



SALVATAJE DIQUE FLOTANTE “YOUNG”

Giancarlo Stagno Canziani*

- Introducción.

De acuerdo a lo descrito en el artículo anterior¹, el equipo de profesionales de rescate y salvataje estaba afiatado y funcionando a pleno rendimiento, pero faltaba emprender el desafío mayor, la desvarada del dique “Young” con el SS “Simpson” en su interior. Dada la magnitud de la operación en comento, ésta se comenzó a estudiar y planificar desde el primer día de trabajo.

Debido a la acción del Tsunami, el dique “Young” que se encontraba atracado al sitio L-2 del astillero, cortó sus espías y después de quedar a la deriva terminó varado con el extremo de proa apoyado sobre el sitio Eco del muelle Chacabuco.

Las primeras ideas empezaron a fluir y todas parecían concluir que el esfuerzo sería mayúsculo, habida cuenta que, el SS “Simpson” que estaba en el interior del dique se encontraba en una fase avanzada de desarme, lo que tenía un impacto importante en sus condiciones de estabilidad, es decir, la operación de salvataje debía considerar la desvarada del conjunto dique-submarino, pues este último no estaba en condiciones de flotar.

Había que encontrar una maniobra que disminuyera al máximo la posibilidad de que el SS “Simpson” sufriera algún daño. En dicho contexto, la solución más segura parecía ser arrendar una grúa de una capacidad de levante suficiente como para izar el conjunto dique-submarino y dejarlo sobre el agua, no obstante, la alternativa en comento se consideró no aceptable, debido a que una grúa de esas características no estaba disponible en el país y su costo de obtención en el extranjero era altísimo. Es decir, desde el inicio se asumió un riesgo que debía ser minimizado.

Se estudiaron diferentes alternativas que consideraban aspectos de complejidad técnica, plazos y costos, efectuándose muchas reuniones de un alto nivel de discusión técnica para poder llegar a la mejor de ellas. Ese trabajo de tremenda complejidad se plasmó en un plan cuyo cumplimiento permitió lograr el objetivo más importante asignado al CORSA y que pasaré a explicar en detalle:

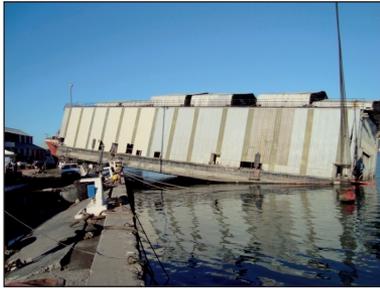
- **Consolidación del SS “Simpson” en el interior del dique.**

Se recopilaron antecedentes técnicos del dique, del submarino y del muelle, determinándose como acción inmediata proceder a asegurar el submarino al dique y éste al molo.

* Contraalmirante. Oficial de Estado Mayor. ING.NV.MC. Magister en Ciencias Navales y Marítimas mención en Oceanopolítica. Profesor Militar de Escuela en la especialidad de Ingeniería Mecánica. Profesor Militar de Academia en la asignatura de Logística.

1.- Artículo publicado en RM 6/2010, bajo el título “Acciones de Salvataje en la Bahía de Concepción”.

El DF "Young" quedó apoyado sobre la corona del molo Chacabuco con una porción en voladizo y la otra en el agua, como se muestra en la figura.



El DF "Young", sobre el molo Chacabuco.

Tenía un ángulo de trimado que variaba de $5,2^\circ$ a $8,2^\circ$ dependiendo de la marea, y una escora de 7° hacia la banda de estribor. Para dificultar más las cosas, el dique se encontraba enterrado en una bita del muelle, la que generaba una fuerza de reacción que evitaba su caída al agua.

La condición del muelle donde estaba hecha firme la bita era deplorable debido a los efectos del terremoto y no otorgaba confiabilidad para maniobrar y sostener el peso del conjunto.

Como parte del análisis se calculó que el peso del submarino era de 943 toneladas y el de la estructura del dique de 690 toneladas, a este último había que sumarle 100 toneladas de agua que estaban contenidas en dos estanques de lastre que estaban inundados.

Es decir, el conjunto dique-submarino tenía un desplazamiento de 1.733 toneladas y la fuerza de reacción sobre el muelle calculada como el desplazamiento menos la fuerza de empuje de la parte a flote (913 toneladas), era de 820 toneladas.

Para completar los datos iniciales se calculó en base a un diagrama de cuerpo libre que la fuerza ejercida en la bita en dirección hacia el mar era de 144 toneladas.

Las fuerzas que estaban presentes, la escora del dique y las degradadas

condiciones estructurales de la bita y el muelle configuraban un escenario de urgencia para consolidar el submarino a la estructura del dique.



La condición del muelle era deplorable por efectos del Terremoto.

Las principales acciones que se ejecutaron para materializar lo anterior fueron las siguientes:

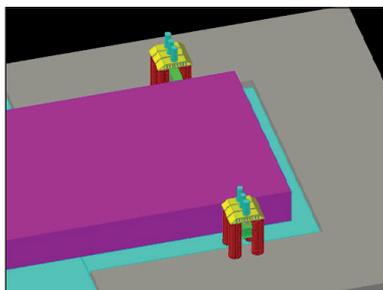
- Se instalaron puntales laterales apoyados en la cubierta del dique y se ajustaron camas laterales al submarino.
 - Se soldaron refuerzos metálicos para sostener los puntales en posición.
 - Se instalaron camas adicionales para el submarino en el sector popa.
 - Se soldó la quilla del submarino a la cubierta del dique mediante planchas de acero.
- **Alternativas de desvaramiento estudiadas.**
Tal como se explicó anteriormente, nos planteamos una gran cantidad de ideas para desvarar el dique, las que se fueron depurando para llegar a los siguientes cursos de acción:
 - Desvaramiento considerando la construcción de una piscina.
La idea era mantener el dique en la misma posición y proceder a cortar el muelle, y hacer una excavación de una profundidad tal que permitiera el ingreso de agua que otorgara la fuerza de



Se instalaron puntales y camas adicionales, se soldaron refuerzos y la quilla del SS a la cubierta del dique.

empuje necesaria para lograr la flotabilidad requerida.

