

REPARACIONES A FLOTE UTILIZANDO CAJONES ESTANCOS

Manuel Paredes Rosas
Teniente 1º OM (R)

Introducción.

As stilleros y Maestranzas de la Armada, en su calidad de ente reparador, ha estado siempre preocupado de mantener totalmente operativas las unidades que solicitan sus servicios. Para este efecto es necesario mantenerse constantemente a la altura de la tecnología actual, capacitando en forma adecuada a su personal y dando a conocer nuevas ideas para efectuar reparaciones, con el fin de optimizarlas en lo referente a eficiencia, disminución de costos y plazos.

En materia de fallas se encuentran las que se pueden producir en la obra viva del buque, ya sea en el casco, hélices, timones, sistemas de bow-thruster, etc., lo cual normalmente implica que su reparación debe ser realizada en varadero.

Dado que en algunas circunstancias estas fallas son relativamente menores y que el costo de subir a varadero es significativo, se requiere de un sistema alternativo de reparación que produzca el mismo efecto de eficiencia, pero a un menor costo.

A raíz de la experiencia obtenida en reparaciones a flote en zonas de la obra viva de los buques, se ha desarrollado en Asmar Magallanes "reparaciones a flote utilizando cajones estancos", dando así solución a las naves cuando por situaciones de emergencia requieran reparaciones urgentes bajo la línea de flotación, ya sea al casco, sistemas propulsores, sistemas de gobierno y otros elementos, minimizando costos y plazos, dañados por varadas, roce con rocas, impactos en los muelles o molos, impactos con elementos flotantes durante una navegación,

fracturas por efectos de quebranto, arrufo o torsión de la viga buque, etc.

Método y empleo del cajón estanco.

Definición.

El sistema de cajón estanco es un cuerpo estructural tridimensional fabricado en acero, el que mediante una adecuada maniobra de sujeción se adhiere al casco del buque, permitiendo desarrollar en un espacio libre de agua, un trabajo de reparación de planchaje de casco o de otros elementos que se encuentran bajo la línea de flotación, pudiendo realizar a flote, trabajos de carácter definitivo, optimizando los plazos de reparación, lo cual puede ejecutarse con pequeñas variaciones estructurales, dependiendo de los diferentes tipos de cascos, como se señala a continuación: (Figs. 1, 2 y 3).

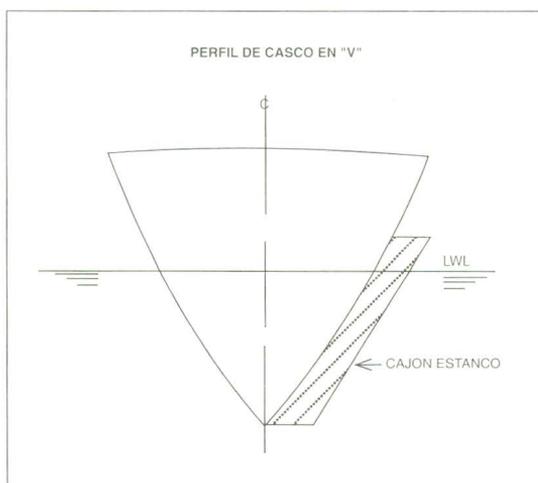


Figura 1

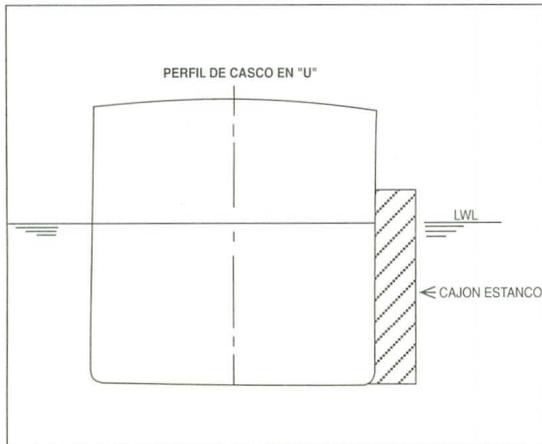


Figura 2

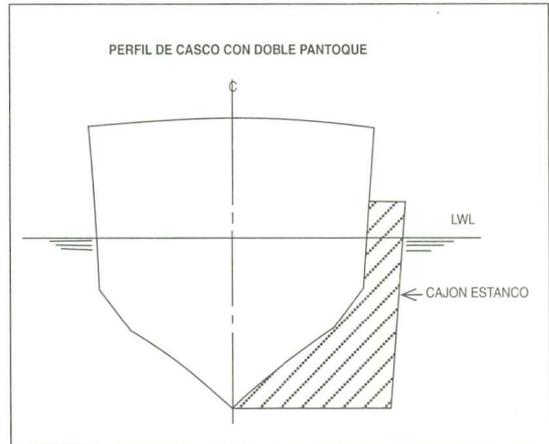


Figura 3

PERFIL DE CASCO EN "V"

