

# **EXPERIENCIA EN EL REFOLTAMIENTO DE DIQUES FLOTANTES AUXILIARES “ARD”.**

**Rodolfo Encinas Colomer**  
Ingeniero Naval  
Jefe Grupo Recuperación SS Scorpene  
Dirección de Recuperación de Unidades  
Armada de Chile  
Jorge Montt s/n Base Naval Talcahuano  
[rencinas@armada.cl](mailto:rencinas@armada.cl)  
(41) 2745733

El salvamento de artefactos navales representa el uso de materias propias de la Ingeniería Naval, por lo que el desarrollo de esta actividad, generalmente asociados a una catástrofe, trae consigo experiencias de interés.

De lo anterior, es factible obtener valiosa información, la que permite mejorar las capacidades de la unidad de salvamento o del entrenamiento de quienes la componen.

Superada la catástrofe y finalizada la actividad de salvamento, es conveniente efectuar el análisis de los hechos, de los que se obtendrán las conclusiones y recomendaciones de mejora.

El presente trabajo tiene como propósito exponer las experiencias obtenidas en el reflotamiento de dos diques flotantes auxiliares del tipo “ARD” en la Bahía de Concepción, identificando las principales dificultades y fortalezas en los procedimientos de salvataje desarrollados durante su ejecución.

## I. Antecedentes

Los diques flotantes del tipo ARD, permiten disponer de un medio móvil para la reparación de diferentes tipos de naves.

El desarrollo del este tipo de dique tiene sus orígenes en la década de los años cuarenta bajo el escenario de la Segunda Guerra Mundial, representando una solución a la reparación de las unidades de combate fuera de su puerto base.

De sus diseños, en forma general, eran abiertos por ambos extremos, excepto los del tipo ARD que por un lado estaban cerrados por una compuerta y por el otro eran cerrados con una estructura similar a la proa de un buque.

Sus estructuras laterales están formadas por una serie de pontones estancos, que en su conjunto dan forma a dos secciones que cierran el dique por sus bandas. Para lograr que el dique funcione como tal, los compartimentos estancos poseen válvulas de comunicación para su inundación o achique. Finalmente, mediante el uso de bombas es posible variar la reserva de flotabilidad, logrando la variación de calados suficiente para la entrada de los buques.

De los diques del tipo ARD, lo astilleros Chilenos “ASMAR” posee tres, los que son identificados con los nombres de “Talcahuano”, “Mutilla” y “Mery”.

Producto del terremoto y tsunami que afectó al puerto de Talcahuano el 27 de febrero del 2010, los diques flotantes “Mutilla” y “Mery”, tras sufrir una serie de averías, se hundieron al interior de la dársena del mencionado astillero.



Fotos N°1 y N°2 Diques “Mutilla” y “Mery” en posición post tsunami

La ubicación en que quedaron los diques representaba un obstáculo para el uso de los sitios de muelle aún disponibles como también para desarrollar otras acciones de salvamento definidas por la Armada de Chile, representada por el Comando de Rescate y Salvataje, basada en la Ingeniería Naval. Por todo lo anterior, se determinó la necesidad imperiosa de reflotar ambas estructuras.

En relación a las acciones de salvamento, las primeras acciones de buceo estuvieron orientadas a establecer el estado de cada uno de los diques, determinado su posición respecto al fondo e identificando sus averías. Dichas inspecciones de buceo permitieron reunir los antecedentes necesarios para el análisis de las alternativas de reflotamiento factibles de implementar.

Basado en que el objetivo era el reflotamiento, se identificaron las siguientes alternativas para el aislamiento del agua al interior del picadero:

1. Recuperar la capacidad de achique del dique y reflotamiento de éste mediante sus propios medios, lo que involucraba asegurar la estanqueidad de los compartimentos mediante la recuperación de las planchas exteriores e interiores.
2. Aislar del exterior el agua contenida al interior del dique. Logrado lo anterior y mediante el uso de elementos externos, extraer el agua recuperando la reserva de flotabilidad, con lo que se lograría su reflotamiento.

Respecto a la primera alternativa, el retiro de las bombas de achique demandaba la confección de una ruta especial para su desmonte, lo que hacía compleja su ejecución. Además, en el caso de ser factible, se debía sumar las demandas técnicas para su recuperación junto con asegurar la estanqueidad de los compartimentos. Considerando lo anterior y el tiempo necesario para su desarrollo, se estimó que esta alternativa no era conveniente de implementar.