Para poder hacer la excavación debajo del fondo plano del dique, era necesario diseñar un sistema que permitiera sostener el peso de la parte apoyada en el muelle.



Se plantearon gran cantidad de ideas para desvarar el dique.

Se pensó en un conjunto de pistones hidráulicos que, conectados estructuralmente con el dique y sostenidos hacia tierra por pilotes, lograrán la base de sustentación necesaria para trabajar debajo del citado dique y además proveyeran la fuerza requerida para bajarlo lentamente hasta su posición a flote. Se exploró con empresas nacionales las alternativas de diseño y se experimentó en el astillero con un pistón de arena que cumpliera la función requerida, no obstante, las dimensiones de las piezas mecánicas involucradas hacían dudar de su factibilidad técnica y los plazos de ejecución aparecían como muy extensos.

Esta alternativa era muy atractiva, porque los esfuerzos a los que estaría sometido el dique eran controlados y de baja intensidad al no existir movimientos dinámicos, situación que minimizaba los riesgos de daño en el submarino, no obstante, por las

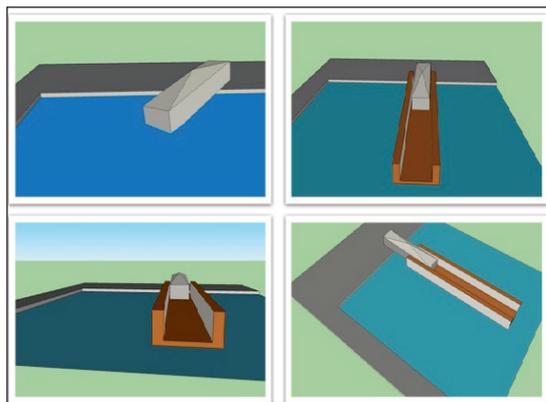
razones esgrimidas en el párrafo anterior, fue desechada.

Las alternativas que se describirán a continuación tienen un elemento en común, todas consideraban una maniobra previa que consistía en girar el dique y dejarlo en una posición perpendicular al muelle.

- Desvaramiento considerando otro dique como plataforma de apoyo.

Asumiendo como condición inicial que el dique se giraba y quedaba en una posición perpendicular al muelle, esta alternativa consideraba el uso de una barca u otro medio de flotación con características estructurales que permitieran el ingreso del DF "Young" a su interior para ser levantado y sacado de la posición de varada sobre el muelle Chacabuco.

Se pensó inicialmente en utilizar un dique flotante del astillero como barca o plataforma de transferencia, idea que fue perdiendo fuerza por lo siguiente: el único dique flotante que se encontraba disponible y operativo era el DF "Gutiérrez", habida cuenta que, el DF "Mantrola" estaba varado sobre el muelle Ugarte y los DF "Mutilla" y "Mery" estaban hundidos en la dársena y en plena maniobra de reflotamiento.



Desvaramiento considerando otro dique como plataforma.

Cabe destacar que el empleo del DF "Gutiérrez" no era factible, pues la manga no permitía el ingreso del DF "Young" y su capacidad de empuje tampoco aseguraba que podría levantar el peso de 1.733 toneladas del DF "Young".

Para el caso del DF "Mantrola", se analizó la posibilidad de emplear la "Patana" o parte inferior del dique, efectuándole un alargamiento de la manga, alternativa que fue desechada, habida cuenta que, el dique se encontraba en muy malas condiciones de estanqueidad y su estructura presentaba un avanzado estado de corrosión.

Se estudió la alternativa de emplear el DF "Mutilla" como plataforma de apoyo, pues su capacidad de empuje era suficiente para soportar el desplazamiento del DF "Young", no obstante, había sido reflotado recientemente y era necesario reparar las averías en su obra viva, en el sistema de distribución eléctrica y en el sistema de lastrado. Las citadas reparaciones demandaban un esfuerzo por parte del astillero que no aseguraba la disponibilidad del dique en el plazo requerido.

Cabe agregar que también existían algunas limitaciones con respecto a la profundidad en el sector contiguo al muelle Chacabuco que dificultaban la maniobra de levante del dique. Por todas las razones descritas se desechó el empleo del DF "Mutilla" y también el DF "Mery" de iguales características al "Mutilla".

Finalmente, se evaluó la alternativa de arrendar una barca en el país y en el extranjero, pero los costos involucrados eran importantes, lo que motivó dejar de lado este curso de acción.

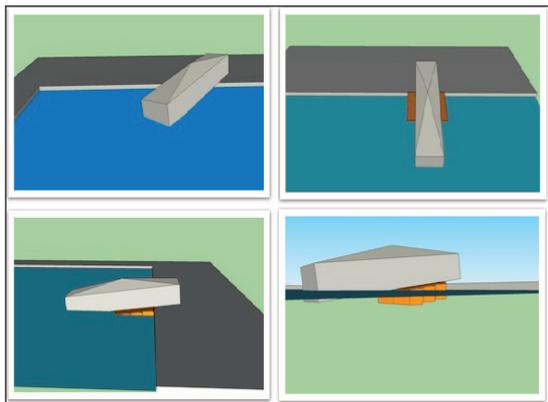
Esta alternativa era factible y presentaba un riesgo medio, porque los esfuerzos dinámicos a los que estaría sometido el dique y el submarino eran un poco mayores a los analizados en la alternativa anterior, no obstante, se requería una gran precisión en el control de trimado y escora durante la transferencia de la carga del DF "Young" desde el muelle al dique plataforma, operación que no estaba asegurada. Por esta razón y por aquellas esgrimidas en los párrafos anteriores, este curso de acción fue desechado.

- Desvaramiento considerando la construcción de una estructura de lanzamiento.

Al igual que para el caso anterior, esta alternativa tenía como condición inicial que el dique "Young" se giraba y quedaba en una posición perpendicular al muelle, una vez girado, mediante el empleo de una estructura de lanzamiento que se construiría bajo el fondo plano del dique, éste se haría deslizar hacia el agua.

