

SOLUCIONES PARA LA MEJORA INTRALÓGÍSTICA EN ALMACENAMIENTOS EN FRÍO

**Lorenzo González-Bolea*, Enrique Martín-Encinas*,
Jaime M. Beltrán-Sanz* y Jesús Muñozuri-Sanz****

* Instituto Andaluz de Tecnología.

** Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla

Un mejor desempeño en las operaciones logísticas puede resultar un elemento clave para la mejora de la competitividad de las organizaciones, mucho más cuando además se cuenta con almacenaje en frío, ya que los elevados consumos energéticos pueden presentar grandes oportunidades de ahorro.

Cada vez un mayor número de organizaciones son conscientes de este hecho, por lo que en el presente artículo se pretende orientar a las mismas sobre cómo optimizar sus operaciones intralogísticas cuando cuentan con almacenamiento en frío.

Para ello, se muestra una batería de soluciones, algunas muy sencillas y otras algo más complejas, estructuradas en tres apartados bien diferenciados y con objetivos distintos.

Así, el primer apartado recopila algunas alternativas para optimizar la capacidad disponible de almacenamiento, de forma que se consiga con el mínimo volumen posible dar respuesta a las necesidades de almacenamiento.

En el segundo bloque se aborda el tema del rendimiento energético de las instalaciones, a través de distintas soluciones que minimicen o incluso eliminen las pérdidas energéticas que se puedan presentar.

Finalmente, se muestra un tercer grupo de alternativas sobre sistemas de control que permitan evidenciar el cumplimiento de los requerimientos en materia de control de temperatura, a la vez que pueden servir para optimizar este proceso.

1. INTRODUCCIÓN

El escenario económico actual, cada vez más globalizado, competitivo, con menores márgenes y caracterizado por una alta incertidumbre de los mercados, obliga a las organizaciones a buscar de forma continua oportunidades de mejora que incrementen su competitividad.

En este contexto se ha incrementado el nivel de concienciación de las organizaciones sobre la importancia que la logística en general, y los procesos intralogísticos (incluyendo el almacenamiento) de manera particular, tienen en sus actividades, en la calidad del servicio que prestan y en la satisfacción y fidelidad de sus clientes. Por ello, representa un área relevante a la hora de identificar oportunidades de mejora que aumenten su eficiencia, reduciendo costes y me-

jorando (o como mínimo manteniendo) el nivel de servicio a sus clientes.

Así, a la hora de aumentar la productividad en un almacén pueden considerarse dos aspectos como cruciales: optimizar la capacidad disponible y facilitar las tareas de operación. Cuando, además, se trata de un almacenamiento en frío, a lo anterior se unen las necesidades de mejora de la eficiencia energética.

Con el presente artículo se pretende orientar a las organizaciones en la mejora de sus actividades intralogísticas en almacenes en frío, proponiendo soluciones tecnológicas que den respuesta a la terna de aspectos comentados en el párrafo anterior y que consigan aumentar los niveles de eficacia y, sobre todo, de eficiencia de este proceso logístico.

Es por ello que las recomendaciones que se muestran en este artículo, y que abarcan desde sencillas soluciones hasta sistemas más complejos, se han estructurado en tres grandes bloques:

- Un primer bloque, “Infraestructura para optimizar la capacidad de almacenamiento”, en el que se incluyen distintas alternativas que permiten maximizar el rendimiento de la capacidad disponible, al tiempo que simplifican las tareas operativas a desarrollar en el almacén.
- Una vez que se ha minimizado el volumen necesario para dar respuesta a las necesidades de almacenaje, es necesario evitar las pérdidas de energía en el almacén. A ello están destinadas las soluciones mostradas en el segundo bloque, “Sistemas de aislamiento”.
- En el tercer y último bloque, “Sistemas de control” se presentan distintas alternativas tecnológicas que permiten evidenciar el cumplimiento de los requisitos de temperatura asociados a los productos almacenados, a la vez que aportan información fiable sobre la temperatura del producto, lo cual permitirá tener un control energética y operativamente más eficiente del proceso.

Con todo ello, se pretende que las organizaciones dispongan de una batería de alternativas que le permitan mejorar su competitividad gracias a un mejor desempeño intralogístico, en línea con lo propuesto por [1].