Es por esto que se dió inicio al desarrollo de la segunda alternativa la que fue definida como “Curso de Acción Principal”.

La exposición de la secuencias de las acciones de salvataje serán basadas en la experiencia obtenida en el reflotamiento del dique “Mutilla”, de las cuales se originaron las recomendaciones para la puesta a flote del dique “Mery”.



Foto N°3 Dique “Mutilla”.

## II. Desarrollo.

Para la implementación del curso de acción principal era fundamental recuperar la estanqueidad del dique, es decir, disminuir las averías que se encontraban en libre comunicación con el mar. En forma paralela se evaluó la forma de aislar del exterior el agua contenida.

Como se mencionó anteriormente, las estructuras laterales eran formadas por una serie de compartimentos estancos, formados por mamparos exteriores, en contacto con el mar, y otros mamparos interiores, los que cierran el área denominada como “picadero”.

Debido a las condiciones en las que se posó en el fondo, en formar encabuzada, las variaciones de marea, específicamente en las horas de marea alta, el nivel del mar sobrepasaba la compuerta de popa por no más de 50 cms., por lo que se evaluó la alternativa de proyectar la compuerta trasera para dejar estanca la parte posterior del dique y formar un gran estanque con 15.000 M<sup>3</sup>, volumen que debía ser achicado para ganar boyantes y lograr su reflotamiento, controlado en base a su estado de estabilidad en condición normal.

Para lograr aislar el volumen, fue necesario aumentar la altura de la puerta de popa, lo que se basó en la adición de mamparos de madera, reforzados con perfiles estructurales.

Este método hizo variar las condiciones iniciales ya que se debía visualizar al interior del dique como una “patana” rectangular, donde los mamparos interiores conforman sus nuevos contornos, de esta manera la condición de los mamparos exteriores no constituían un obstáculo para el desarrollo del plan de salvataje, ya que podía ser reparados en detalle con el dique a flote.

Durante el desarrollo de las acciones iniciales, los esfuerzos se centraron en determinar qué estanques se encontraban en condición estanca, por lo que se efectuó una inspección estructural por el exterior del casco y por el interior de la “Línea de Picadero”.

Como parte de la inspección antes comentada se aseguró que la totalidad de las tapas de registro, laterales y de fondo, estuviesen en condición cerrada.

Posteriormente, se inició la obturación de las averías identificadas en la inspección de casco, lo que fue corregido mediante el uso de cuñas y masilla epóxica. Las averías mayores fueron obturadas con planchas soldadas al casco.



Foto N°4 y N°5 Acciones de obturación mediante cuñas de madera y masilla.

Para mejorar la eficiencia en la instalación de las planchas de obturación fue necesario el uso del disparador submarino, lo que ayudó a la fijación de éstas bajo la línea de agua, como también el uso de “lanzas térmicas” para el corte del planchaje irregular que afectaba la aplicación de los cordones de soldadura.

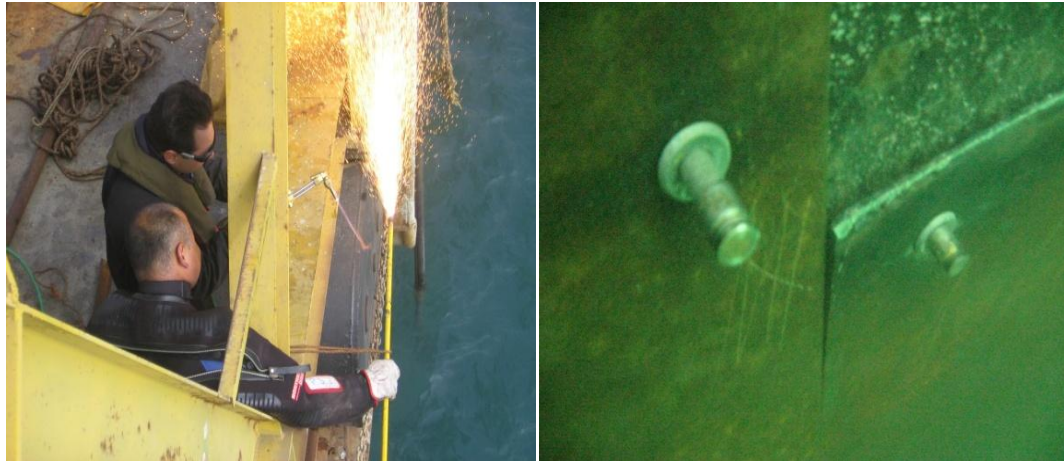


Foto N°5 y N°6 Acciones de obturación mediante soldadura.

