2: Relación en el criterio del VAN entre las variaciones del tipo de interés y los ingresos.

En la tabla dos se observa que para un aumento sostenido del 8% anual de los beneficios del almacén, comenzando con 400000 Euros/año, el proyecto sale rentable incluso para variaciones de más de 4 puntos en los tipos de interés. Por otro lado, son necesarios unos beneficios sostenidos en aumento anual de un mínimo del 5-6%.

VAN (Euros)

p/d	$d_0 = 1.00$	$d_1 = 1.01$	$d_2 = 1.02$
0,00%	3876090,39	1203995,33	-1842579,01
1,00%	2865328,59	690041,97	x
2,00%	2047779,36	264817,96	x
3,00%	1381799,63	-89568,73	x
3,50%	1095352,79	x	x
4,00%	835431,05	x	x
4,50%	599162,71	x	x
5,00%	384018,53	x	x
5,50%	187767,87	x	x
6,00%	8440,96	x	x
6,50%	-155704	x	x
7,00%	x	x	x

(m = const, k = const).
P = 830000, C = 558444,228

Tabla 3: Relación en el criterio del VAN entre las variaciones del tipo de interés y los costes.

En la tabla 3 se observa que para unos ingresos anuales de 830000 Euros, si los costes varían aunque sea un 1% anual, el proyecto deja de ser rentable.

VAN (Euros)

<i>m/d</i>	$d_0 = 1,00$	$d_1 = 1.01$	$d_2 = 1.02$	$d_3 = 1.03$	$d_4 = 1.04$	$d_5 = 1.05$
$M_0 = 1,00$	1381799,63	3571287,93	6179877,05	9297716,36	13035113,43	17527057,9
$M_1 = 1,01$	-89568,73	2099919,57	4708508,69	7826348	11563745,08	16055689,6
$M_2 = 1,02$	x	346909,3	2955498,42	6073337,73	9810730,8	14302679,3
$M_3 = 1,03$	x	-1748324,6	860264,52	3978103,83	7715500,91	12207445,4
$M_4 = 1,04$	x	x	-1651321,31	1466518	5203915,08	9695859,57
$M_5 = 1,05$	x	x	x	-1507893,32	2185262,28	6677206,77
$M_6 = 1,06$	x	x	x	x	-1451471,09	3040473,4
$M_7 = 1,07$	x	x	x	x	x	-1350180,77
$M_8 = 1,08$	x	x	x	x	x	x
$M_9 = 1,09$	x	x	x	x	x	x
$M_{10} = 1,10$	x	x	x	x	x	x

(p = const, k = const).

P = 830000, C = 558444,228

Tabla 4: Relación en el criterio del VAN entre las variaciones de los ingresos y los costes.

En la tabla cuatro, la relación entre las variaciones de los ingresos y costes del proyecto a lo largo del periodo de amortización del mismo indica que mientras el aumento anual de los ingresos sea mayor o igual al aumento anual de los costes del proyecto, éste seguirá siendo rentable para unos ingresos iniciales de 830000 Euros.

7. Conclusiones. Nuevas líneas de Investigación.

El trabajo se cierra con este capítulo, en el que se hace balance de todo lo hecho, junto con posibles extensiones debido a problemas encontrados al realizar las investigaciones necesarias para concluir este proyecto.

En primer lugar, se revisan las conclusiones más relevantes a las que se llegan en cada capítulo del proyecto, revisándose todas las novedades propuestas. A continuación se realizan unas propuestas para futuros proyectos fin de carrera, o extensiones a este trabajo con el objetivo de completarlo y hacerlo más realista y eficaz en el caso de ser implementado.

7.1. CONCLUSIONES.

El diseño de un proyecto empresarial conlleva un sin número de actividades y consideraciones para lograr su aprobación final. En el presente trabajo se han descrito muchos de dichos factores así como el análisis de la viabilidad de un proyecto desde las perspectivas de mercado, financieras y del entorno en el cual se desarrolla el proyecto. También, se ha visto como un análisis de sensibilidad ayuda a la toma de decisiones en un proyecto.

El proyecto comenzó con la caracterización de los almacenes, es decir, la teoría recogida de la bibliografía especializada, tamizada e integrada de forma que con una simple lectura se tenga una visión global de los problemas a resolver para diseñar un almacén de una forma eficaz.