Después de un extenso y minucioso análisis técnico con muchas horas de cálculos y dis-

cusiones, se determinó que esta alternativa era la más conveniente y en términos de riesgo se consideró aceptable, pese a que los esfuerzos dinámicos sobre el dique y el submarino serían mayores que para los dos casos anteriores.



Desvaramiento considerando la construcción de una estructura de lanzamiento.

A continuación se describirán las dos fases más relevantes de la operación: la maniobra de giro y la maniobra de lanzamiento.

• **Maniobra de giro.**

La primera fase consistió en girar el dique 42° para llevarlo a una posición perpendicular al muelle, maniobra que tenía las siguientes ventajas:

- Permitía eliminar la escora del dique con el consiguiente beneficio para la seguridad del submarino.
- Posibilitaba mejorar la condición de trimado de 8° a 5° lo que facilitaba la fase de lanzamiento.
- Se obtenía una mejora en las condiciones de estabilidad del conjunto dique – submarino.

Cabe destacar que como parte de los cálculos que validaron esta maniobra, se realizó un estudio del comportamiento de la estructura del dique

como viga buque, objeto determinar cuáles eran los sectores que presentarían un mayor esfuerzo.

Del citado análisis se pudo concluir que todos los puntos estaban dentro del límite elástico del material y con un coeficiente de seguridad calculado entre 1,4 y 5,3, por lo que el riesgo de ocurrencia de deformaciones estructurales permanentes durante el transcurso de la maniobra era mínimo.

• **Diseño, confección e instalación de un pivote.**

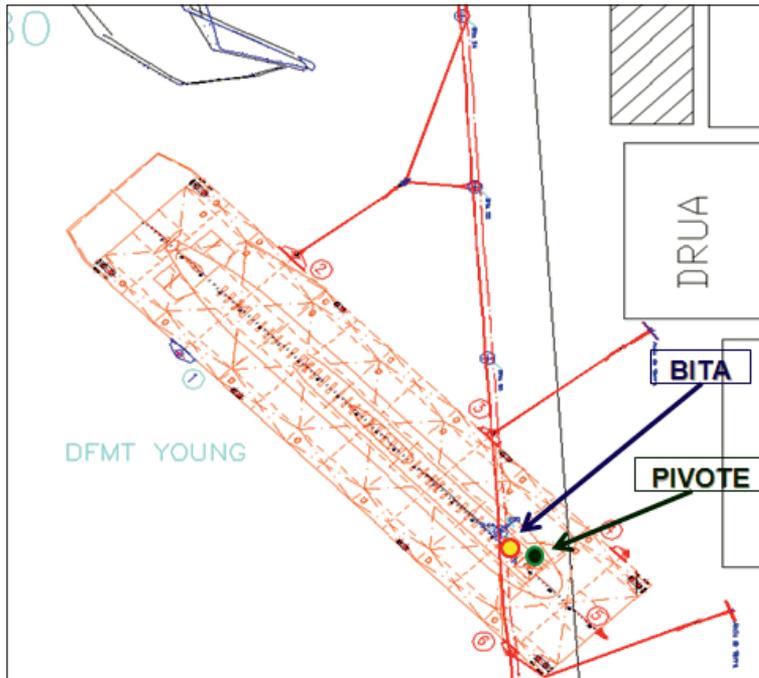
Para efectuar el giro se determinó la necesidad de emplear un pivote, habida cuenta que, la bita donde estaba empotrado el dique estaba en malas condiciones estructurales y no era posible usarla para el giro.

De acuerdo a lo planteado en el párrafo anterior, se diseñó un pivote que básicamente cumpliría dos funciones:

- Servir como punto de giro sobre el cual rotaría el dique para asegurar que durante el movimiento mantuvieron una sola trayectoria, facilitando el trabajo y distribución de fuerzas sobre los elementos de levante.
- Soportar las fuerzas de empuje generadas por el peso del dique en dirección longitudinal y transversal.

El pivote se hizo firme a tierra mediante un sistema de anclaje por medio de planchas de acero unidas por soldadura y perfiles. Además se reforzó estructuralmente a la superficie inferior de la barca. Para instalarlo fue necesario abrir una ruta en el fondo plano del dique y confeccionar un cofferdam a su alrededor para contener posibles inundaciones.

Cabe destacar que la maniobra de instalación del pivote fue realizada



Diseño, confección e instalación de un pivote.



La instalación del pivote fue realizada en condiciones extremas.

en condiciones extremas, debido al poco espacio disponible para trabajar debajo del fondo plano del dique, lo que demandó un gran esfuerzo al personal de apoyo del astillero.

- **Confección de una rampa de apoyo.** Para materializar el giro era necesario poder levantar el dique desde su posición de apoyo, y de esa forma evitar la fuerza de roce con el muelle. El efecto descrito se podía alcanzar utilizando como elementos de levante los "rollers bags", que habían sido empleados anteriormente para la maniobra de desvarada de la LM

"Chipana", lo que requería de una estructura soporte como se muestra en la figura.

Se diseñó y construyó una rampa a una altura levemente inferior del fondo plano del dique, con el objeto de instalar entre éste y la citada rampa, los rollers bags. Las consideraciones de diseño más relevantes de la rampa fueron las siguientes:

> Se consideraron los ángulos del dique para las diferentes mareas en la posición inicial y final después del giro, con el objeto de lograr la distancia óptima para el trabajo uniforme y eficiente de los rollers bags.

> Se calculó el espacio entre el dique y la rampa, necesaria para permitir un compactado del terreno sobre 5 ton/m^2 .

> Se calculó el espacio suficiente entre el muelle y la rampa, para permitir la instalación de los rollers bags, el pivote, el desmonte de la bita y la instalación de la estructura de lanzamiento para la segunda fase. Este espacio fue denominado como: "La Trinchera".

El trabajo de fabricación de la rampa fue subcontratado a una empresa de obras civiles y fue ejecutado en condiciones muy complejas, habida cuenta que, el espacio para trabajar era muy reducido y el estado del terreno estaba en muy malas condiciones debido a los efectos del terremoto.