2. INFRAESTRUCTURA PARA OPTIMIZAR EL ALMACENAMIENTO EN FRÍO

En cualquier almacén, aprovechar al máximo el volumen disponible es un aspecto crucial, que alcanza una importancia aún mayor si cabe cuando se está trabajando con almacenamiento en frío, puesto que el consumo energético será eminentemente más bajo cuanto menor sea el volumen a controlar.

No obstante, hay que tener siempre presente que esta

optimización de la capacidad disponible no puede ir en detrimento de la facilidad de desarrollo de las tareas operativas propias del almacén [Chan]; por ello, cuando a continuación se muestran las soluciones propuestas, también se indican las condiciones óptimas para la implantación de las mismas, en función de aspectos tales como el número de referencias o las cantidades mínimas por referencia, entre otros.

2.1. ESTANTERÍAS MÓVILES

Este sistema de almacenamiento permite ahorrar los pasillos de trabajo, generando de esta forma más espacio para el almacenaje (según algunos fabricantes [1], hasta un 85 % frente a las estanterías convencionales). Esta opción resulta especialmente interesante para cantidades medias de mercancías, con un número medio de artículos diferentes y una reducida necesidad de acceso.

Una ventaja importante que presenta este sistema es que su coste no es muy superior a la adquisición de estanterías tradicionales, ya que básicamente se trata de estanterías ancladas sobre raíles, en vez de con patas fijas al suelo.



Fig. 1: Sistema de almacenamiento sobre bases móviles

2.2. ESTANTERÍAS DINÁMICAS CON DISCO SHUTTLE

Los sistemas de almacenamiento a través de carros satélites están formados por *shuttles* que se mueven de forma automática en el canal de paletización. Los carros multiplican las ventajas de los clásicos sistemas de almacenaje



Fig. 2: Sistema de almacenamiento con disco shuttle

compactos y permiten optimizar el grado de ocupación, el rendimiento en el despacho de mercancías, el grado de aprovechamiento del espacio, la protección de la carga y la reducción del tiempo de descarga de paletas [Potrč].

Esta solución es particularmente relevante para cámaras con poco número de referencias y muchas paletas por referencia.

2.3. ESTANTERÍAS DINÁMICAS POR GRAVEDAD

Las estanterías para paletización por gravedad incorporan caminos de rodillos, con una ligera pendiente que permite el deslizamiento de las paletas sobre éstos. Las paletas se introducen por el extremo más alto de los caminos y se desplazan, por gravedad y a velocidad constante, hasta el extremo contrario, quedando dispuestas para su extracción. Como consecuencia de este funcionamiento, se aplica el sistema FIFO: la primera paleta en entrar es la primera en salir.

Con este sistema se consigue un ahorro importante del espacio y tiempo en la manipulación de las paletas ya que se eliminan las interferencias en la preparación de pedidos, al contar con pasillos de carga y descarga. Además, existe un excelente control del stock ya que en cada calle de carga hay una sola referencia.

Para que este sistema resulte atractivo desde el punto de vista económico, es aconsejable que se implante en almacenes con un elevado número (o coste) de operaciones de manipulado.

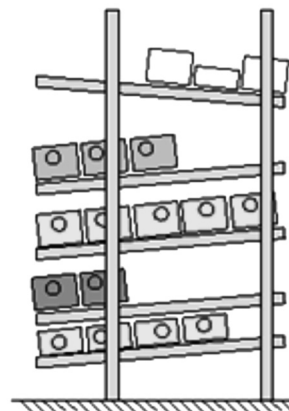


Fig. 3: Estanterías dinámicas por gravedad

2.4. SISTEMAS AUTOPORTANTE TIPO SILO

Los edificios formados con estanterías autoportantes son grandes obras de ingeniería en las que las propias estanterías, además de soportar la carga almacenada, forman parte del sistema constructivo del edificio junto con los laterales y las cubiertas.

La altura de estas cámaras autoportantes está limitada por las normativas locales o por la altura de elevación de las carretillas o transelevadores. Se pueden construir cámaras de más de 40 metros de altura.

Además de maximizar la capacidad de almacenamiento, este sistema logra un considerable ahorro de operaciones de manipulado al usar transelevadores automáticos que realizan estos movimientos y eliminar las interferencias en la preparación de pedidos ya que se cuenta con pasillos de carga y descarga. Según fabricantes como Mecalux la velocidad de desplazamiento, tanto en horizontal como en vertical, y su funcionamiento automático triplican la capacidad de manipulación y extracción de paletas.