• **Requerimientos.**

Cuando se determina emplear el cajón estanco para una reparación a flote, teniendo presente las medidas de seguridad necesarias, se requiere contar con lo siguiente:

- a) Personal de buzos.
- b) Personal de maniobras.
- c) Personal de soldadores.
- d) Embarcación menor.
- e) Grúa, pluma u otro elemento de levante.

• **Ventajas.**

Costos de reparación.

Una reparación puntual y definitiva de cualquier parte de la obra viva de un buque en dique o varadero, debe considerar otros costos adicionales, como:

- a) Entrada y salida de dique o varadero.
- b) Asistencia de remolcadores.
- c) Estadía en dique o varadero.
- d) Practicaje.
- e) Trabajos rutinarios de varadero.
- f) Inspecciones de la Autoridad Marítima.
- g) Prestación de servicios.

En cambio, los costos adicionales para una reparación con cajón estanco son solamente:

- a) Construcción e instalación del cajón estanco.
- b) Asistencia de embarcación menor.
- c) Asistencia de personal de buceo.
- d) Maniobra para retirar el cajón estanco.
- e) Asistencia de grúa u otro elemento de levante.

Como se aprecia, la magnitud de los costos adicionales empleando dique o varadero es

mayor, comparativamente, que con el empleo del cajón estanco, siendo ésta su ventaja más significativa, pudiendo destacarse que el costo de un trabajo con cajones estancos aproximadamente, equivale al 30% del costo de la reparación del buque en varadero o dique.

Tiempos empleados en reparación.

Este factor también es ventajoso utilizando el cajón estanco, ya que no requiere de la preparación de una anquilla en varadero o de camadas en diques, sino que sólo la maniobra de posicionamiento del cajón.

También, para los efectos de llevar el buque a flote después de haber estado en dique o varadero, se requiere de una preparación de maniobra, inundación de dique y asistencia de buzos, dependiendo de cual sea la situación; mientras que, con la técnica del cajón estanco, se necesita soltar los elementos de sujeción y retirar el cajón a través de una grúa u otro elemento de levante.

Facilidad de construcción y empleo.

El empleo del cajón estanco es de fácil aplicación ya que requiere de una simple y determinada maniobra, empleando un mínimo de mano de obra y de tiempo. En general los trabajos a efectuar, con el empleo del cajón estanco se facilitan mucho si el buque permanece atracado a un muelle.

• **Riesgos en su empleo.**

El mayor riesgo que se presenta al utilizar un

cajón estanco, es cuando se realizan reparaciones de planchaje de casco, debido a que para ejecutar cambios de plancha, el casco del buque permanecerá aligerado por un determinado espacio de tiempo. Bajo esta condición, el cajón estanco pasa a cumplir la función del casco del buque, por lo que es importante considerar una óptima fijación de este elemento de apoyo mientras el buque presente esta zona abierta.

En todo caso los riesgos se minimizan cuando se efectúa un trabajo basado en una aplicación acuciosa de medidas precautorias.

Precauciones que se deben tomar:

- a) La fijación del cajón al casco debe ser en sentido vertical, longitudinal y transversal.
- b) Mientras permanezca el cajón adherido al casco, el buque no debe desplazarse, ya sea del muelle o de su lugar de fondeo.
- c) Minimizar las vibraciones del buque.
- d) Minimizar los movimientos de balance y cabeceo.
- e) Realizar los trabajos en forma continua y con una rigurosa planificación sobre todo cuando involucre un cambio de planchaje.
- f) Mantener permanentemente una embarcación menor de apoyo, mientras se efectúa la reparación.
- g) Mantener permanentemente una bomba de achique en el cajón.
- h) Supervisión permanente, a objeto de prevenir filtraciones de agua hacia el cajón.

• **Análisis del cajón estanco.**

Características generales.

