

## **Sistema automatizado para el manejo de carga paletizada a bordo de buques frigoríficos**

Raúl Villa Caro, Ing. Naval y Oceánico / Capitán Marina Mercante.

Profesor. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España

Inspector Nuevos Barcos en Construcción. Armada Española, [raul.villa@udc.es](mailto:raul.villa@udc.es)

Luis Manuel Carral Couce, Dr. Ing. Profesor. Escuela Politécnica Superior.

Universidad de la Coruña. España, [lcarral@udc.es](mailto:lcarral@udc.es)

José Ángel Fraguela Formoso. Dr. Ing. Naval (Ph. D.). Profesor. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España, [jafraguela@udc.es](mailto:jafraguela@udc.es)

**Palabras clave:** Buques – Transporte marítimo – Sistemas automatizados de carga paletizada.

### **RESUMEN:**

La dificultad en el manejo de la conocida como carga general, determina en los buques que participan en estos tráficos, valores de los denominados “costes de puerto” que, porcentualmente sobre el total de los costes de explotación, resultan muy elevados.

Dentro de la logística industrial, los procesos de manutención y su automatización han constituido el objetivo de gran cantidad de investigaciones. Se pretende aprovechar el desarrollo alcanzado por esta disciplina en instalaciones terrestres, buscando su aplicación a unidades marinas. Con ello se alcanzará un doble objetivo: reducir los tiempos necesarios para las operaciones en puerto, así como una menor participación de los medios humanos en el proceso de transferencia de la carga.

La aplicación de estos sistemas al movimiento de carga paletizada refrigerada en un buque tipo “pallet friendly”, constituye un marco adecuado para el análisis de las

influencias que la instalación de estos elementos de manutención automatizada va a suponer para la disposición general del buque y su explotación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Si nos situáramos como espectadores de los procesos de transferencia de la carga que se desarrollan en puerto, tendríamos ocasión de comprobar dos situaciones bien diferenciadas:

- 1) En el caso de los gráneles líquidos y sólidos podríamos comprobar cómo la transferencia de la carga, del medio marino al terrestre, se lleva a cabo con rapidez y eficacia.
- 2) En el caso de la denominada carga general, de naturaleza variable y configuraciones de contención distintas, podríamos observar cómo aparecen dificultades durante la manipulación de la carga.

Este segundo caso se traduce en un elevado protagonismo de los costes relacionados con la estancia en puerto (suma de los costes directos de puerto y operaciones de carga/descarga) en el total de los costes de explotación del buque, y consecuentemente sobre el valor del flete que el usuario ha de pagar.

La importancia de ese “factor puerto” va a venir dada por dos hechos relevantes:

- El elevadísimo valor de los costes de carga/descarga (C/D).
- Estadías en puerto de elevada duración, que conducirán a un incremento de los costes de puerto proporcionales al tiempo y a una mayor repercusión de los costes fijos del buque.

Al mismo tiempo, y por parte del buque, se presentan como soluciones a estos hechos las siguientes:

- Incremento de la productividad de las labores de carga/descarga (C/D).
- Mayor adecuación de la infraestructura del buque.

La disposición de un sistema automatizado para la manutención de paletas refrigeradas en un buque frigorífico, constituirá un ejemplo de lo redactado en el punto anterior.

## **2. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA EN ESTE TIPO DE BUQUES. EVOLUCIÓN FUTURA**

Dentro del marco enunciado, y en un intento de clarificar los retos específicos que el transporte marítimo plantea a los sistemas de carga y descarga, se deben tener en cuenta los aspectos problemáticos que presentan los sistemas de acceso, los de transferencia, los espacios para la contención de la carga y los sistemas de estiba y trincaje de la mercancía.

No parece ser el punto débil de nuestros sistemas de C/D, el correspondiente a los accesos. Sin embargo, sí constituirán aspectos a reformar, las unidades de transferencia y los sistemas de estiba-trincaje. Los primeros, haciéndolos más eficaces, mientras que para los segundos, el continuado avance en el proceso de formación de unidades de carga y la posible adopción de sistemas normalizados de estiba-trincaje conducirá a mejoras sustanciales en el proceso de transferencia.

En el futuro constituirán líneas de evolución aspectos tales como:

- Preponderancia de los medios de transferencia horizontales, respecto a los verticales.
- Sustitución, dentro de lo posible, de sistemas de transporte existentes discontinuos, por sistemas que adopten el principio del transporte continuo.
- Desaparición de los sistemas de estiba no normalizados.
- Desarrollo por parte de los sistemas de estiba semi-normalizados de aspectos tales como la mecanización del proceso de trincaje.
- Tendencia general a la automatización de los procesos.

### **3. SISTEMAS TERRESTRES DE MANUTENCIÓN AUTOMATIZADA. APLICABILIDAD E INFLUENCIA SOBRE EL BUQUE**

#### **3.1 APLICABILIDAD:**

Planteadas así las cosas, parecerá clara una mejora generalizada de las prestaciones de nuestros equipos. En esta línea habrá que considerar con especial atención las tendencias de evolución existentes en lo referente a sistemas de mantenimiento de aplicación en tierra. Siendo este mercado mucho más dinámico que el naval, por una mera cuestión de factor de escala, parece razonable que una parte importante de las innovaciones surgidas en la mantenimiento terrestre se puedan adaptar a su instalación en unidades marinas.

Las ventajas que se podrán obtener con la aplicación de procesos automatizados a bordo de buques de carga van a ser de tres tipos:

- Incremento de la cota horaria de carga/descarga alcanzada, con la consiguiente reducción en los tiempos de estancia en puerto del buque, durante las operaciones.
- Reducción en la incidencia de la mano de obra de estibadores en las operaciones, con el consiguiente descenso en la factura del personal portuario.
- Disminución de las necesidades de utilización de material auxiliar en las labores portuarias y reducción del coste de utilización de este material.

La aplicación de técnicas y elementos de control ha permitido a ciertos equipos de mantenimiento evolucionar hacia usos sin operador, convirtiéndose en equipos de funcionamiento automatizado. La integración de varios de estos equipos bajo el mismo principio de operación, constituye lo que denominamos instalaciones de mantenimiento automática. La aplicabilidad a unidades marinas de componentes como los sistemas para el transporte interior a la zona de almacenaje, los métodos de almacenaje o los equipos de mantenimiento, vendrá dada por los siguientes condicionantes:

- Posibilidad de funcionamiento bajo condiciones definidas de escora y trimado.
- Operación bajo condiciones cambiantes de quebranto o arrufo.
- Posibilidad de adaptación física a los accesos del buque y a los espacios de carga.
- Sensibilidad de los equipos ante la presencia de campos magnéticos perturbadores.
- Comportamiento de los equipos y estructuras bajo la acción de las aceleraciones producidas durante la navegación.
- Resistencia general al ambiente marino.