Como ventajas adicionales, hay que destacar que se eliminan los errores derivados de la gestión manual y se permite un excelente control del stock ya que, al igual que en el caso anterior, en cada calle de carga hay una sola referencia.

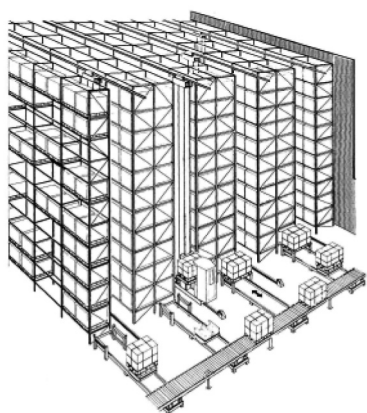


Fig. 4: Almacén autoportante tipo silo

3. SISTEMAS DE AISLAMIENTO

Una vez que se ha optimizado el volumen necesario para el almacenaje, para mejorar el rendimiento energético de las instalaciones resulta interesante evitar las distintas pérdidas de energía que en ellas se producen; por ello, a continuación se muestran distintas alternativas encaminadas a eliminar, o al menos minimizar, estas fugas de energía.

3.1. REDUCCIÓN DE LA INFILTRACIÓN DE CALOR: AISLAMIENTO ENTRADAS/SALIDAS A CÁMARAS.

3.1.1. Cortinas de PVC

La infiltración de calor durante la apertura de las puertas es una de las causas pérdida energética de los recintos refrigerados. Como primer paso para atajar este problema, se recomienda una solución sencilla y económica, pero suficientemente eficiente, como es la colocación de cortinas de tiras de plástico en todas las puertas, tanto de salas como de almacenes.

Como se argumenta en el estudio de Hescong Mahone Group [2], con la colocación de cortinas de tiras de plástico se puede reducir la infiltración de calor durante la apertura de puertas hasta un 75%.

La amortización de esta medida es relativamente rápida,

puesto que el coste es bastante reducido (aproximadamente un precio de mercado de unos 100 euros por cortina), presentan una vida útil media alta (en torno a 4 años) y el retorno en términos de ahorro energético es considerable.



Fig. 5: Ejemplo de cortina de PVC

3.1.2. Puertas automáticas térmicas

Estas puertas se utilizan en cámaras de congelación con rangos de temperaturas de $+0^{\circ}$ hasta -20°C , en cualquier sector agroalimentario o logístico, con tránsito elevado y necesidad de aislamiento térmico a la vez que rapidez en las operaciones de entrada y salida de mercancías.

Las lonas de estas puertas se fabrican en PVC con 1700 g/m^2 . Su resistencia a temperaturas extremas va de -30°C hasta $+40^{\circ}\text{C}$.



Fig. 6: Puertas automáticas en cámaras frigoríficas

3.2. AISLAMIENTO DE PAREDES DE LOS CONGELADORES

A través de paredes, techo y suelo de las cámaras frigoríficas, se pierde un 19% de la energía total que consume la misma [3]. Obviamente, si se coloca un aislamiento térmico o se aumenta el existente, se reduce ese impacto hasta llevarlo a un porcentaje menor.

Actualmente, existe una amplia oferta de aislamientos en el mercado. Se pueden utilizar aislamientos de poliuretano o de poliestireno, presentando ambas opciones unos costes parecidos.

Pese a la similitud en términos económicos, ambas alternativas aportarán diferentes valores R, coeficiente de resistencia térmica. Así, el poliuretano tiene un coeficiente de conductividad térmica mucho menor que el poliestireno: 0.025 frente a 0.040 (medidos en el S.I. en $W/(m \cdot K)$), por lo que la capacidad para conducir el calor es mucho menor para el poliuretano, en condiciones análogas.

Sin embargo, pese a este valor R superior, se recomienda la colocación de planchas de poliestireno para el aislamiento en paredes, debido fundamentalmente a la facilidad de colocación, ya que el sistema de planchas adosadas es mucho más efectivo para el caso de aislamiento de paredes. No obstante, también podría valorarse la instalación de un aislamiento mediante poliuretano expandido.