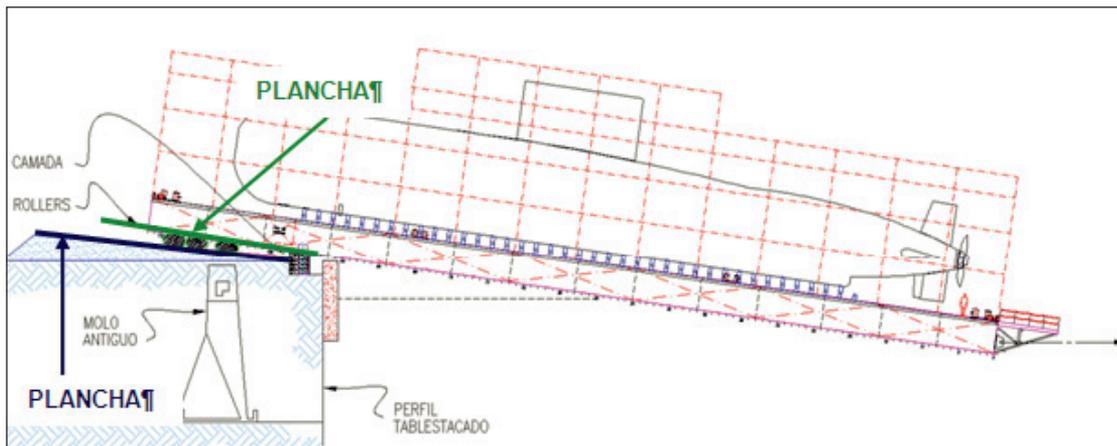


Gráfico de la rampa de apoyo.

• **Instalación de rollers bags.**

Tal como se indicó anteriormente, los rollers bags proporcionarían la fuerza de empuje necesaria para vencer la fuerza de reacción del dique sobre el muelle. Una vez logrado el efecto descrito, se podría ejecutar el giro sobre una superficie de acero con acero y coeficiente de roce conocidos.

El trabajo de instalación de las estructuras descritas en el párrafo anterior presentó varias dificultades, habida cuenta que, además del reducido espacio para trabajar debajo del dique, fue necesario fijar con soldadura varias planchas de dimensiones estándar 12 m x 2,5 m para lograr cubrir la superficie que se había calculado.

Se decidió una ubicación y distribución de los rollers bags de manera de poder ejercer un empuje vertical de 1.200 tons en total. Además se fabricó en el astillero un colector de aire con sus respectivas válvulas de admisión y descarga que permitirían alimentar en forma independiente a cada roller bag y de esa forma dar una mayor flexibilidad a la maniobra.



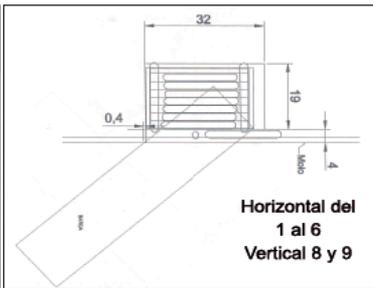
Compactado del terreno e instalación de los roller bags.

Para lograr lo anterior, se instalaron planchas de acero sobre la rampa y encima de los rollers bags se montó una estructura de 18 m x 27 m con refuerzos transversales y guías para evitar el cambio de posición durante el giro. Esta estructura en su parte superior, constituyó la superficie de contacto por donde se deslizaría el fondo plano del dique.

Se decidió una ubicación y distribución de los rollers bags de manera de poder ejercer un empuje vertical de 1.200 tons en total. Además se fabricó en el astillero un colector de aire con sus respectivas válvulas de admisión y descarga que permitirían alimentar en forma independiente a cada roller bag y de esa forma dar una mayor flexibilidad a la maniobra.



Ubicación y distribución de los roller bags.



Inflado de los roller bags.

El tema del control de inflado de los rollers bags, así como su distribución era de gran relevancia para lograr las cargas deseadas, razón por la cual se solicitó la asesoría técnica de la empresa que los arrendó. Durante la ejecución de la maniobra de giro pudimos comprobar la importancia que tenía un correcto control de las cargas, ya que el primer intento falló, como será explicado más adelante.

La instalación de los rollers bags se realizó con apoyo de maquinaria para su levante y desplazamiento por debajo de las planchas de acero, experiencia que ya se tenía por haber sido usados en la maniobra de la LM.



Asesoría técnica en la instalación indicada.

- **Instalación de elementos de sujeción y giro.**

Tal como se explicó anteriormente, existía una fuerza resultante que empujaba el dique hacia el mar, por lo que era necesario afirmarlo hacia tierra. Como parte del equipamiento de la Partida de Salvataje se con-

taba con dos aparejos de playa que eran útiles para dicho propósito, no obstante, su experiencia de uso no era de las mejores.

Además de los aparejos en comento, se determinó el empleo de anclas de tierra con cañas de alambre hechas firme

a cáncamos, todos elementos que además de proveer sujeción y seguridad inicial, serían empleados para generar las fuerzas necesarias para producir el giro y retener el dique una vez girado.

La maniobra se completaba con la instalación de nuevos cáncamos que fueron calculados para las condiciones de carga especificadas mediante el método de elementos finitos.

Se numeraron las posiciones de los cáncamos y sus respectivas maniobras de acuerdo a lo siguiente:

- Posición 1: En esta posición se instalaría la maniobra desde el towing del buque de apoyo que fue el ATF "Galvarino" y se consideró una fuerza de tracción de 20 ton.
- Posición 2: Esta maniobra hecha firme mediante una pasteca hacia dos bitas del muelle, sería empleada para retener la inercia del dique y la idea era entregar en forma controlada. La maniobra general estaba diseñada para resistir 60 ton.
- Posición 3: Fue la primera maniobra en instalarse mediante el empleo de un ancla de tierra con el objeto de sostener el dique desde el inicio de las operaciones y de esa forma minimizar riesgos para el submarino. Estaba diseñada para resistir 60 ton.
- Posición 4: Se instaló para tractar desde esa posición y contribuir



Se numeraron las posiciones de los cáncamos.

al giro del dique. Al igual que el caso anterior también fue diseñada para resistir 60 ton.