### **3.2 INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE MANUTENCIÓN AUTOMATIZADA SOBRE LA CONCEPCIÓN DEL BUQUE:**

Nuestro intento de analizar la influencia que estos sistemas de mantenimiento automatizada van a tener sobre la concepción del buque, nos lleva a plantear un estudio de aplicación a un tráfico específico, y en este caso al de la carga refrigerada. La necesaria estructuración de las conclusiones obtenidas nos permite agrupar estas en; "repercusiones sobre los sistemas de acceso y transferencia de la carga", "repercusiones sobre los espacios de contención de la carga, la estiba y el trincaje" y "repercusiones sobre los sistemas generales del buque".

#### ***3.2.1 Repercusiones sobre los sistemas de acceso y transferencia de la carga.***

Los sistemas de acceso y transferencia constituyen los componentes del medio en que se realiza el movimiento de estas mercancías entre la bodega y el muelle. Si consideramos como posible la aplicación de los sistemas automáticos ya descritos, surgirá la necesidad de convivencia dentro del marco del medio, de cuatro componentes, que serán:

- Los sistemas de acceso.
- Los sistemas de transferencia de la carga.
- Los sistemas de transporte interior a la zona de almacenaje.
- Los equipos de mantenimiento del almacén que atenderán las estructuras necesarias para el almacenaje.

Vemos por tanto, que de considerar el medio tradicional de transferencia de la carga existente en un buque de carga general, a otro en que se pretenda automatizar este proceso, el medio se complica enormemente.

Nuestro sistema de almacenaje automatizado, al estar dotado de un sistema de transporte interior que se hará cargo de la mercancía al ser recibida ésta a bordo, tendrá un efecto importante sobre los sistemas de transferencia y de acceso. De hecho el sistema de transferencia del buque deberá únicamente mover la carga desde un punto del muelle próximo al costado, hasta la zona de recepción de las mercancías situada en el entrepuente del buque.

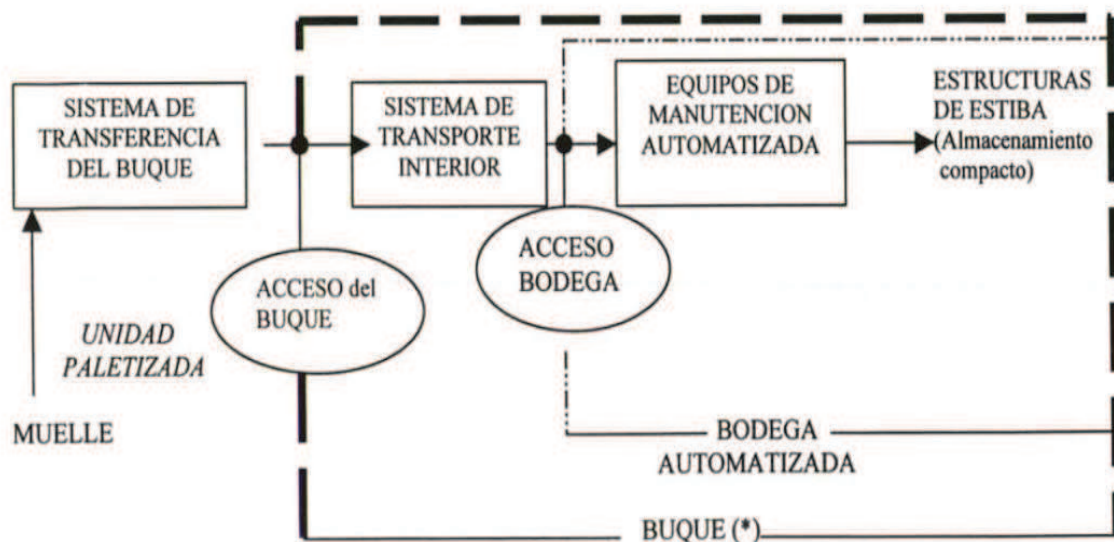


Figura 1: Zona de automatización del proceso (\*)

Existirán dos consecuencias de esta nueva disposición del proceso de transferencia de la carga sobre los sistemas de transferencia y accesos del buque:

- Disminución de los equipos de transferencia necesarios, debido a que se dota al buque de un sistema de transporte interior de funcionamiento automatizado.
- Reducción en el tamaño de los accesos del buque, tanto de casco como interiores, consecuencia de que los sistemas de transferencia no tienen que acceder al espacio de estiba de la carga.

La sustitución, o mejor dicho, el desdoblamiento del proceso de transferencia de la carga en dos movimientos realizados por equipos diferentes, trae consigo estos dos hechos anteriores, a la vez que se consigue que cada sistema sea más adecuado a la función a realizar. Los accesos del buque deberán permitir únicamente el acceso de la carga, y nunca deberán ni adaptarse a las necesidades de estiba, como si se tratase de un proceso de transferencia vertical tradicional, ni permitir el paso del equipo de transferencia horizontal llevando la carga, como se haría en el caso de un sistema Ro-Ro.

Otra consecuencia de la influencia que el sistema de manutención automatizada va a ejercer sobre el sistema de transferencia va a ser que ahora el dimensionamiento de la productividad horaria de este equipo nos vendrá impuesto por las necesidades del sistema de transporte interior más las del sistema de almacenaje automatizado, debiendo subordinarse el sistema de transferencia a las demandas de éste.

### ***3.2.2 Repercusiones sobre los espacios de contención de la carga, la estiba y el trincaje.***

En cuanto al método de almacenaje se ha propuesto la posibilidad de utilizar un sistema de almacenaje compacto, o dinámico, dependiendo de la selectividad que deseemos. Como un sistema en cierto modo híbrido entre ambos, se puede señalar que el sistema de almacenaje compacto con utilización de un carro transbordador dinámico, permitirá aunar ventajas de ambos sistemas. La distribución de las estructuras de almacenaje, se hará de tal forma que se deje libre un pasillo central longitudinal, por el que se desplazará el transelevador. Estas estructuras llevarán dispuestos unos carriles de rodadura, que permitirán a un carro de transporte o satélite desplazarse hasta situarse por debajo de la primera paleta que exista en la celda, siendo ésta corrida desde crujía hasta el costado de la bodega. El carro de transporte o satélite, se situará en reposo en el interior de la plataforma del transelevador, a modo de horquilla telescópica.