La siguiente cuestión a tratar será el grosor del aislamiento. Como se ha comentando, casi un 20% de la energía que se pierde en un almacén refrigerado es a través de su corteza. Parece evidente que, aumentando el grosor del aislamiento, se reducirá dicho porcentaje de pérdidas, aumentando así la eficiencia energética del almacén.

Según el estudio del grupo Davis Energy [4], un ensanche en el aislamiento de la cubierta es una inversión recomendable sólo en congeladores, donde se puede llegar a ahorrar un 4% del consumo de energía del mismo. La vida útil del almacén aumentará y se recuperará la inversión en unos 4 años. Sin embargo, para almacenes frigoríficos, dicho periodo se incrementaría hasta los 45 años.

Por ello, se recomienda el ensanche del aislamiento para los almacenes congeladores, descartando esta medida para los frigoríficos.

3.3. TECHO FRÍO

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de mejorar la eficiencia energética en un almacenamiento en frío es el aislamiento exterior de las infraestructuras donde se realizan las operaciones intralogísticas. De esta forma, disminuyendo la temperatura interior del edificio, como es lógico, se reduce en gran porcentaje el requerimiento energético de todos los aparatos refrigeradores del interior. Según algunos autores [5], se puede reducir el consumo energético del interior hasta en un 40%, ya que se disminuye la pérdida de calor en invierno y la ganancia de calor en verano.

Para lograr este propósito, los sistemas de techo frío pueden ser una solución adecuada para muchas empresas, si bien su eficiencia dependerá del tamaño del edificio, de su aislamiento y de la localización y exposición al Sol del mismo. Básicamente, un techo frío es un sistema de cubiertas que se superponen a las del edificio provocando una reflexión de la luz solar (pueden alcanzar hasta un 80% de reflexión).

Gracias a este sistema, por tanto, se reducen el calentamiento global, el llamado efecto de isla de calor urbano y se disminuyen las emisiones de CO_2 a la atmósfera, debido a que es necesario un requerimiento energético menor para los sistemas refrigeradores del interior.

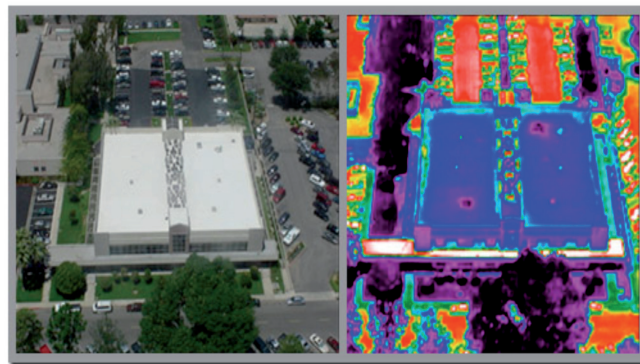


Fig. 7: Imagen térmica de una nave industrial situada en Chino, California (EE.UU)

Si bien es cierto que la inversión inicial de esta alternativa puede ser elevada, los prácticamente nulos costes de mantenimiento y reparación, el aumento del ciclo de vida del techo y, por supuesto, el ahorro energético obtenido con esta medida, hacen que el techo frío sea una solución atractiva económicamente a medio o largo plazo.

4. SISTEMAS DE CONTROL PARA GARANTIZAR LA CADENA DE FRÍO EN LOS PRODUCTOS

Con las medidas que se proponen a continuación las organizaciones podrán alcanzar un doble objetivo. Por un lado, podrán evidenciar que se están cumpliendo los requisitos de mantenimiento de la cadena de frío en los productos almacenados; y por otro lado, gracias a la información aportada por estos dispositivos, si lo consideran oportuno podrán actuar sobre los sistemas de enfriamiento, optimizando así el control del proceso y el rendimiento energético del mismo.

4.1. ETIQUETA CONTROL TEMPERATURA

Existen en el mercado diferentes sistemas que permite monitorizar la temperatura a la que se encuentra el producto, conociendo la trazabilidad de frío que ha tenido el producto a lo largo de toda su cadena de suministro, incluyendo los distintos almacenamientos y transportes. Dentro de los ejemplos más comunes se encuentran: Vacunas y medicamentos refrigerados, Fármacos y químicos Industrializados, Alimentos frescos y congelados.