En el capítulo 2, se ofrece una novedosa secuencia de diseño de almacenes basada en tres niveles interrelacionados entre ellos, el nivel estratégico encargado de las decisiones que van a tener un impacto a largo plazo, como pueden ser las decisiones relacionadas con el flujo de mercancías a través del almacén, la selección del sistema básico de almacenamiento..., el nivel táctico, identificado con las decisiones de repercusión a medio plazo, se encarga de la distribución en planta del almacén, y por último el nivel operacional, el de más corto alcance en sus decisiones, se dedica a establecer las políticas de gestión y control del almacén.

Las decisiones tomadas en los niveles superiores actúan como restricciones en los inferiores, de forma que el diseño del almacén se realiza de forma integrada y continua.

Como principal problema en la aplicación de la metodología descrita en el capítulo 2, se puede mencionar la dificultad en estimar la pérdida de espacio producida por los pasillos de trabajo, los pilares del almacén y sobre todo por el honeycombing, este último fruto del sistema de almacenamiento escogido. Así mismo, se encontraron problemas para dimensionar las áreas de gestión del almacén, las oficinas, servicios públicos, áreas de mantenimiento y descanso del personal...

En el caso de la distribución en planta del almacén, la única solución posible es crear alternativas a la misma, tras un proceso de análisis según criterios de minimizar las dimensiones del almacén, escoger la alternativa adecuada.

En el capítulo 3, se comienzan a tratar los aspectos económicos del almacén, la novedad radica en la adaptación de un modelo de costes de gestión americano, realizado por la sociedad WERC, al caso español. Este modelo de costes realiza un recorrido exhaustivo sobre todos los conceptos de costes que puedan afectar a la gestión operativa de un almacén, la finalidad del mismo es poder comparar almacenes entre sí desde un punto de vista económico, se utiliza a su vez este modelo para proporcionar una estimación de los costes de construcción y gestión anual del almacén diseñado en el capítulo 2. Por otro lado se realizan unos algoritmos de costes para ser utilizados en el caso de necesitarse datos de costes por metro cuadrado de almacén o bien por hora de trabajo, dichos algoritmos pueden ser usados para comparar almacenes entre ellos desde otro punto de vista. proporciona una visión profunda.

En el capítulo 4, se introducen los conceptos necesarios para entender bien qué es lo que se conoce como gestión de riesgos, sus implicaciones y su extensión. Así mismo, la novedad radica en obtener una metodología sistemática para aplicar el proceso de gestión de riesgos a un proyecto.

Se concluye que la aplicación de la gestión de riesgos a una empresa, no sólo a proyectos puntuales, sino a todos los departamentos de la empresa, si bien supone un coste inicial, a la larga redonda en importantes beneficios al localizarse y evitarse fuentes de ineficiencias en la organización. Esto a su vez, supone una importante ventaja competitiva con respecto a la competencia.

El principal problema de la gestión de riesgos, es la falta de profesionales cualificados en el tema, su desconocimiento por parte de los directivos empresariales, y la necesidad de contar con equipos multidisciplinares para su desarrollo e implementación en la empresa.

El capítulo 5 es principalmente teórico como el cuatro, en él se introducen los conceptos más importantes de la gestión de riesgos financieros, la metodología a aplicar, los instrumentos financieros más eficaces para minimizar sus consecuencias. Así mismo, se exponen las fuentes de financiación disponibles para las empresas en sus proyectos y los criterios clásico para analizar la viabilidad de un proyecto.

El capítulo 6 es el centro práctico del proyecto, en él se aplican todas las teorías expuestas en los capítulos 4 y 5 al diseño del almacén obtenido en el capítulo 2, teniendo en

cuenta los datos económicos y suposiciones realizadas en el capítulo 3. Así, el capítulo 6 se convierte en el más importante del proyecto al integrar todos los capítulos del mismo.

Comienza con la aplicación, en un análisis preliminar, del procedimiento de gestión de riesgos desarrollado en el capítulo 4, esa aplicación tiene como objetivo final la localización y cuantificación económica de los riesgos asociados a un proyecto, al conocer las posibles pérdidas de un proyecto, se puede actuar sobre las causas que las originan para reducirlas o eliminarlas.

El principal problema encontrado en esta parte del capítulo es el derivado de las estimaciones de los costes de los riesgos, y las probabilidades de ocurrencia del mismo, se encuentra que para realizar un proceso de gestión de riesgos eficaz y riguroso se requiere mucha información por parte del equipo encargado de hacerlo, información que debe ser proporcionada por la empresa y que involucra a muchos departamentos diferentes de la empresa, lo que a su vez hace necesaria una buena coordinación entre ellos. El equipo que realiza la tarea de la gestión de riesgos, a su vez, se concluye que debe ser multidisciplinar, al encontrarse necesarios expertos en finanzas, economía, organización y gestión de recursos. Una única persona encargada de esta tarea es inviable debido a la cantidad de áreas de conocimientos diferentes necesarias para ello y el límite de tiempo impuesto por las organizaciones para realizar el estudio de riesgos.