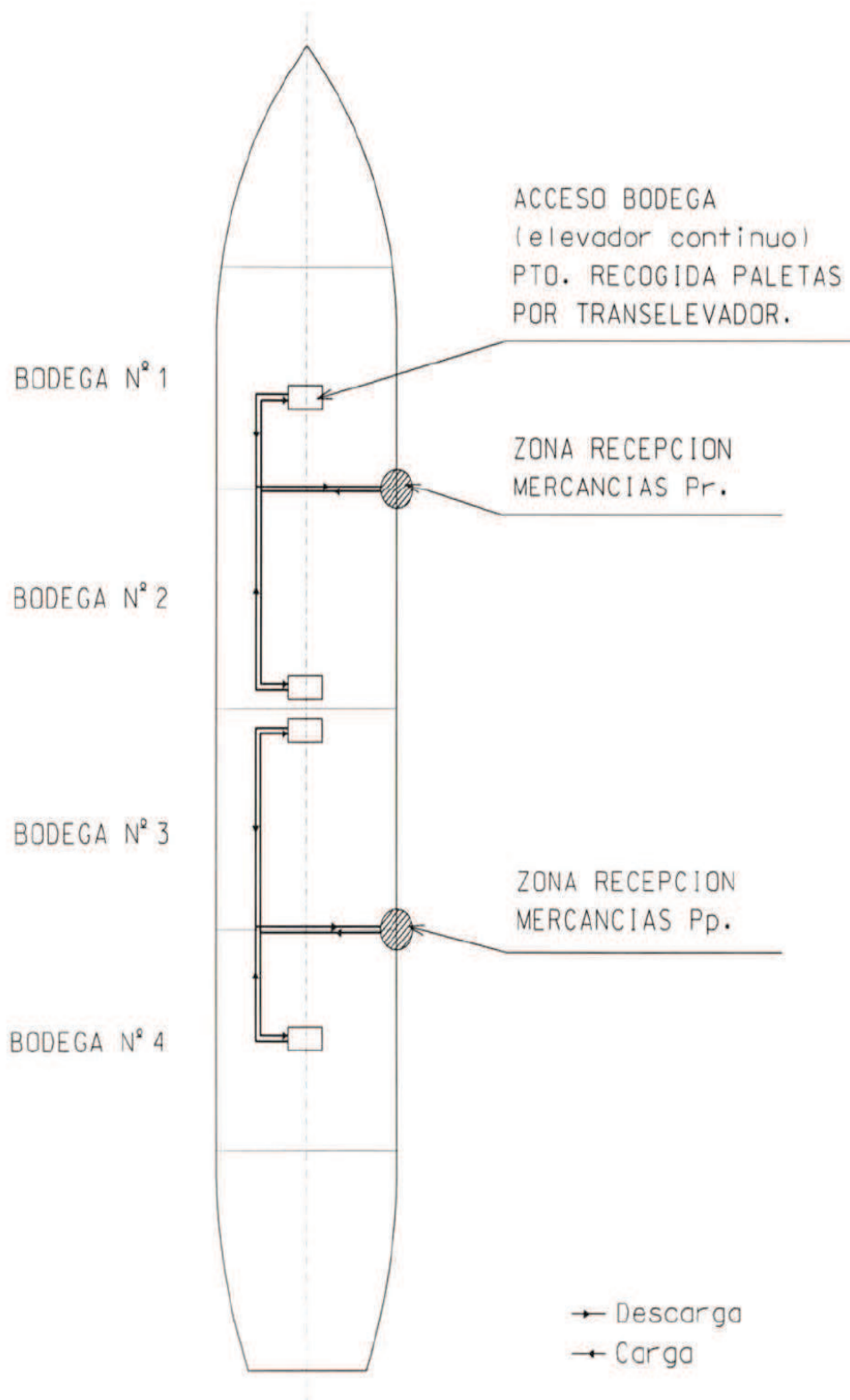


Figura 2: Esquema de flujo de mercancías a bordo



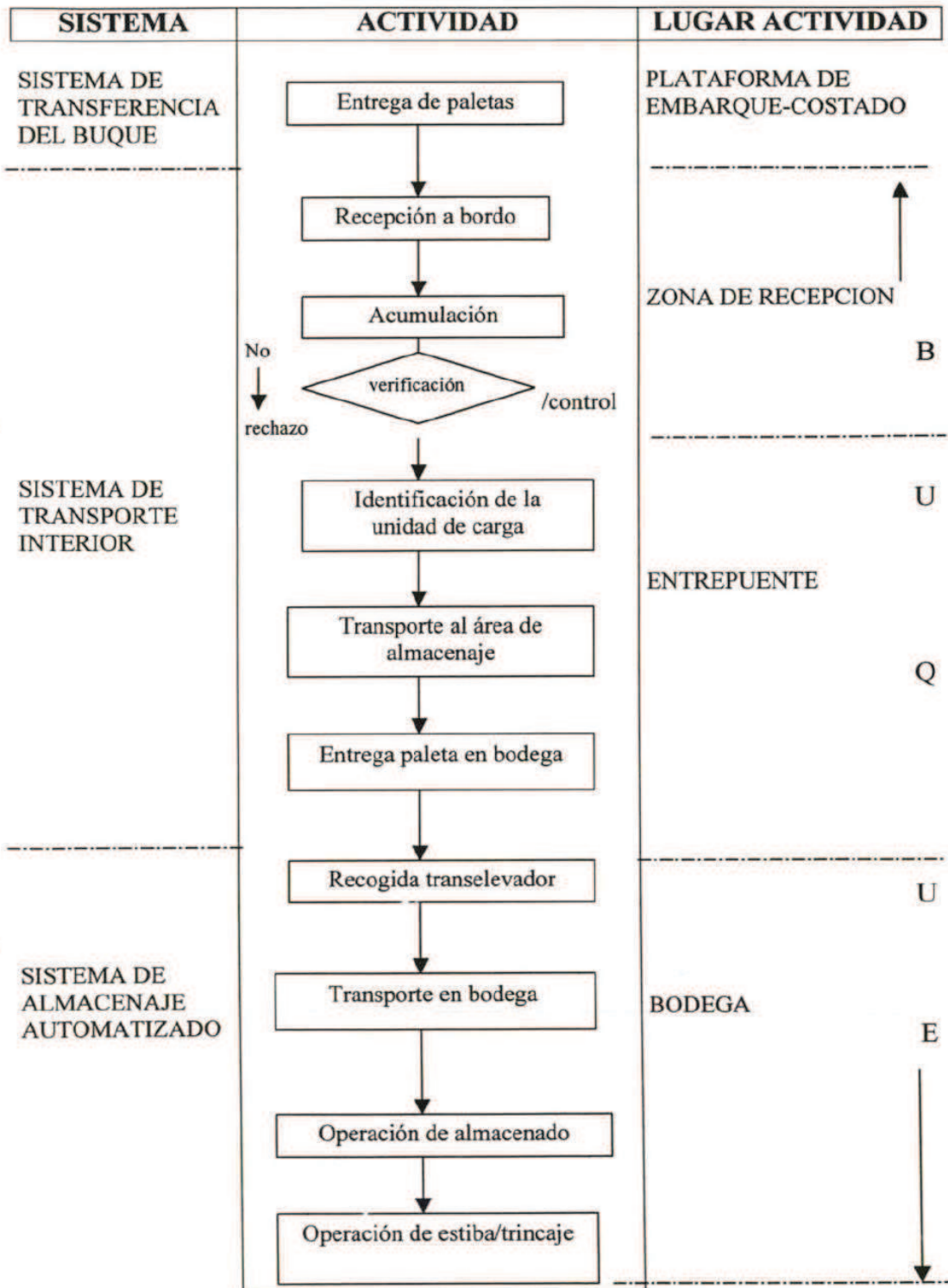


Figura 3: Flujo de actividades

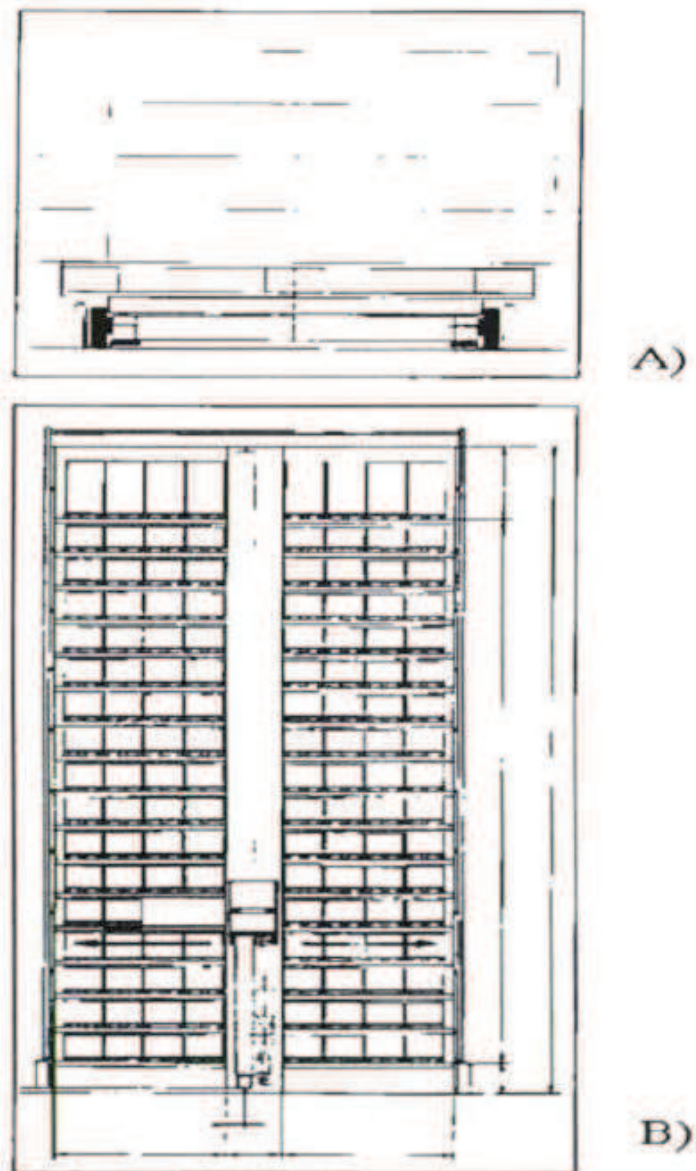


Figura 4: Transelevador dotado de carro elevador o satélite.

A) Detalle carro transbordador.

B) Sección transversal almacén.

La utilización de un sistema como el descrito va a acarrear como ventajas las siguientes:

- Mejor aprovechamiento del espacio de almacenaje disponible, debido a la existencia de un único pasillo de trabajo, y a la inexistencia de las consecuentes cuñas de espacio vacío del sistema dinámico.

- Mayor facilidad para la estiba de las paletas y reducción de los empujes entre ellas, debido precisamente a la horizontalidad de los montantes de la estantería.
- Flexibilidad del sistema para adaptarse a zonas de almacenaje con "formas" del buque muy acusadas.

Se podrá afirmar que un equipo de mantenimiento automatizado, tal como es el caso del transelevador, podrá operar en el interior de la bodega de un buque siempre y cuando se cumplan los requisitos siguientes:

- Control del adrizado del buque, de modo que los valores de los ángulos de escora y trimado sean inferiores a unos prefijados.
- Control de las deformaciones estructurales que se produzcan en el buque en esa zona, y en su defecto existencia de un sistema del tipo flotante que permita al transelevador absorber estas variaciones en dimensiones.
- Modificación del sistema de transmisión de datos de control, de forma que sea posible el funcionamiento del equipo en el interior de un espacio metálico, cerrado y con infinidad de posibles interferencias electromagnéticas.

Trataremos a continuación los tres requisitos anteriores con mayor amplitud.

### **3.2.2.1 Control del adrizado del buque**

Aunque en principio parezca altamente crítico para el funcionamiento correcto del equipo el mantener el buque "adrizado", ello no resultará así, ya que cualquier situación de escora y/o trimado del buque implicará necesariamente que el conjunto de estructuras de almacenaje-transelevador se mueva conjuntamente, manteniendo de este modo las posiciones relativas entre ellos. Este último aspecto será de esencial importancia ya que de no ser así se producirían desajustes en el enfrentamiento "transelevador-celda", afectando necesariamente al funcionamiento de la instalación.