Este tipo de etiquetas contienen en el centro del indicador un químico teñido de azul con un punto de fusión específico, el cual se activa cuando la temperatura excede los límites indicados. Se trata, por tanto, de un sistema fácil de usar y de interpretar, que reconoce temperaturas desde

-15°C a 42°C, con unos resultados irreversibles y fácil instalación sobre el producto a controlar a través de un autoadhesivo.



Fig. 8: Etiqueta de control de temperatura

4.2. RFID PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA EN CARGA

Esta tecnología permite controlar la temperatura de la carga en tiempo real, tal y como indican [6] y [7]. Actualmente, tanto en los almacenes como durante el transporte, se controla la temperatura ambiente, sin embargo durante la distribución de los productos existen puntos críticos, como los despachos o recepciones de mercancía, donde esto no ocurre. Con esta tecnología, basada en etiquetas de identificación por radiofrecuencia (tecnología RFID), la información está disponible en tiempo real.

Así, en los distintos empaques del producto se incorporan etiquetas RFID con sensores de temperatura, que mediante un lector interroga a las etiquetas cada minuto obteniendo de esta forma una temperatura en tiempo real, esta información se envía al centro de datos que tenga disponible la organización.

Esto supone un avance importante no sólo para el aseguramiento de la cadena de frío (como puede ser el caso de la seguridad alimentaria), sino también para la reducción de costos en las empresas al evitar pérdidas de producto, así como una mayor agilidad a la hora de realizar las operaciones gracias a las ventajas que ofrece la tecnología RFID.

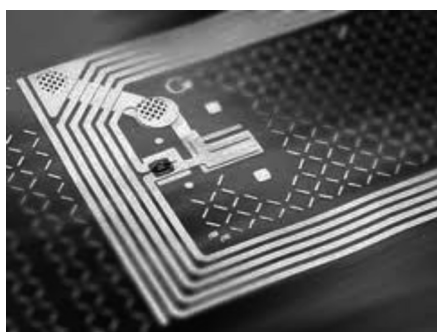


Fig. 9: Etiqueta RFID para el control de temperatura

5. AGRADECIMENTOS

Las soluciones propuestas en este artículo son fruto del trabajo desarrollado en el marco del proyecto Ecoalim: nuevas tecnologías para el ecodesarrollo de productos de

alimentación, en el que han participado cuatro centros tecnológicos españoles (AZTI-Tecnalia, CTAEX, AIMPLAS e IAT) y que ha contado con la financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del Programa Nacional de Proyectos de Investigación Aplicada y Proyectos de Desarrollo Experimental.

PARA SABER MÁS

- [1] Baker P, Canessa M, "Warehouse design: A structured approach". European Journal of Operational Research. March 2009. Vol. 193-2. p. 425-436.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045>
- [2] Chan FTS, Chan HK, "Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage". Expert Systems with Applications. March 2011. Vol. 38-3. p. 2686-2700
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.058>
- [3] Potrč I, Lerher T, Kramberger J et al. "Simulation model of multi-shuttle automated storage and retrieval systems". Journal of Materials Processing Technology. December 2004. Vol. 157-158. p. 236-244.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.09.036>
- [4] Hescong Mahone Group, "Southern Preliminary CASE Report: Analysis of Standards Options for Walk-in Refrigerated Storage", California Edison, California Public Utilities Commission, 2008.
- [5] American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), "Refrigeration Handbook", Chapter 12, Atlanta, 2002.
- [6] Davis Energy Group, Energy Solutions, "Analysis of Standards Options for Walk-in Coolers (Refrigerators) and Freezers", PG&E, Pacific Gas and Electric Company, Codes and Standards Enhancement Initiative (CASE), For PY2004: Title 20 Standards Development, 2008.
- [7] Wubbe E, "Taking roofs to a higher level". Nonwovens Industry. May 2003. Vol. 34-5. p. 40-46.
- [8] Reiner J, Walter L, "Semi-passive RFID and beyond: steps towards automated quality tracing in the food chain". International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications, Vol. 1-3, p. 247- 259. 2007
doi: <http://10.1504/IJRFITA.2007.015849>
- [9] Emond JP, Nicometo M. "Shelf-life prediction and FEFO inventory management with RFID", Cool Chain Association Workshop, November 2006. Vol. 13-14, Knivsta, Sweden.