Como se mencionó anteriormente, y dentro de la secuencia de reflotamiento, se instaló la proyección de la compuerta, la que fue confeccionada con perfiles de fierro y tabloncillos de madera, cuyo cálculo de resistencia fue desarrollado por ASMAR (T).



Foto N°7 Proyección de la compuerta, "Tajamar".

El armado de la estructura antes mencionada, ilustrada en la fotografía anterior, fue hecho por personal de apoyo de la Partida de Rescate y Salvataje, trabajo que demandó 8 días.

Al término del armado de cada estructura, eran trasladadas por medio de una embarcación menor hacia la compuerta original del dique, para ser posteriormente fijadas mediante un cordón de soldadura.

Las separaciones entre los tablotes que daban forma a cada estructura fueron selladas mediante la aplicación de masilla epóxica, dejando la compuerta estanca. Como medida preventiva, y con el fin de no dañar la compuerta de madera, se retiraron los tablones de una de las estructuras, lo que evitó diferencias de presiones, por cambios de marea, entre la cara interior y exterior de la compuerta de madera.

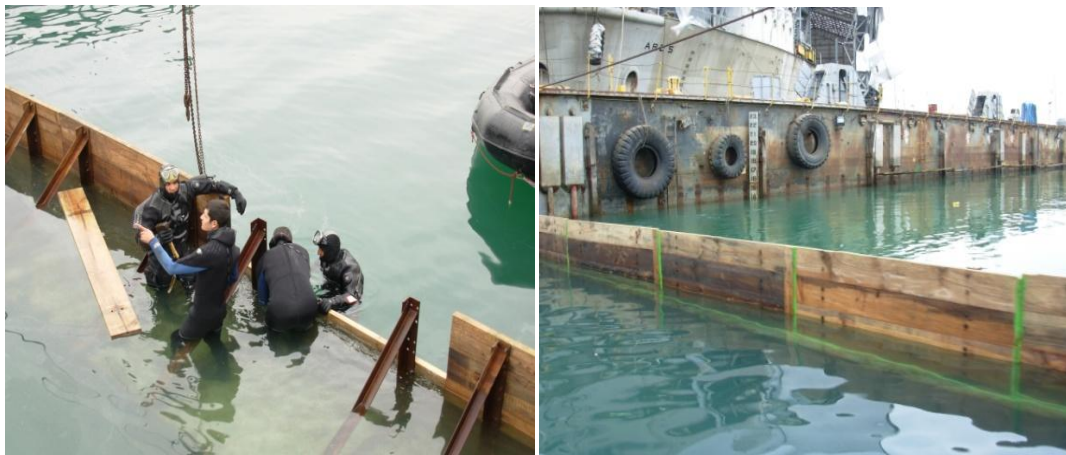


Foto N°10 y N°11 Instalados de Tajamares.

La instalación de la totalidad de las estructuras que conformarían la nueva estructura requirió de 3 días de trabajo