El efecto más importante del funcionamiento de la instalación bajo estas condiciones se manifestará en la inestabilidad de las paletas, en sus movimientos de transporte

en el satélite, o en el propio transelevador en sus movimientos de recorrido en longitud y altura. Dentro de este último concepto de estabilidad de la carga a mover dentro de la plataforma del equipo, va a resultar de gran dificultad el determinar de forma empírica este valor, sin embargo diseñadores de estos equipos se muestran cautos y proponen como valores admisibles para estos ángulos de inclinación cifras siempre inferiores a un grado. Manejando valores de inclinación en este entorno citado, nos encontraremos con situaciones de esfuerzos sobre apoyos o en los órganos de tracción y frenado perfectamente admisibles por un transelevador de diseño y construcción terrestres.

### **3.2.2.2 Control de las deformaciones estructurales de la instalación**

La reglamentación relativa a los transelevadores, sus "tolerancias y cotas libres en almacenes de gran altura", contenido en las normas "UNE 58911:2002" y "UNE-EN 528:2009", nos servirá de base para determinar los valores máximos que tomarán estas a la hora de su montaje a bordo. Ello nos obligará a cuidar ciertos aspectos que permitan la operación de estos equipos.

Las tolerancias, según la propia norma indica, resultarán de los siguientes componentes:

- Cubierta
- Carril de rodadura
- Perfil de guía
- En el control de gálibo
- Estructura de estanterías

### **3.2.2.3 Sistema de transmisión de datos de control**

El estar considerando un espacio de configuración metálica va a hacer que el proceso de transferencia mediante radiofrecuencias habituales se vea dificultado. Ante esta situación se podrán adoptar otras alternativas de transferencia:

- Transmisión mediante cable hasta el equipo de manutención empleado.
- Aplicación de un sistema de transmisión mediante rayos infrarrojos.

- Transmisión mediante un sistema formado por una antena continua y una emisión en muy alta frecuencia, sistema conocido como hilo radiante.

La primera de las alternativas propuestas será de aplicación en equipos de manutención del tipo estático. Ello nos obligará a utilizar en el caso de los transelevadores, cualquiera de las dos alternativas siguientes, siendo cualquiera de ellas igualmente válida.

La aplicación al caso marino obligará a realizar modificaciones en las estanterías, éstas necesariamente deberán venir dadas por la consideración de los denominados, u., efectos dinámicos.

- Escantillado de los elementos primarios y secundarios bajo principios de acción dinámica, así como componentes del conjunto de estructura del buque.
- Adaptación de los enlaces entre elementos, de modo que éstos utilicen sistemas de unión inalterables o fijos (tornillos, soldadura, etc)
- Consideración del aspecto de protección contra la corrosión al considerar la bodega como en ambiente agresivo.
- Necesidad de disponer elementos de estiba y trincaje adicionales. Estos se fijarán sobre los elementos de la estructura e inmovilizarán a la paleta durante la navegación.

La disposición de estructuras metálicas en el interior de las bodegas de un buque de carga general, no hará sino asemejar a éstas a las que hay en un portacontenedores. Ya que el sistema funciona correctamente en este tipo de buques, nada parece indicar que con otro tipo de cargas no sea así.

La instalación de equipos como los propuestos necesariamente influirá sobre la concepción del buque. Aspectos como el compartimentado, o espacios como las bodegas se verán influidos.

Se podrá decir que la bodega que contenga el sistema de almacenaje considerado deberá tratarse en su diseño bajo una filosofía modular, esto significará que aspectos tales como son el dimensionamiento, la configuración geométrica y

estructural así como la disposición de la estructura metálica interna, deberán considerarse siempre bajo la circunstancia de contención de una carga de tipo modular. La situación, en cierto modo, se asemejará a la que se le presenta a un proyectista que desee diseñar las bodegas de un portacontenedores, sólo que aquí se va a contar con la ventaja estructural de que el buque va a ser en cubierta del tipo cerrado.

Un planteamiento de dimensionamiento como el realizado corresponde al de un buque de volumen. Ello contrasta con el planteamiento conceptual del buque frigorífico clásico en donde se fija como objetivo a alcanzar la maximización de la superficie de cubiertas. Desde luego este planteamiento adaptado a las necesidades de un método clásico de estiba en bloque, presentará la ventaja adicional de proporcionar al buque un compartimentado que podrá favorecer la existencia de muchos espacios que pueden ser mantenidos a diferentes temperaturas, ello indudablemente permitirá el transporte de una carga del tipo heterogénea. Aspecto este, en que nuestra instalación demandará una carga homogénea o que casi lo sea.

Avanzando en esta necesidad de adaptación del buque al proceso de transferencia escogido, analizamos ahora los condicionantes respecto a la situación de las superficies que delimitan los espacios del buque (mamparos transversales, longitudinales y cubiertas) y tanques.

Buques frigoríficos de un tamaño estándar de 500.000 pies cúbicos presentan en la actualidad un compartimentado transversal tendente a definir cuatro espacios transversales de carga. Viene a cuento la cita anterior ya que nuestro sistema de transferencia automatizado nos va a demandar un compartimentado del buque tendente a alcanzar los mayores volúmenes diáfanos posibles. Este hecho se va a materializar en el mayor espaciado posible entre mamparos transversales, de modo que los espacios destinados a la carga presenten la mayor de las esloras continuas alcanzables. La explicación de este hecho resultará evidente ya que la operación de los transelevadores, así como el aprovechamiento de los espacios, se mejora de esta manera.

- Mamparos longitudinales: buscando alcanzar el objetivo marcado y a la vez aprovechando la posibilidad que ofrecen estos equipos de trabajar indistintamente a ambos laterales, conviene situar los transelevadores en crujía, contando con los espacios libres hasta los costados.
- Cubiertas: el principio de almacenaje compacto nos permitirá el prescindir del compartimentado en sentido horizontal, a la vez nos interesará el alcanzar los diez metros de altura mínima del espacio de forma que sea rentable la utilización de equipos de estiba en altura, denominación ésta como son conocidos los transelevadores.
- Tanques: el necesario sistema de corrección de la escora y el trimado nos conducirá a la necesidad de disponer tanques laterales y centrales, adicionales a los ya existentes en el doble fondo. Necesariamente este hecho afectará a la disposición de tanques.