- Posición 5: Esta maniobra fue concebida para cumplir un rol relevante durante la fase de lanzamiento con el dique en condición perpendicular al muelle. Se instaló un aparejo de playa con una resistencia de 120 ton en un espacio disponible muy reducido, por lo que fue necesario buscar la mejor ubicación que permitiera mantener la línea de tensión en la posición correcta.

La solución fue instalar un sistema de micropilotes que cumplieran la función de anclaje a tierra. Sobre los citados pilotes se instaló un sistema de amarre de la maniobra que aportó la retenida en sentido longitudinal al dique.

Cabe destacar que la maniobra descrita se construyó en una calle paralela al lugar de

varada del dique como se muestra en la figura, y para darle continuidad, fue necesario pasar por el interior del taller de fundición del astillero y sobre un horno, el que fue protegido con una plancha para evitar el roce directo con la caña de alambre de la maniobra.

Durante el giro, la fuerza a aplicar sobre el aparejo solo sería la suficiente para mantener la maniobra tesa.

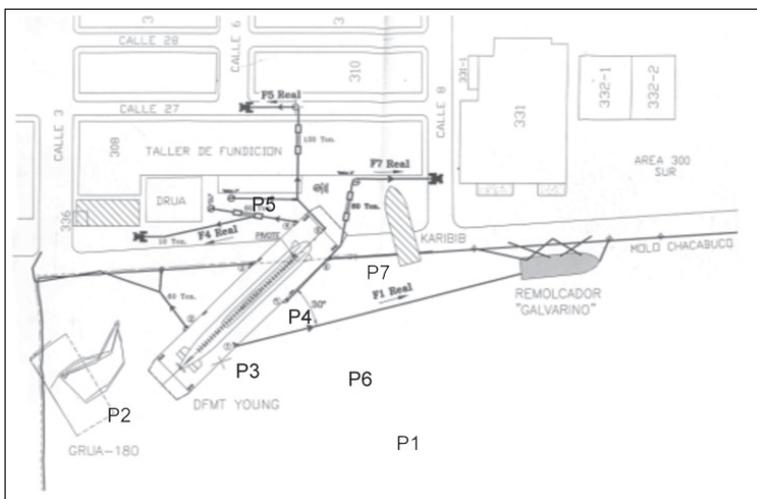


Gráfico demostrativo de las maniobras a realizar.

- Posición 6: Se instaló otro aparejo de playa que formó parte de la maniobra inicial de sujeción del dique y durante el giro se concibió para mantener una tensión leve.



Sistema de amarre de la maniobra que aportó la retenida en sentido longitudinal.

- Posición 7: Se utilizaría como refuerzo para asegurar el dique y contribuir a la maniobra de giro, tractando en dirección sur. Se diseñó para una resistencia de 60 ton.
- **Ejecución de la maniobra de giro.**
Se concibió un plan de ejecución de la maniobra de giro que consideró un total de aproximadamente 60 personas distribuidas de acuerdo a lo siguiente:
 - Estación de maniobra cáncamo 1: conformada a bordo del ATF "Galvarino" con la misión de tractar con el winche en forma controlada.
 - Estación de maniobra cáncamo 2: con la misión de entregar espía en la medida que se efectuaba el giro, manteniendo una leve tensión.
 - Estación de maniobra cáncamo 4: con la misión de tractar con apoyo de una tolva en la dirección norte.
 - Estación de maniobra cáncamo 5: con la misión de mantener la maniobra tesa apoyándose con un tractor en dirección norte.
 - Estación de maniobra cáncamo 7: con la tarea de tractar hacia el lado sur apoyándose con un tractor.

Las partidas de maniobra estaban conformadas por oficiales y gente de mar de dotación del SS "Simpson" y de la Partida de Salvataje.

- Partida de ingeniería: a cargo de un ingeniero naval de la Partida de Salvataje con la tarea de coordinar las acciones para generar la fuerza de empuje necesaria para levantar el dique.

Contaba con tres grupos a su cargo:

Los asesores de ingeniería, compuesto por profesionales del astillero que

tenían la tarea de monitorear el levante del dique desde el muelle, el correcto trabajo del pivote, el control de escora del dique y el correcto trabajo de las planchas y paneles de fricción.

El grupo control de roller bags, compuesto por un oficial y gente de mar de dotación del SS "Simpson" que tenían la tarea de controlar la operación de inflado de los rollers bags.

El grupo de registro de datos, conformado por ingenieros del astillero que tenían la tarea de registrar todos los parámetros de la operación, entre otros; escoras del dique, presiones de aire y tensiones en las maniobras.

- Partida de servicios: conformada por personal del astillero que tenían la misión de mantener el suministro de aire comprimido para inflado de los rollers bags, suministro de poder eléctrico, equipos de oxicorte, tractores y grúas.
- Partida control a bordo: a cargo de un ingeniero naval de dotación del SS "Simpson" y conformada por un grupo de achique y de apuntalamiento dotado con personal del submarino, personal del astillero y de la partida de salvataje.
- Partida de seguridad industrial: a cargo de un profesional del astillero y conformada por un grupo de prevención de riesgos, un grupo de primeros auxilios dotado con personal del submarino y de la partida de salvataje, y un grupo de seguridad del perímetro del astillero.

El recurso humano involucrado en la operación se completaba con un ingeniero naval de la Partida de Salvataje que tenía asignada la función de Jefe de maniobra y un oficial del astillero como coordinador de todos los

apoyos. Además, se contaba con el apoyo de dos técnicos de la empresa a la que se le arrendaron los rollers bags.

- **Corte de la bita.**

La primera acción a ejecutar fue la transferencia de la carga hacia el pivote desde la bita mediante el corte de esta última. La operación de corte se inició el 24 de junio a las 13:10 horas con el tesado de las líneas de maniobra para asegurar la posición del dique.



Corte de la bita.

A las 14:00 horas se dio inicio al corte de la bita que fue planificado y ejecutado en forma perimetral para que el traspaso de la carga se produjera gradualmente. Para la maniobra se usó inicialmente un equipo de oxicorte y una vez que las condiciones de extracción de gases desde el interior del cofferdam fueron las adecuadas, se continuó cortando con lanza térmica.