La siguiente parte del capítulo se dedica a un estudio más detallado del mayor riesgo identificado en la parte anterior, el debido a variaciones o errores en la demanda de los productos almacenados, también en este análisis se hace patente la necesidad de los datos proporcionados por la empresa, mejorándose así las estimaciones de costes realizados para el análisis. El resultado del análisis valida la estimación del impacto económico del riesgo realizada en el análisis preliminar, confirmándose así, con los datos barajados, la correcta aplicación de la metodología propuesta.

Una vez realizado el análisis de riesgos y encontrados los datos económicos del impacto final del conjunto de los riesgos identificados, el siguiente paso lógico es encontrar la financiación adecuada para hacer frente a esa carga económica extra, la parte final del capítulo 6 se dedica al estudio de viabilidad económica del proyecto y el efecto de los costes económicos de los riesgos en esa viabilidad.

El estudio de viabilidad económica se realiza aplicando el análisis de sensibilidad, se pueden pensar muchas aplicaciones del análisis de sensibilidad, como por ejemplo en el área de ingeniería eléctrica al análisis circuitos eléctricos, en el área financiera al hacer un análisis crediticio, en las ciencias para la simulación de experimentos químicos, nucleares o biológicos. Como estos, existen más ejemplos, sin embargo, la aportación más grande de un análisis de sensibilidad es su utilidad como herramienta a la toma de decisiones, especialmente bajo condiciones de incertidumbre y riesgo, pues ofrece un amplio abanico de posibilidades a tener en cuenta en los análisis.

Es posible considerar al análisis de sensibilidad como una herramienta de evaluación de un modelo de un proceso, sin embargo, considero que es parte fundamental de todo sistema de soporte a la toma de decisiones. Con los avances en las tecnologías de información, esta

herramienta está a la mano de cualquier ejecutivo y puede ser soportada prácticamente por todas las plataformas computacionales existentes en las empresas.

Los empresarios grandes, medianos y pequeños deben aprovechar dicha tecnología para impulsar el crecimiento de sus organizaciones. La tecnología ya no es inalcanzable, está a la mano de todo aquel que desee utilizarla.

Se concluye que el proyecto podría sufrir una carga económica extra de entre un 15 y un 30% más sobre presupuesto inicialmente propuesto debido a los riesgos a los que está sometido, del análisis de sensibilidad se obtiene que si el presupuesto aumenta un 30% el proyecto seguirá siendo rentable siempre y cuando el tipo de interés no llegue al 4%, un punto más del inicialmente contemplado. De la convergencia de estos dos estudios se deduce que si bien el proyecto esta dentro de los límites de rentabilidad esperado, los riesgos imponen un margen de maniobra demasiado corto, siendo necesaria políticas de actuación dirigidas a reducir el impacto económico de los riesgos encontrados, hasta reducir su impacto entre un 5 y un 15% sobre el presupuesto esperado.

Las actuaciones sobre el impacto económico del riesgo pueden ser financieras, asumiendo posiciones de riesgo opuestas a las encontradas, mediante seguros o instrumentos financieros derivados como los swaps de tipos de interés para los créditos otorgados por instituciones financieras, o bien actuaciones sobre el propio riesgos para minimizarlo. Se debe buscar el equilibrio entre las actuaciones a realizar, por su coste, alcance y eficacia.

7.2. EXTENSIONES. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

En el desarrollo de este proyecto se han encontrado algunos problemas que podrían constituir temas de estudio para futuros proyectos fin de carrera, no se debe olvidar que este proyecto es académico y como tal carece de la profundidad y los recursos aportados por las empresas en estudios similares, dotándolo de medios suficientes para un mayor rigor en las estimaciones y por tanto en los resultados de los análisis, sin embargo, el objetivo del proyecto no se queda en los simples datos aportados, más o menos realistas, sino en qué se hace con los datos una vez obtenidos, para ello, el proyecto ofrece metodologías concretas en todos sus apartados, desde el diseño y el cálculo del coste del proyecto, hasta la gestión de riesgos y los riesgos financieros, esas metodologías pueden ser mejoradas y ampliadas, para que su eficacia sea mayor.

Esto puede constituir un proyecto paralelo a este, encontrar nuevas metodologías de gestión de riesgos aplicando técnicas de análisis multivariante, redes neuronales, o cualquier técnica que permita análisis de la incertidumbre intrínseca al riesgo.