### ***3.2.3 Repercusiones sobre los sistemas generales del buque.***

Nuestro sistema de control de la carga va a constituirse mediante la incorporación de cuatro sistemas, cuyas funciones de supervisión y control se integrarán en la misma consola, denominando a ésta "consola de control de la carga". Los cuatro sistemas componentes serán:

- Sistema de gestión de las operaciones de transferencia
- Sistema de lastre
- Sistema de conservación de la carga
- Sistema de estiba y trincaje

Al contrario de lo que ocurre en el caso de buques que transporten graneles, en buques dedicados al transporte de la carga general, no existe como tal el sistema de control de la carga. Esto se debe al hecho claro de la práctica inexistencia de equipos coordinados para atender el proceso de transferencia. Nos surge ahora la necesidad de contar con un sistema que centralice en un puesto de control las funciones de control y supervisión de los sistemas relacionados con la carga.

El sistema de lastre en un buque dotado de un sistema de manutención automatizada va a cumplir una doble función en puerto y en la mar:

- Corregir desequilibrios durante el embarque/desembarque de las paletas refrigeradas que impiden el normal funcionamiento de los transelevadores.
- Proteger la carga durante la navegación, al reducir las aceleraciones.

Necesariamente el cumplimiento del segundo de los objetivos, va a llevar a la obligación de instalar un sistema de tipo dinámico, formado por un servicio de lastre que mediante las correspondientes bombas centrífugas trasegará agua salada entre los tanques de doble fondo. El efecto buscado será el de situar el buque en unas determinadas condiciones en cuanto a escora y trimado (generalmente ambos con valores inferiores al grado) de forma que se cumplan las condiciones de operación de los transelevadores. También se deberá contar con un sistema de corrección de la escora y el trimado, de forma que se puedan corregir los desequilibrios que necesariamente se van a producir durante el proceso de carga. A la vez van a cumplir funciones como equipos estabilizadores, durante la navegación del buque.

Como tendremos ocasión de ver a continuación, la utilización de un sistema de almacenaje diferente, obligará a introducir variaciones de vital importancia en este servicio del buque.

En cuanto al sistema de refrigeración, ahora necesariamente los conductos de distribución deberán variar su disposición ya que el compartimentado y por tanto el tamaño del local, es muy distinto a la solución tradicional. Ahora no contaremos con los mencionados enjaretados para realizar la circulación del aire bajo ellos. Sin embargo, los requisitos operativos del transelevador nos obligan a dejar zonas libres en las partes baja y alta de las estanterías metálicas. Esos espacios de alturas respectivas de 750 y 600 mm permitirán la situación de colectores de distribución del aire refrigerado. Al mismo tiempo, los huelgos existentes lateralmente entre las estanterías de estiba y los costados del local son adecuados para la disposición de conductos de distribución.



Otra circunstancia específica del almacenaje compacto y que favorecerá grandemente la libre circulación del aire enfriado alrededor de las paletas, serán los huecos libres existentes entre ellas. Las necesidades del sistema de almacenamiento favorecerán en este caso el enfriamiento rápido inicial de todo el producto contenido en la bodega.

#### **4. ANÁLISIS DEL TIEMPO DE ESTANCIA EN PUERTO (ESTADÍAS) DE UN BUQUE FRIGORÍFICO TRADICIONAL:**

Prácticamente no existe ninguna publicación actual que haya analizado los tiempos que permanecen los buques en puerto. Una de las fuentes más fiables, aunque ya algo desfasada, es la representada en el siguiente cuadro en el que se pueden apreciar los valores típicos de viajes de distintos tipos de buques:

<i>Tipo de buque</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Dur. Viaje (Millas)</i>	<i>Escalas por viaje</i>	<i>% estancia en puerto</i>
Bulkcarrier grande	110.000 GT	10.000	2	23
Bulkcarrier pequeño	25.000 GT	11.000	4	31
Ro – Ro	90 Remolques	800	2	33
Portacontenedores	2.300 TEU	12.000	6	29
Costero	3.000 GT	1.400	2	45

FUENTE: Buxton, Daggitt y King – CARGO ACCESS EQUIPMENT FOR A  
MERCHANT SHIP

El tiempo de estancia en puerto de los buques anteriores, dependerá de diversos factores, de los que podemos destacar:

- Medios de carga y descarga propios del buque.
- Medios de carga y descarga de los puertos visitados.
- Tipo de mercancía transportada.

- Número de viajes realizados.
- Número de escalas por viaje.
- Existencia de líneas regulares.

A primera vista, y de forma intuitiva, se aprecia que tanto la propia carga, como los medios relacionados con el manejo de la carga, van a ser factores decisivos en el tiempo de plancha, en el caso de los buques “tramp”. Y aunque no se observe de forma tan intuitiva, también influirá el número de escalas, ya que los barcos que realicen viajes más largos, realizarán menos escalas, y por lo tanto estarán menos en puerto.

En el caso de las líneas regulares, con sus horarios preestablecidos, el tiempo de puerto ya estará marcado por otros intereses.

Pero, ¿cuál es el tiempo de estancia en puerto de un buque frigorífico convencional?. Ante la ausencia de estudios y datos publicados, se ha procedido a analizar los años navegados por uno de estos buques. El buque elegido ha sido el M.V. “Star First”, de la compañía “Grace Ocean Private Limited”, y con puerto de registro de Singapore. De los datos actuales proporcionados por la compañía naviera, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Porcentaje de días totales en puerto: 28 %
- Número de escalas por año: 81
- Número de puertos visitados por año: 6
- Número de escalas por puerto: 13

En el caso del 2011 y 2012 los seis puertos visitados por este buque fueron:

- Antwerp, Belgica
- Abidjan, Costa de Ivory
- Douala, Camerún
- Tema, Ghana
- Dakar, Senegal
- Dover, Reino Unido

De estos puertos, el más visitado fue Abidjan y el menos visitado fue Antwerp.

## **5. INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE MANUTENCIÓN AUTOMATIZADA SOBRE LA OPERATIVIDAD DEL PROCESO Y LA EXPLOTACIÓN:**

Un análisis completo de viabilidad de la aplicación de un sistema de mantenimiento automatizada deberá incluir aspectos operativos y económicos. En consecuencia, la deseada mejora de los aspectos operativos, esto es, mayor cota de transferencia horaria alcanzada con la consiguiente reducción en costes portuarios, deberá contraponerse con las modificaciones en los aspectos del coste de construcción y la reducción del espacio de bodega disponible.