Después de 6 horas de trabajo se dio término al corte y se pudo comprobar a bordo del dique "Young", que la transferencia de la carga desde la bita al pivote fue gradual y controlada. Estábamos listos para pasar a la maniobra de giro.

- **Operación de giro.**

El viernes 25 de junio a las 08:30 horas se dio inicio a la maniobra de giro con el inflado de los rollers bags.

La idea era mantener una capacidad de levante pareja de acuerdo a la distribución de rollers que se había diseñado, para evitar esfuerzos no deseados sobre el dique.

Al mismo tiempo se dio inicio a la acción de tesar los distintos aparejos, la que no estuvo exenta de dificultades, habida cuenta que, se produjeron algunos inconvenientes con las cañas de alambre por atrapamiento. Una hora después de iniciado el inflado de los roller bags, se apreció que el dique comenzó a levantarse desde su posición de apoyo en el muelle. A las 10:30 horas el ATF "Galvarino" comenzaba a tesar la línea de tracción desde su posición atracado al muelle Chacabuco, no obstante, algunos minutos después se cortó la citada línea.

Efectuado un análisis de por qué había ocurrido el corte de la línea de tracción, se concluyó que el dique no había despegado en forma pareja desde su posición de apoyo en el muelle. Se revisó la posición de los roller bags y se hicieron los cambios en la distribución de presiones para solucionar el problema, no obstante, aproximadamente a las 11:00 horas se produjo un reventón del roller N° 10, lo que obligó a detener la maniobra para cambiarlo por uno de repuesto.



Se inicia el inflado de los rollers bags.

A las 12:00 horas se retomó la maniobra con el ATF "Galvarino" tractando nuevamente, apoyado por los respec-

tivos tractores en tierra. A las 12:35 horas se suspendió definitivamente la maniobra, pues se produjo una deformación en la plataforma de giro.



Se produce una deformación en la plataforma de giro.

El mismo día y después de un descanso de aproximadamente tres horas, en el que algunos aprovecharon de ver en TV la transmisión del partido de fútbol del mundial entre las selecciones de Chile y España, se procedió a evaluar la falla ocurrida y se pudo concluir que la causa principal era la siguiente:

- Se usó una incorrecta distribución de los rollers bag en la plataforma de giro, lo que sumado a una lectura inexacta de las presiones de inflado, no permitieron obtener una capacidad de levante pareja del dique. Cabe agregar que el reventón del roller N° 10 se produjo porque el sector donde trabajó no estaba correctamente despejado de elementos cortantes.
- Se dispuso reparar las deformaciones de las planchas y reubicar la posición de los roller bags, trabajo que fue terminado en horas de la madrugada del día 26.

El día sábado 26 de junio a las 09:05 horas se dio inicio a la maniobra con el inflado de los rollers bags y a las 09:32 horas el dique ya había despegado en forma pareja, por lo que las condiciones para tractar estaban dadas. En esta ocasión se agregó

al "Fueguino" para que apoyara la maniobra del ATF "Galvarino".



Se inicia la maniobra de tractado por el ATF "Galvarino".

A los 10 minutos de haber comenzado el ATF a tractar, se pudo apreciar que en la posición en la que se encontraba atracado al muelle no tenía un ángulo adecuado, lo que sumado a algunos inconvenientes ocurridos con el towing de remolque, se le dispuso que se largara del muelle y tractara con ambos motores y con proa hacia la entrada de la dársena. Cabe agregar que la maniobra descrita fue apoyada por las líneas de tracción en tierra, donde también se presentaron algunas dificultades, especialmente en la posición 4 donde el tractor resbalaba y se enterraba.

A las 10:30 horas el dique comenzó a girar moviéndose inicialmente un ángulo de 30°. Una vez verificado que el submarino se encontraba sin novedad en el interior del dique y que las estaciones de maniobra se encontraban sin novedad, se continuó con la maniobra de tractado a la que se integró el RAM "Tepual" que fue dirigido por el práctico oficial de Talcahuano.



A las 11:50 se completó la maniobra de giro del dique.

Después de dos movimientos y paradas intermedias para reposicionar algunas maniobras y afirmar algunos puntales en el interior del dique, a las 11:50 horas, se completó la operación de giro del dique. Se había logrado el objetivo y el conjunto dique-submarino se encontraba seguro disminuyendo su ángulo de trimado de 8° a 6° y quedando completamente adrizado. Ahora faltaba dar el último paso, el ansiado lanzamiento.

- **Maniobra de lanzamiento.**

Tal como se indicó en el título "Alternativas de desvaramiento estudiadas", para poder cumplir la tarea, era necesario fabricar e instalar debajo del fondo plano del dique una plataforma que hiciera las veces de grada de lanzamiento. El diseño fue realizado por el grupo de ingenieros del astillero y se decidió emplear perfiles soldados a la plataforma ya existente y cortar el sector del molo correspondiente a la manga del dique para dar continuidad a la superficie de deslizamiento y de esa forma disminuir al máximo la distancia entre el muelle y el agua para evitar esfuerzos mayores durante la caída del dique.

La construcción de la plataforma usada para el giro del dique, constituyó un gran paso previo para lo que se debía hacer ahora, pues en la citada obra se dejó un espacio para la instalación del pivote que ahora se usaría para montar la plataforma de deslizamiento. Por su geometría fue denominado como "trinchera".



El pivote sufrió deformaciones que hicieron necesario que fuese cortado.