Dimensionamiento:

Las dimensiones del cajón estanco dependerán exclusivamente del tipo de reparación a realizar y del sector involucrado.

Por efecto de tolerancia y espacio de trabajo, se debe considerar que por lo menos abarque más de 0,5 metros del límite del sector a reparar. Este requerimiento se basa en el espacio mínimo que necesita un operador para ejecutar su trabajo fuera de la zona comprometida.

Otro factor importante a considerar cuando el cajón estanco se encuentre en posición definitiva de trabajo, es que debe sobrepasar la línea de flotación en a lo menos 0,5 metros, con el propósito de evitar que, por efecto del oleaje, ingrese agua de mar.

Por último, el ancho se determinará de acuerdo a las dimensiones de los elementos que deben ingresar a la zona de reparación en el interior del cajón estanco, como del espacio requerido por el personal que ejecutará la reparación.

Construcción:

El tipo de construcción de un cajón estanco se basa en un cuerpo estructural confeccionado en plancha de acero y reforzados con perfiles. La determinación de estos elementos estructurales se obtiene mediante el cálculo de las fuerzas de presión y empuje que lo afectan en el sector de trabajo. La zona que se adhiere al casco comprende los bordes del piso y de las caras laterales, y deberá contar con un doble friso de goma que brinde estanqueidad al ajustar los acolladores de sujeción.

Formas:

En lo referido a las formas del cajón estanco, lo más importante es lo que compete a las caras laterales que se unen al casco, la que se determinará a través del plano de líneas del buque o mediante el empleo de una plantilla.

Cálculo de la estructura.

Hipótesis de cálculo:

Para efectos del cálculo de reforzamiento del cajón estanco, se considera una placa reforzada longitudinalmente, la que está sometida a mayor presión hidrostática. Esta condición se ha definido en base a la experiencia práctica en el diseño y empleo de los cajones estancos. En lo que corresponde al planchaje del cajón, se asume que su espesor debe ser el mismo del buque en el lugar de posicionamiento, ya que este elemento pasa a cumplir la función del casco durante la reparación.

Demostración:

Como la mayor carga la recibe la parte inferior del cuerpo del cajón, entonces se asume que el último refuerzo es el crítico, por lo que su determinación se calculará de la siguiente forma:

PRESION HIDROSTATICA (P):

$$P = \gamma \times H \text{ [Kg. /M}^2\text{]}$$

$$= \text{Peso específico del agua} = 1026 \text{ [Ton/m]}$$

$$H = \text{Altura del agua en m.}$$

Entonces:

$$P = 1026 \times H \text{ [Kg/m}^2\text{]}$$

CARGA APLICADA (Q):

$$Q = P \times L \times S \text{ [Kg]}$$

L = Largo del cajón en m.

S = Clara o separación entre refuerzos en m.

Entonces :

$$Q = 1026 \times H \times L \times S \text{ [Kg]}$$

MOMENTO FLECTOR (M):

Como el refuerzo de tipo longitudinal está apoyado sólo en los extremos del cajón, se determina el momento flector máximo aplicado, asumiendo apoyo simple, ya que es la condición más desfavorable. La figura muestra la acción de las fuerzas de presión y el momento de flexión máximo.

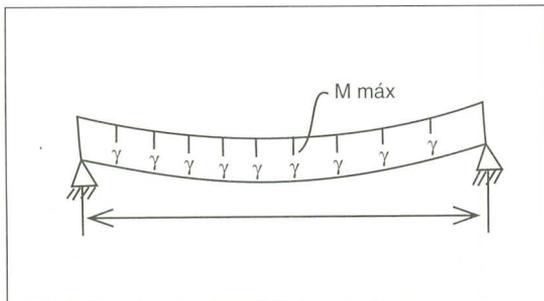


Gráfico 1.

El momento de Flector Máximo (Mmáx) para apoyo simple es:

$$M_{máx} = Q \times L / 8 \text{ [Kg-m]}$$

Por lo tanto el momento flector máximo para la carga Q aplicada a los refuerzos es:

$$M_{máx} = 128, 25 H \times L^2 \times S \text{ [Kg-m]}$$

MODULO RESISTENTE (W):

Como el acero estructural tiene un esfuerzo de flexión admisible $\sigma_{adm} = 1400 \text{ [Kg/cm]}$ y el módulo resistente es:

$$W = (M_{máx}) / [\sigma]$$

Entonces:

$$W = 9.16 \times H \times L \times S \text{ [cm]}$$

Con esta expresión se obtiene el valor del módulo resistente requerido para la sección del reforzamiento. Este valor se busca en las tablas comerciales de perfiles para obtener el refuerzo calculado.