### **5.1 *Repercusiones operativas.***

La aplicación de un método de almacenaje compacto sobre el sistema más simple de apilamiento en bloque, significa una pérdida de volumen de carga importante. No obstante, en el caso particular de transporte de productos perecederos en una atmósfera refrigerada, este hecho no será tan claro por varios motivos:

- Para el caso de almacenamiento en bloque se precisa compartimentar el buque por cubiertas, lo que significará una pérdida de espacio de almacenaje.
- La debida conservación del producto hace necesario dejar unos espacios libres entre paletas, de este modo se garantiza la circulación de aire enfriado. En el caso de almacenaje en estanterías los huecos existentes entre éstas y la carga, permitirán este hecho.

En cualquier instalación de almacenaje se hará necesario conocer dos ratios que nos indicarán la eficacia de la instalación: los coeficientes de utilización de espacio y de volumen. El correspondiente proceso de cálculo conducirá a la obtención de estos valores para los espacios de bodega de un buque frigorífico de 640.000 pies cúbicos. Esta aplicación nos permitirá convertir las capacidades del buque en volumen, a capacidades de almacenaje en bloque. Los resultados se indican en la siguiente tabla:

<b>REPERCUSIONES OPERATIVAS</b>		
	<b>BUQUE TRADICIONAL (*)</b>	<b>BUQUE AUTOMATIZADO</b>
VOLUMEN DE BODEGA (PALETAS)	5.600	4.676
RITMO DE DESCARGA HORARIA (PALETAS/HORA)	320	480

El conocimiento del ritmo de transferencia horaria del sistema, terminará de determinarnos la capacidad operativa del buque. La cota horaria de descarga será el resultado de la composición de los ritmos de transporte de los tres sistemas que intervienen en el proceso, debiendo los dos primeros adaptarse al ritmo de trabajo marcado por los transelevadores de las bodegas. La norma UNE 58912:2004 constituye un método contrastado para el cálculo de este último valor. La tabla siguiente nos proporciona un resumen de los valores de operación de la instalación propuesta:

*(\*) Valores correspondientes a un buque de 640.000 p.c. dotado de medios de transferencia verticales y tapas de escotilla, interviniendo en la descarga una mano por grúa (8 hombres) y realizándose esta con cuatro grúas del buque y jaulas para cuatro paletas.*

## **5.2 Repercusiones sobre la explotación.**

En lo referente a las *repercusiones sobre la explotación* se ha realizado un estudio comparativo de los resultados obtenidos en la explotación de tres versiones de buque frigorífico, con la característica común de poseer una capacidad de bodega de 640.000 pies cúbicos:

- Convencional: pallet “friendly” con escotillas y sin medios propios de carga y descarga.
- Convencional con medios de carga y descarga: el buque anterior pero dotado con grúas de pluma en cada escotilla.
- Con medios de C/D automatizados, buque sin cubiertas intermedias, acceso de la carga mediante elevador y uso de sistemas de manutención automatizada en el interior.

La primera de las variantes no se da con frecuencia, pero nos permitirá obtener conclusiones respecto a la conveniencia de utilizar medios de carga y descarga propios, o portuarios. Para ello se han considerado viajes de diversas distancias, correspondientes a la matriz de orígenes/destinos de estos tráficos. Todo ello se ha realizado al objeto de valorar la incidencia de la detención del buque en puerto, en función de los medios empleados en las operaciones. A diferencia de lo que ocurre con otros buques que manejan graneles líquidos y sólidos, la mecanización de la transferencia se referirá a ambas operaciones, la carga y la descarga.

<b>DATOS TÉCNICOS BUQUE</b>	<b>C/D CON MEDIOS PROPIOS</b>	<b>C/D CON MEDIOS PUERTO</b>	<b>C/D CON MEDIOS AUTOMATIZADOS</b>
<i>ESLORA TOTAL (m)</i>	162.5	162.5	162.5
<i>ESLORA ENTRE PERPENDICULARES (m)</i>	150	150	150
<i>MANGA (m)</i>	26	26	26
<i>PUNTAL (m)</i>	14	14	14
<i>CALADO (m)</i>	10.09	10.09	10.09
<i>PESO MUERTO (TPM)</i>	13500	13500	13500
<i>CAPACIDAD BODEGAS (p.c.)</i>	640000	640000	640000
<i>PALETAS ALMACENADAS (1 x 1,2 x 1,8 m)</i>	5600	5600	4676
<i>MOTOR (BHP)</i>	21515	21515	21515
<i>VELOCIDAD EN PRUEBAS (NUDOS)</i>	23	23	23
<i>AUTONOMIA (MILLAS)</i>	18300	18300	18300
<i>POTENCIA AUXILIARES (CV)</i>	2x1430, 2x2280	2x1430, 2x2280	2x1430, 2x2280
<i>DEMANDA ELÉCTRICA PARA C/D (KW)</i>	-	320	
<i>RITMO C/D HORARIA (PALETAS/HORA)</i>	320 (1)	336 (2)	480 (3)
<i>TIEMPO NECESARIO OPERACIONES (H)</i>	19	18	12

(1) *Contando con medios portuarios, cuatro grúas de 16 tons, e igual número de manos.*

(2) *Medios propios, cuatro grúas electro-hidráulicas de 20m. de alcance y 8 tons. de SWL, con jaula para cuatro paletas.*

(3) *Sistema automatizado propuesto, dos transelevadores por bodega, cuatro bodegas.*

## 6. DATOS ECONÓMICOS:

La operación de los buques indicados, con independencia de los viajes a realizar, nos conducirá a la consideración de los siguientes componentes del cuadro de costes **(cantidades consignadas en millones de euros):**

BUQUE	C/D CON MEDIOS PROPIOS	C/D CON MEDIOS PUERTO	C/D CON MEDIOS AUTOMATIZADOS
PRECIO DEL BUQUE (1)	45	48	44
TRIPULACIÓN (2)	0.53	0.53	0.63
SEGUROS (3)	1.02	1.20	1.01
REPARACIONES Y MANTENIMIENTO (4)	1.30	1.36	1.29
PERTRECHOS Y PROVISIONES (5)	0.11	0.12	0.11
GASTOS PORTUARIOS / VIAJE (6)	0.09	0.08	0.04
GASTOS GENERALES (7)	0.19	0.19	0.19

- (1) *Buques entrega finales 2009*
- (2) *16 tripulantes, condiciones correspondientes a un registro abierto*
- (3) *2.5 % del precio de construcción*
- (4) *Evaluado según la expresión propuesta por Bendford (Ref.Bibli.8)*
- (5) *Evaluado según la expresión propuesta por Metra Seis (Ref.Bibli.8)*
- (6) *Valor considerado sin descuentos por número de estancias anuales. Tarifas correspondientes al puerto de Marín (España) y a su terminal de frutas*
- (7) *Correspondientes a una compañía con ocho buques de dimensión de flota*

Un aspecto destacable será el debido al hecho de que los costes de capital, al contrario de lo que parece a primera vista, serán menores en el caso del buque automatizado. Este suceso se justifica debido a que el precio de construcción de un buque tipo “pallet friendly” convencional se ve penalizado por tres hechos claros:

- Compartimentado del buque por cubiertas, lo que significará un incremento considerable del precio de acero.
- Gastos adicionales en aislamiento y enjaretados.
- Disposición de multiplicidad de escotillas en los entrepuentes.