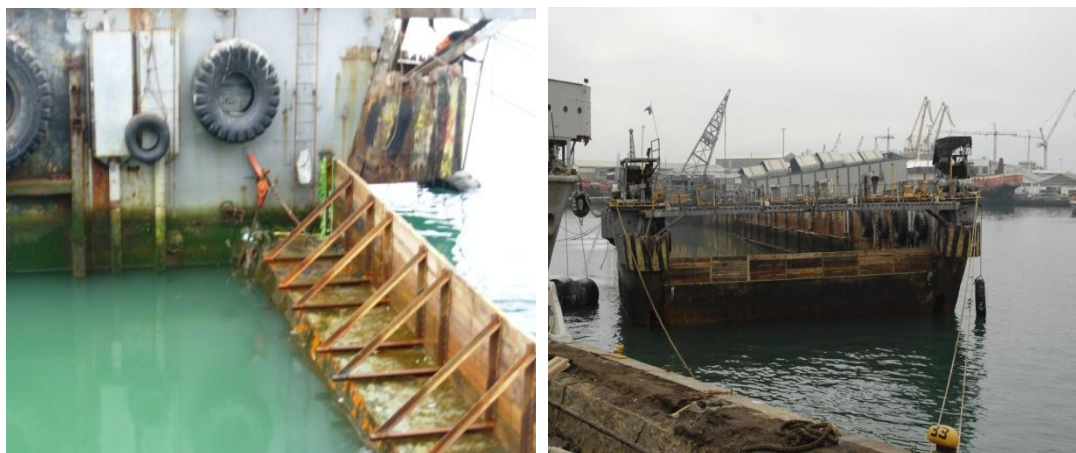


Foto N°10 y N°11 Tajamares instalados sobre la compuerta del dique.

Una vez instalada la proyección, se iniciaron los preparativos para la acción de reflotamiento, lo que consideró el achique del agua alojada al interior del dique, para lo que se dispuso el uso de 9 bombas eléctricas sumergibles y de 4 bombas de combustión, lo que en total sumaron una capacidad de 1000 tons/hrs. nominales de achique, las que fueron instaladas por la banda de babor del dique, cómo lo muestra la siguiente fotografía.



Foto N°12 Distribución de bombas de achique.

En relación a los compartimentos estancos, se determinó que en la medida que el dique fuese recuperando sus calados, se inspeccionaría el estado de cada compartimento mediante el achique con bombas sumergibles.

Para el inicio del achique, se esperó hasta la ocurrencia de la marea baja, lo que aseguraba que el nivel del mar estuviese bajo la proyección de la compuerta. Lo que ocurrió el jueves 8 de abril.



Foto Nº13 Inicio del achique.

Al término de la quinta hora de achique, la popa del dique comenzó a subir y por consiguiente se logró dejar la compuerta del dique sobre el nivel de mar, cumpliendo un hito importante en la secuencia del reflotamiento.

En las horas posteriores, y a medida que continuaba el achique de la cámara del picadero, el dique evidenció un aumento en su encabuzamiento, alcanzando hasta  $23^{\circ}$ , lo que afectó la recuperación de la proa respecto al fondo.

Efecto de lo anterior fue que el agua de picadero comenzó a “acuñarse” en el extremo del picadero, para lo cual fue necesario trasladar la totalidad de las bombas sumergibles a proa del dique.

A medida que el nivel del agua comenzó a bajar, fue necesario reubicar el nivel de aspiración de las bombas sumergibles y de combustión interna, lo que permitió mejorar el rendimiento de aspiración y descarga de éstas. Tarea de difícil ejecución, ya que ante las limitaciones de la grúa del dique sólo fue posible reubicar las bombas hasta el segundo nivel del dique.



Foto N°14 Ubicación final de las bombas de achique a combustión.

La disminución del nivel del agua, permitió identificar el daño del planchaje interior del picadero, averías que menores que fueron obturadas por cuñas y masilla.



Foto N°15 y N°16 Obturación planchaje interior y picadero del dique seco.

Al comienzo del segundo día de achique, viernes 09 de abril, la proa del dique comenzó a recuperar su calado, siendo incierto el momento de su separación del fondo, por lo que se solicitó una inspección de casco para dimensionar el área de la proa que estaba apoyada, lo que arrojó que sólo un 1,5 mts de la proa estaba aún apoyada.

Considerando lo anterior, se resolvió largar la maniobra de fondeo constituida por dos anclas, que tenía como función mantener al dique en una posición segura ante condiciones climáticas adversas.

Tomando como antecedente la inspección de casco antes comentada, se determinó comprobar el apoyo de la proa respecto al fondo, verificando con ello un posible efecto de succión del fango. Para efectuar lo anterior, se decidió tractar la proa del dique con un remolcador, teniendo como resultado un libre desplazamiento del dique a babor.



Foto Nº17 Verificación del estado de la proa del dique respecto al fondo.

Con lo anterior, se decidió iniciar la maniobra de desplazamiento del dique hacia el muelle, situación que debía coincidir con la siguiente marea alta.

La maniobra de atraque fue realizada sin observaciones, dejando finalmente el dique atracado.

Con el dique en su posición final, se inspeccionó su línea de picadero, lo que permitió identificar averías menores, las que fueron obturadas en forma inmediata.

Las acciones de reflotamiento efectuadas desde el inicio del achique del “picadero” hasta que el dique se fue atracado a muelle, tuvieron una duración de cuatro días.