Por lo general, estas tablas se encuentran en los manuales de las sociedades clasificadoras.

• **Diseño y construcción del cajón estanco.**

Una vez calculado el tipo de reforzamiento que debe llevar el cajón estanco, se procede a su diseño definitivo, el cual estará determinado de acuerdo a las dimensiones del sector a reparar.

En el diseño se debe considerar, como ayuda previa, el plano de formas del buque, con el objeto de determinar el lugar preciso en que las caras laterales se adhieren al casco. Este diseño comprende un croquis general de posicionamiento, una isométrica del cajón estanco y la distribución general de la maniobra con que opera. Además debe incluir el tipo de plancha requerida, el tipo de reforzamiento, la soldadura a aplicar y el tipo de friso de goma que va en el sector de adherencia al casco.

• **Maniobra de instalación.**

Para ejemplificar y definir el detalle de la maniobra de instalación del cajón, se considerará un tipo de reparación a realizar en el costado de la obra viva del buque, como ser: cambio de planchaje, aspiraciones y descargas, quillas de roldo, sistema de bow-thruster, válvula de fondo, etc.

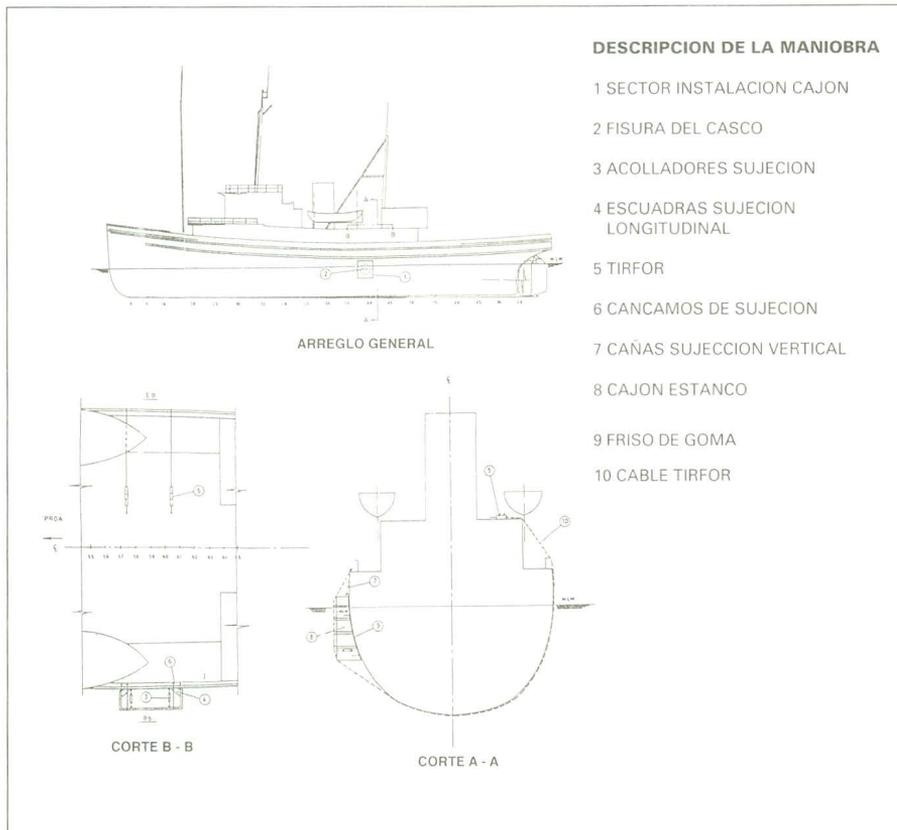
En cuanto a reparaciones y cambio en los elementos como timones y hélices, se sigue el mismo procedimiento, con la diferencia de que el cajón estanco además lleva elementos de sujeción rígidos, como atiezadores de perfiles soldados a las caras del cajón estanco y al casco del buque.

Elementos que componen la maniobra:

- a) Una grúa, pluma u otro elemento de levante.
- b) Cañas de alambre de sujeción vertical.
- c) Tirfor para apegar el cajón al casco.
- d) Acolladores de sujeción transversal.
- e) Escuadras de fijación longitudinal.
- f) Embarcación menor.
- g) Estrobo de levante.
- h) Grilletes.