Es necesario a su vez desarrollar un método de estimación de costes rápido y eficaz, a la vez que sencillo de manejar, es importante también contar con la forma de obtener funciones de

probabilidad aplicadas a riesgos identificados, de forma que expresen la probabilidad a lo largo del tiempo de que se produzcan dichos riesgos, en vez de usar probabilidades medias anuales de ocurrencia del riesgo como es el caso de este trabajo. Este trabajo es estadístico y requiere multitud de datos.

Por último se encuentra necesario a su vez, analizar la eficacia real de las distintas actuaciones posibles en el riesgo, analizándose la relación coste de la actuación con su eficiencia en reducir el riesgo.

8. Referencias.

1. **J. P. Van der Berg.** *Planning and Control of warehousing systems.* PhD. Thesis. University of Twente, Enschede Netherlands 1996.
2. **Geoffrey Sisko, M. Muller, Robert.** *A Complete guide to pallet storage systems.* W.E.R.C. November 2003.
3. **Geoffrey Sisko, M. Muller, Robert.** *A Model for determining total warehouseing costs.* W.E.R.C. November 2003.
4. **T. Raz, E. Michael.** *Use and benefits of tools for project risk management.* Faculty of Management, University of Tel Aviv, Israel.
5. **David Baccarmi, Richard Archer.** *The risk ranking of projects: A methodology.* School of Architecture, Construction and Planning. Curtin University of Technology, Perth, Australia.
6. **Gómez, Giovanni E.** *Análisis de Sensibilidad en Proyectos Financieros.* 2004. GestioPolis.com.
7. **Jack Dowie.** *Against risk* (1999). Risk Decision and Policy, 4 (1), 57-73.
8. **Knight, F. H.** *Risk, Uncertainty and Profit* (1921). Houghton Mifflin, Boston. USA. Disponible en www.econlib.org/library/Knight/knRUP.html.
9. **Keynes, J. M.** *The General Theory and After Part II: Defence and Development in Collected Writings* (1973). Vol XIV, Macmillan. Londres. Reino Unido.
10. **Adams, J.** *Risk* (1994). UCL Press, London. Reino Unido.
11. **Cooper, D. Chapman, C.** *Risk Analysis for Large Projects-Models, Methods and Cases.* John Wiley, Reino Unido. 1987.
12. **Kliem RL. Ludin IS.** *Reducing Project Risk.* Gower, 1997.
13. **Chapman, C. Ward, S.** *Project Risk Management Risk Management Processes, Techniques and Insights.* John Wiley. Reino Unido, 1997.

14. **Hertz, D. B. Thomas, H.** *Risk Analysis and its Applications*. John Wiley, Reino Unido. 1983.
15. **Heyes, R. W. Et al.** *Risk Management in Engineering Construction-Implications for Projects Managers*. Project Management Group. UMIST. Thomas Telford Ltd, Reino Unido. 1987.
16. **Charette, R. N.** *Software Engineering Risk Analysis and Management*. Intertext Publications, McGraw Hill Company, USA. 1989.
17. **Boehm, BW.** *Software Risk Management Principles and Practices*. I.E.E.E. Software 1991;8:32-41.
18. **PMI.** *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, 130 South State Road, Upper Darby. USA. 1996.
19. **Dorofee, AJ. Et al.** *Continuous Risk Management Guidebook*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, USA. 1996.
20. **Fairley R.** *Risk Management for Software Projects*. I.E.E.E. Software 1994;57-67.
21. **Carter, B. Hancock, T. Morin, J. Et al.** *Introducing RISKMAN The European Project Risk Management Methodology*. NCC Blackwell Limited. Reino Unido. 1994.
22. **Mok, C. K.** *The Application of Risk Management Process in building services cost estimation*. MSc Engineering Management Dissertation, Department of Manufacturing Engineering. City Polytechnic of Hong Kong, Kowloon. Hong Kong. 1994.
23. **Mak, C. L.** *Risk Management for Improving Transmissions operations and maintenance activities*. MSc Engineering Management Dissertation, Department of Manufacturing Engineering. City Polytechnic of Hong Kong, Kowloon. Hong Kong. 1994.
24. **Leung, Y.** *The Application of Risk Management process to project appraisal in rolling stock section of MTRC*. MSc Engineering Management Dissertation, Department of Manufacturing Engineering. City Polytechnic of Hong Kong, Kowloon. Hong Kong. 1994.
25. **Lo, C. K.** *Risk Management for improving electricity supply reliability*. MSc Engineering Management Dissertation, Department of Manufacturing Engineering. City Polytechnic of Hong Kong, Kowloon. Hong Kong. 1994.
26. **Leung, Y. Et al.** *A knowledge-based system for identifying potencial project risks*. OMEGA (Forthcoming).
27. **Yu, C. M.** *Management Project schedule risk for an EHV substation construction project with expert system*. MSc Engineering Management Dissertation, Department of