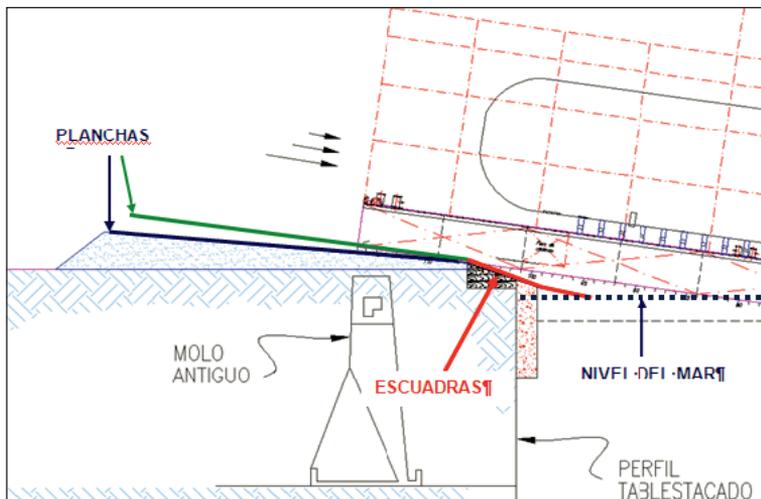
- **Corte del pivote.**

El primer paso concebido en la operación de lanzamiento fue el desmonte del pivote, con el objeto de transferir la carga de este elemento hacia las maniobras de sujeción que se instalaron y emplearon durante la maniobra de giro, especialmente la posición N° 5. Si bien el desmonte del pivote estaba planificado ejecutar pocas horas antes de la maniobra de lanzamiento, los esfuerzos

que se generaron con el dique en la posición final de giro y las variaciones de marea, motivaron un cambio en el plan. El pivote sufrió deformaciones que hicieron necesario que fuese cortado y de esa forma traspasar la carga a las maniobras de sujeción y evitar atrasos el día de la maniobra.

- **Corte del molo.**

El corte del molo permitía extender la rampa existente hasta llegar al nivel del agua con un



Se dejó un espacio para la instalación del pivote, por su geometría fue llamado "trinchera".



Para efectuar el corte del molo se evaluaron tres cursos de acción: Empleo de explosivos, empleo de lanza térmica y empleo de hilo diamantado.

ángulo aproximado de 24°, disminuyendo de esa forma la caída libre o "saludo" durante el lanzamiento.

La actividad consistía en cortar un tramo de aproximadamente 20 metros de largo de la viga de coronamiento con un corte vertical de 2,5 metros y un ancho de aproximadamente un metro.

Para efectuar el corte se evaluaron tres cursos de acción:

- Empleo de explosivos, alternativa que fue desechada debido a la dificultad para controlar la cantidad de explosivo a utilizar, teniendo presente que se trabajaría debajo del fondo plano del dique con el submarino en su interior.
- Empleo de lanza térmica, opción que se desechó después de realizar una prueba en un sector del mismo muelle, habida cuenta que, el rendimiento era muy bajo.
- Empleo de hilo diamantado, alternativa que fue probada en otro sector del mismo muelle y que consiste en un sistema de poleas montadas con un cable

de acero recubierto por caucho y puntas de acero endurecido, que fijadas a la superficie a cortar, y alimentadas eléctricamente, giran a una gran velocidad produciendo cortes verticales u horizontales dependiendo de la forma como se fijan a la superficie a cortar. Esta alternativa fue la elegida y el trabajo a realizar era cortar 13 bloques de 1,5 metros de largo y 1,6 metros de altura.

La faena de corte estaba planificada ejecutarla en aproximadamente 15 días, no

obstante, se tomó la decisión de aumentar el largo de los bloques para acortar el tiempo. Finalmente se cortaron bloques de 1,5, 3 y 4,5 metros de largo en un plazo de 10 días.

Cabe agregar que los bloques fueron lanzados al mar y para poder hacerlo, se instalaron gatas hidráulicas que entregaron la fuerza necesaria para moverlos.

Asimismo, es necesario destacar que el corte de los bloques se hizo desde el mar hacia el molo, por lo que fue necesario instalar todo el equipo sobre una plataforma de apoyo y trabajar bajo el fondo plano del dique.



Montaje de la grada de lanzamiento.

- **Montaje de la grada de lanzamiento.**

Una vez desmontado el pivote y cortado el molo, había que instalar una grada ubicada a continuación de la rampa que había sido utilizada para el giro. La citada grada fue concebida para que el dique pudiera deslizarse hasta ingresar al agua.

Se diseñó una estructura que contó con 7 vigas unidas por soldadura y con un ángulo de suavización que permitiera minimizar los esfuerzos generados por la caída del dique. La estructura en concreto se extendería hasta aproximadamente un metro más hacia afuera del muelle y hasta una profundidad aproximada de dos metros medidos desde el extremo superior o "corona" del molo.

En concordancia con lo expresado en los párrafos anteriores, para disminuir la distancia de caída del dique, la operación de lanzamiento tenía que ejecutarse de preferencia en sicigias, situación de marea que se daba durante la primera quincena de julio. No obstante, el término de los trabajos de construcción e instalación de la plataforma de deslizamiento estaba previsto para fines del mismo mes, situación que motivó un gran esfuerzo, especialmente por parte de la dotación del astillero para poder estar listos en la fecha requerida considerando además que todo el trabajo se realizó en incómoda posición por debajo del dique.

Finalmente, después de 8 días de trabajo, la grada de lanzamiento estaba lista para ejecutar la maniobra en la que el dique con el submarino en su interior, se desplazaría sobre la rampa de 5° para pasar a la grada con 24° de inclinación.



Todo el trabajo se realizó en incómoda posición por debajo del dique.

Cabe destacar que debido al peso por alto aportado por el submarino al dique, existía una disminución de la altura metacéntrica (GM) con la consiguiente desmejora de sus condiciones de estabilidad. Con el objeto de mejorar la situación descrita se instaló un roller bag por banda al costado del dique, para aumentar su manga y la fuerza de boyantez y como consecuencia, el GM.



Se instaló un roller bag por banda al costado del dique.

- **Ejecución de la maniobra de lanzamiento.**

Se concibió un plan de ejecución de la maniobra de lanzamiento que consideró aproximadamente la misma cantidad de personas que participaron en la maniobra de giro. Esta vez, la partida control a bordo conformada por el grupo de achique y de apuntalamiento dotado con personal del submarino, personal del astillero y de la partida de salvataje, fue reforzada y con su comandante a la cabeza, tenía la misión de verificar permanentemente la condición del submarino durante el movimiento.