Para hacer homogénea la comparación de los costes de transporte desde el puerto de carga hasta situarla en el muelle de descarga, se ha incluido en los gastos portuarios del buque convencional, el coste estimado de la operación de C/D (alquiler de grúas y utillaje, más coste de la mano de obra de los estibadores). Y en el caso del buque con medios propios sólo se ha incluido la última partida, ya que cuenta con medios verticales de transferencia. En el tercer caso, el del buque frigorífico automatizado, ambas partidas componentes de los costes de carga/descarga se anularán.

En la última alternativa se producirá una reducción en los ingresos por viaje, motivada por la reducción de la capacidad de transporte (16.5%).

El tiempo de estancia en puerto de los buques, variará para cada tipo, dependiendo del sistema de C/D utilizado. En estos tiempos se han tenido en cuenta los tiempos muertos provocados por los buques (entradas, salidas, maniobras...), así como los tiempos específicos de los sistemas de cada tipo de buque. Los tiempos muertos antes mencionados se han considerado idénticos en las tres alternativas.

Los gastos de tripulación se consideran superiores en el buque automatizado, ya que al estar dotado de mayor sofisticación, exigirá mayor preparación por parte de la dotación.

**Desglose de los gastos portuarios por viaje (cantidades consignadas en millones de euros):**

BUQUE	C/D CON MEDIOS PROPIOS	C/D CON MEDIOS PUERTO	C/D CON MEDIOS AUTOMATIZADOS
COSTES DIRECTOS DE PUERTO	13.18	12.63	12.13
COSTES DE CARGA/DESCARGA	25.21	21.06	----
GASTOS E IMPUESTOS SOBRE LA CARGA	10.3	10.3	10
TOTAL POR ESCALA	49.7	45	20
TOTAL POR VIAJE	97.4	88	44

- (1) *Valores consignados correspondientes a la terminal frutera de Marín*
- (2) *Gastos sobre la carga calculadas para plátanos*
- (3) *No incluido almacenaje posterior*
- (4) *Los viajes analizados se llevan a cabo desde Guayaquil (Ecuador), hasta Marín (España)*

## **7. CONCLUSIONES:**

- Los costes de carga y descarga totales por viaje serán menores cuando se utilicen los medios portuarios en lugar de los medios propios, y aun mucho menores cuando se usen los sistemas automatizados propuestos.
- El tiempo de estancia en puerto va a depender del número de escalas por cada viaje realizado. Evidentemente, los buques que realicen un número pequeño de viajes al año, harán viajes más largos, y su porcentaje de estancia en puerto será menor que el de los barcos que hagan más viajes a lo largo de su vida operativa.
- Los ratios de carga y descarga de las paletas variarán dependiendo de la pericia de los estibadores de cada puerto. En Sudáfrica se obtienen unos rendimientos de carga y descarga medios de 43 paletas/hora, mientras que en el puerto de Marín se elevan a 84 paletas/hora.
- Teniendo en cuenta que se mueven cuatro pallets por cada jaula, se llevan a cabo de diez a veinte movimientos de grúa por hora.
- Un buque frigorífico de este tipo pasará la cuarta parte de su vida operativa detenido en puerto.
- Se deben adaptar los equipos terrestres de manutención a los medios marinos, ya que es técnicamente posible, y además mejoraría las condiciones de explotación.
- Se debe llevar a cabo la optimización de los procesos de carga y descarga en los puertos.
- La evolución futura de los sistemas de carga y descarga determinará la preponderancia de los medios de transferencia horizontales frente a los verticales.



- El transporte continuo debe sustituir al discontinuo.
- Debe existir uniformización de los medios de manutención utilizados con independencia del medio de transporte del que se trate.
- En los sistemas de estiba y trincaje deben desaparecer los sistemas de estiba “no normalizados” y se debe desarrollar la mecanización de los procesos de trincaje.

## 8. BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Alderton P. *Port Management and Operations (Third edition)*. 2008. Lloyd's Practical Shipping Guides
- 2) Autoridad Portuaria de Marín y Ría de Pontevedra. 2010. *Memoria Anual 2009*. Puerto de Marín.
- 3) Autoridad Portuaria de Vigo. 2011. *Memoria Anual 2010*. Puerto de Vigo.
- 4) Buxton IL, Daggit, King J. 1978. *Cargo access equipment for merchant ships*. Spon Limited.
- 5) Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo. 2011. *El transporte Marítimo en 2010*. UNCTAD
- 6) Instituto Internacional del Frío. 2002. *Guía del transporte frigorífico*. IIF
- 7) Meizoso Fernández M., Azpiroz Azpiroz, JJ., Alvariño Castro R. 2007. *Proyecto básico del buque mercante (2ª edición)*. COIN
- 8) Morán Fernández, F. 1995. *Los Costes de explotación del Buque*. COMME
- 9) Norma UNE-EN 528:2009. *Transelevadores. Seguridad*
- 10) Norma UNE 58911:2002. *Transelevadores. Tolerancias, deformaciones y cotas libres en almacenes de gran altura*
- 11) Norma UNE 58912:2004. *Transelevadores. Tiempos de ciclos de trabajo*
- 12) Sextant Consultancy. 2008. *Reefer/Freezer Fleet Profile*. Drewry Shipping.
- 13) Sextant Consultancy. 2009. *Reefer Shipping Market Review and Forecast*. Drewry Shipping.
- 14) Shipping world & shipbuilder, páxs. 40-43, nº. 4221. 2006. *Cargo handling Operators of specialised reefer ships are setting the standard on quality with the introduction of the 360 Quality Code*.