Foto N°18 Dique atracado.

### III. Análisis de experiencias.

Evaluada la secuencia del reflotamiento del dique flotante “Mutilla”, fue posible rescatar las siguientes experiencias:

1. Considerando que la popa del dique fue la primera sección en reaccionar respecto del fondo, y que el agua comenzó a bajar hacia proa, es conveniente ubicar la mayor cantidad de bombas en el sector de proa del dique.
2. Con el propósito de mantener la capacidad de achique en forma independiente del nivel del agua, se debe confeccionar una balsa que sea capaz de mantener a flote las bombas de achique de combustión interna, las cuales descendan junto al nivel del agua.
3. Aumentar la altura del tajamar para independizar las estructura de las variaciones de marea.



Foto N°19 Mejora en la altura de los tajamares para el dique “Mery”.

4. Priorizar el uso de planchas de acero soldadas en reemplazo de las cuñas y masilla, ya que al iniciar el achique y producir variaciones en el nivel del agua al interior de los compartimentos estancos, los sellos basados en cuñas se soltaban afectando la estanqueidad.
5. Se debe considerar en el Plan de Salvataje la recuperación de los mamparos exteriores, ya que se evidenció que la recuperación de los compartimentos estancos aumentan la reserva de flotabilidad del dique. En el caso del dique “Mutilla”, los esfuerzos se orientaron a asegurar el achique del agua interior, pero con el dique a flote la libre comunicación de compartimentos con el mar representó un nuevo problema.
6. Mejorar la capacidad de iluminación de sectores confinados antes durante y posterior al reflotamiento.
7. En relación al Recurso Humano, se obtuvo lo siguiente:
  - a) Antes del inicio del salvataje, es recomendable exponer al grupo de trabajo el detalle de las acciones a ser efectuadas, lo que deben considerar el plan general de salvataje y la programación diaria de actividades.

- b) Con el propósito de lograr una integración con el objetivo propuesto, se desarrolló un plan de trabajo dividido por áreas, las cuales estuvieron bajo la responsabilidad de un supervisor definido por sus aptitudes técnicas y conocimientos en la materia. Con lo anterior se obtuvo un positivo resultado, ya que los supervisores asumieron el compromiso de la tarea asignada.
- c) Respecto a la seguridad, es fundamental insistir diariamente las medidas de seguridad y el uso de los elementos de prevención.
- d) Considerando lo extenso del programa de reflotamiento, el trabajo en equipo, en todos los niveles de la organización, permitió desarrollar las distintas labores en forma profesional y puntual.

#### IV. Reflotamiento del dique ARD “Mery”,

Tomando en consideración la experiencia obtenida en el dique “Mutilla”, se determinó que el procedimiento usado en este último debía ser replicado en el dique “Mery”, con las siguientes variaciones:

1. Se confeccionó una balsa para el posicionamiento de las bombas de achique, con lo que se mejoró la reubicación de las bombas al aumentar el encabuzamiento.



Foto N°20 Uso de balsa con bombas de achique a combustión.

2. Las averías del planchaje exterior del dique fueron corregidas mediante planchas de acero, fijadas con disparador submarino y posterior cordón de soldadura.
3. Se aseguró la alimentación eléctrica mediante el uso de un generador montado sobre un remolcador, lo que permitió independencia de la red externa.
4. Se mejoró la capacidad de achique con la adición de bombas de mayor caudal, doblando la usada en el reflotamiento del dique "Mutilla".

Con las mejoras antes descritas se logró efectuar el reflotamiento en 36 horas, lo que demostró una mayor eficiencia en el uso de los medios.

#### V. Conclusión.

Los salvamentos, en cualquiera de sus formas, representan un trabajo en el marco de la Ingeniería Naval donde el ingenio es el pilar para su desarrollo.

El trabajo en equipo es característico de una profesión donde los resultados se obtienen en base a aportes de los integrantes de la organización y del compromiso de ellos con los objetivos planteados.

La presente experiencia relata la historia, en el ámbito de la Ingeniería Naval, que tiene su origen a los hechos negativos causados por un terremoto, ante lo cual un grupo de hombres de la Armada de Chile lograron en forma perspicaz recuperar los dos diques flotante que en la actualidad continúan prestando sus servicios en la dependencias de ASMAR en Talcahuano.