Secuencia de trabajo de instalación:

- a) La grúa, a través del estrobo de levante, posiciona el cajón en el sector de instalación.
- b) Las cañas de alambre se engrillean a la cubierta del buque y a cada una de las caras laterales del cajón estanco.
- c) La grúa arría hasta el punto en que comienzan a trabajar las cañas de alambre de sujeción vertical.
- d) Se engrillean en cubierta, por la misma banda del cajón, los alambres de los tirfor.



e) Estos alambres se pasan por fuera del cajón, abrazándolo por debajo de la quilla del buque, retornando a cubierta por la otra banda y enganchándolos a sus respectivos tirfor.

f) Se tensan los tirfor hasta el punto en que las caras laterales del cajón tocan el casco del buque.

g) Con apoyo de buzos se verifica el grado de adherencia al casco en cuanto a la forma del cajón estanco. Si existe alguna diferencia, este personal efectúa mediciones de los claros existentes para corregir las caras laterales. Esto implica desmontar el cajón para corregir los claros anteriores, logrando con ello la adherencia requerida.

h) Después de efectuadas las correcciones, si las hubiera, se procede a repetir la secuencia descrita entre los puntos a) a la g).

i) Terminado lo anterior se instala una bomba de achique con el objeto de sacar el agua existente dentro del cajón.

j) Posteriormente y una vez que el cajón se encuentre libre de agua, se procede a soldar los cáncamos de sujeción transversal.

k) Se instalan los acolladores de tensión transversal, haciéndolos trabajar hasta lograr una estanqueidad ideal.

l) Por último se sueldan las escuadras de fijación longitudinal.

Operación del cajón durante la reparación:

Para efectos de seguridad y mientras dure la reparación que se está ejecutando, se mantendrá siempre una bomba de achique con el fin de extraer el agua que pueda estar filtrando.

Maniobra para retirar el cajón:

Una vez terminada la reparación, se procede a retirar el cajón de apoyo, siguiendo la siguiente secuencia:

a) Retirar todos los elementos que se encuentran dentro del cajón estanco.

b) Desoldar escuadras de fijación longitudinal.

c) Verificar tensión de cables de los tirfor.

d) Retirar acolladores inferiores de trabajo transversal.

e) Desoldar cáncamos inferiores.

- f) Instalar maniobra de levante con grúa.
- g) Retirar acolladores y desoldar cáncamos superiores de trabajo transversal.
- h) Retirar bomba de achique.
- i) Soltar y retirar maniobra de tirfor.
- j) Levantar el cajón estanco y desengrillarlar las cañas de sujeción vertical.
- k) Retirar el cajón estanco.

Es importante mantener en el área durante la maniobra de retirar el cajón, una embarcación menor y dos buzos, con el objeto de asistir cualquier situación irregular que se pueda presentar.

• **Conclusiones.**

- 1. La alternativa de emplear un cajón estanco para reparaciones a flote en sectores de la obra viva, presenta excelentes ventajas en lo que corresponde a costos y plazos.
- 2. La proposición de emplear este elemento estanco es muy significativo cuando las unidades en situaciones de emergencia requieran una reparación eficiente y rápida.

- 3. Una reparación apoyada con el empleo del cajón estanco es siempre una solución definitiva.
- 4. La facilidad de construcción de un cajón estanco permite fabricarlo no sólo en los centros reparadores, sino también en las mismas unidades.

• **Recomendaciones.**

- 1. Considerar en futuras reparaciones en que se encuentre afectada una zona o elemento de la obra viva, a causa de una situación de emergencia, el empleo del cajón estanco para una reparación definitiva.
- 2. Cuando la zona afectada sea el planchaje del casco, se recomienda soldar una platina en todo el contorno interior entre el cajón y el casco.
- 3. Como la situación de mayor riesgo presentada en su empleo es el cambio de planchaje del casco, entonces se debe tener especial preocupación en minimizar el período de tiempo que transcurre entre cortar el planchaje afectado y el montaje de la plancha nueva.

BIBLIOGRAFIA

- Martín D., Ricardo: "Cálculo de Estructuras de Buques".
- D'Arcangelo, Amelio: "Guía para Estructuras de Buque".
- Giles, Renand V.: "Mecánica de Fluidos e Hidráulica".