La secuencia de maniobra era la siguiente:

- Dejar el dique afirmado hacia tierra solo con el cáncamo central, posición N° 5, por lo que era necesario largar desde el dique las espías que estaban pasadas hacia el molo y cortar las maniobras de sujeción laterales ubicadas en la posición N° 3 y N° 7.
- Una vez realizado lo anterior, cortar la maniobra central N° 5, con lo que el dique quedaría sin ninguna fuerza que lo afirmara hacia tierra.
- En caso que el dique no se moviera por su propio peso, aplicar una fuerza en dirección hacia el mar con dos gatas hidráulicas de 100 toneladas cada una.
- Aplicar una fuerza de tracción con la ayuda de un remolcador y trasladar el dique hacia el dique seco N°1.

El miércoles 14 de julio a las 09:15 horas se hizo un breafing con el personal que participaría en la maniobra y se reforzaron algunas ideas que apuntaban a mantener lo que desde mi perspectiva constituyó la clave del éxito de toda la operación realizada, "el trabajo en equipo", donde cada persona tenía

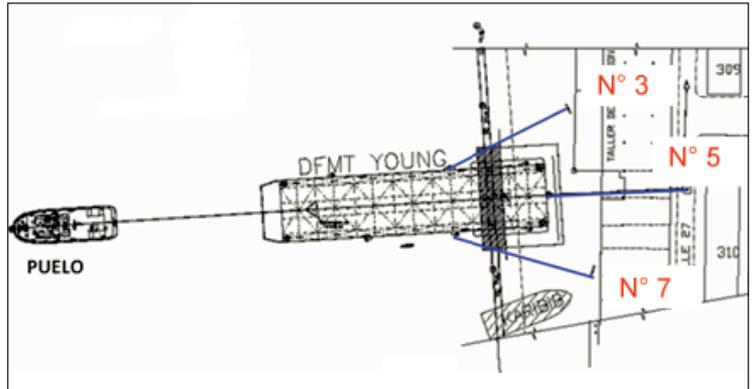


Diagrama de la maniobra de lanzamiento.

una tarea que cumplir y su esfuerzo era importante para el resultado final.

A las 09:25 horas se inició la maniobra con el largado de las espías N° 1 y N° 2 desde el dique. A las 10:00 horas el remolcador "Puelo" con el práctico oficial de Talcahuano a bordo, se encontraba listo con su espía de remolque pasada a popa del DF "Young".

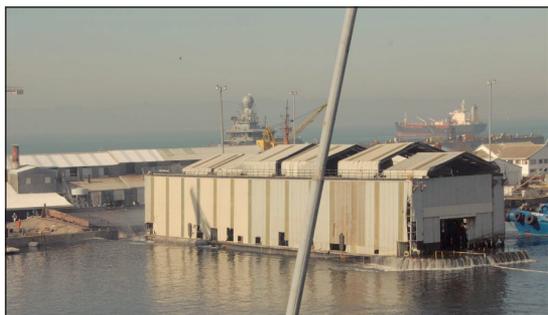
A las 11:33 horas se largó la maniobra de la posición N° 3 y a las 11:38 horas la de la posición N° 4. Ambas fueron cortadas por personal de la Partida de Salvataje con un equipo de oxicorte, tarea que se ejecutó sin inconvenientes y sin ningún efecto sobre el dique.

A las 11:45 horas, 40 minutos antes de la pleamar, se inició el corte del cable central (maniobra N° 5), tarea que se realizó con una lanza térmica, habida cuenta que, con el citado elemento se podía mantener a la persona que estaba haciendo el trabajo a una distancia prudente y alejada del cáncamo para evitar accidentes por un posible movimiento brusco al cortarse el cable que se encontraba con tensión. Al mismo tiempo el remolcador "Puelo" tesó su espía de remolque.

Aproximadamente un minuto después, a las 11:46 horas el cable central se cortó y el dique no salió



Inicio de las maniobras con el largado de las espías.



Se había logrado el objetivo, el dique con el submarino en su interior se encontraban sin novedad.

de su inercia, por lo que era necesario utilizar las gatas hidráulicas. A las 11:48 horas el dique se movió y se deslizó hacia el agua de acuerdo a lo planificado con la acción de ambas gatas hidráulicas que cargaron aproximadamente 48 toneladas de empuje.

Se había logrado el objetivo, el dique cayó al agua adquiriendo una inercia que tuvo que ser controlada con el "Puelo" que logró aguantarlo aproximadamente a unos 10 metros de distancia del muelle que estaba al frente en la dársena. La partida de apoyo a bordo reportó que se habían soltado algunos puntales, pero el submarino en su interior se encontraba sin novedad. Sonaban los vítores, pitos y sirenas, se podía celebrar, pues la tarea más desafiante que había sido asignada al C.O.R.S.A. se había cumplido.



A las 12:16 horas el DF "Young", ingresaba al dique seco Nº 1 de Asmar Talcahuano.

A las 12:16 horas el DF "Young" ingresaba al dique seco Nº 1 de ASMAR (T) para continuar con su proceso de recuperación que 138 días antes había sido interrumpido en esa fatídica madrugada del 27 de febrero del 2010.

- **Algunas reflexiones.**

- Con el paso del tiempo y la calma que permite reflexionar sobre la magnitud de la operación realizada, se refuerza la convicción de que nuestra Institución cuenta con profesionales de primer nivel y preparados para entregar el máximo de sus capacidades cuando se requiere.
- No existe ningún manual disponible en el mercado que explique cómo desvarar un dique con un submarino en su interior con aproximadamente 1700 toneladas de peso y enterrado en una bita. Es por esa razón que el ingenio desplegado por el grupo que integró este equipo de salvataje fue notable, especialmente aquellos profesionales pertenecientes al área de construcción naval del astillero que trabajaron estrechamente coordinados con el Jefe de Proyecto, un ingeniero naval que tuvo que dejar sus funciones como Ingeniero de Cargo de una fragata de la Escuadra para integrarse al C.O.R.S.A.
- A todos ellos y a todos los que tuvieron el privilegio de formar parte de este Comando de Rescate y Salvataje, decirles que la magnitud de la operación realizada no tiene parangón en la historia de la Armada de Chile y demuestra con creces la enorme capacidad técnica de la ingeniería naval chilena.

* * *