- Manufacturing Engineering. City Polytechnic of Hong Kong, Kowloon. Hong Kong. 1994.
28. **Hertz, D. B. Thomas, H.** *Practical Risk Analysis-an approach through case histories.* John Wiley, Reino Unido. 1984.
 29. **Javier Cabello Llerena.** *Estudio de Modernización del Sistema de Almacenaje, gestión de stock y distribución de productos.* Proyecto Fin de Carrera 2000, Departamento de Administración y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla. España.
 30. **Lourdes Castro Perez.** *Implantación de un modelo de almacenes en planta en una empresa del sector aeronáutico.* . Proyecto Fin de Carrera 2003, Departamento de Administración y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla. España.
 31. **C. Zopounidis.** *Multicriteria decision aid in financial management.* European Journal of Operational Research. Department of Production Engineering and Management, Technical University of Crete, Grecia.
 32. **H. Roche.** *Análisis Multicriterio en la toma de decisiones.* Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. 1999.
 33. **Petar Jovanovic.** *Application of Sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk.* Faculty of Organizational Sciences, Belgrade. Serbia.
 34. **Heung-Suk Hwang, Jeong-Cheol Yu.** *R&D Project Evaluation Model based on Fuzzy Set Priority.* Department of Industrial Engineering, University of Pusan, Korea.
 35. **B. Rouwenhorst, B. Reuter, et al.** *Warehouse design and control: Framework and literature review.* 1999. European Journal of Operational Research.
 36. **Tompkins, White et al.** *Facilities Planning.*
 37. **V. M. Rao Tummala, Jhon F. Burchett.** *Applying a Risk Management Process (RMP) to manage cost risk for an EHV transmission line project.*
 38. **Saad H Al-Jibouri.** *Monitoring Systems and their effectiveness for project cost control in construction.* University of Twente, Enschede, Holanda.
 39. **Akintola S. Akintoye, Malcolm J MacLead.** Department of Building and Surveying, Glasgow Caledonian University, Glasgow, Reino Unido.
 40. **Geoff Conroy, Hossein Soltan.** *ConSERV, a project specific risk management concept.* School of Industrial Manufacturing Sciences, Cranfield University, Cranfield. Reino Unido.
 41. **Nomura Kichisalouru.** *Managing risk in airline industry.* 2001 Japan.

42. **Terry Lyons, Martin Skitmore.** *Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey.* School of Construction Management and Property. Queensland University of Technology. Brisbane. Australia.
43. **Ahmet Oztas, Onden Okmen.** *Risk analysis in fixed-price-design-build construction projects.* Department of civil engineering, University of Gaziantep. Turquía.
44. **A. A. Batabyal, H Beladi.** *Aspect of the Theory of Financial Risk Management for Natural Disasters.* USA.
45. **John M. Mulvay, Daniel P. Rosenbaum.** *Strategic Financial Risk Management and Operational Research.* Dept of Business analysis and research, Texas. USA.
46. **Paul Elkington, Clive Smallman.** *Managing Project Risk: A case study from the utilities sector.* University of Cambridge. Reino Unido.
47. **Chris Champan.** *Project Risk Analysis and Management. PRAM the generic process.* School of Management, University of Southampton. Reino Unido.
48. **Philip Kastov, John Lingard.** *Risk Management: A general framework for rural development.* Dept of Agricultural and food Economy. Belfast, Reino Unido.
49. **Stephen Ward, Chris Chapman.** *Transforming project risk management into Project uncertainty management.* School of Management, University of Southampton. Reino Unido.
50. **Fiona D. Patterson, Kevin Neailey.** *A Risk Register Database System to aid the management of project risk.* Warwick Manufacturing Group, University of Warwick, Coventry. Reino Unido.
51. **Prasanta Kumar Dey.** *Process Re-engineering for effective implementation of projects.* Indian of corporation limited. India.
52. **Howard Kunreuther et al.** *Risk Analysis and Risk Management in an uncertain world.* University of Pennsylvania, Philadelphia, USA.
53. **Teresa de Lamas, David Eaton et al.** *Risk Management in the Lusoponte concession: a case study of the two bridges in Lisbon, Portugal.* School of Construction and Property Management, University of Salford, Manchester. Reino Unido.