

ARMADA ARGENTINA
DIRECCIÓN GENERAL DEL MATERIAL NAVAL
DIRECCIÓN DE SISTEMAS DE APOYO
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS

PROYECTO:

**“REPARACIÓN INTEGRAL DEL DIQUE DE CARENA N°2 Y
MODERNIZACIÓN DE SUS SISTEMAS ASOCIADOS”**

- ARSENAL NAVAL PUERTO BELGRANO -**
- BASE NAVAL PUERTO BELGRANO -**
- PROVINCIA DE BUENOS AIRES -**

Documento elaborado por personal técnico de la Dirección de Infraestructuras de la Armada Argentina:

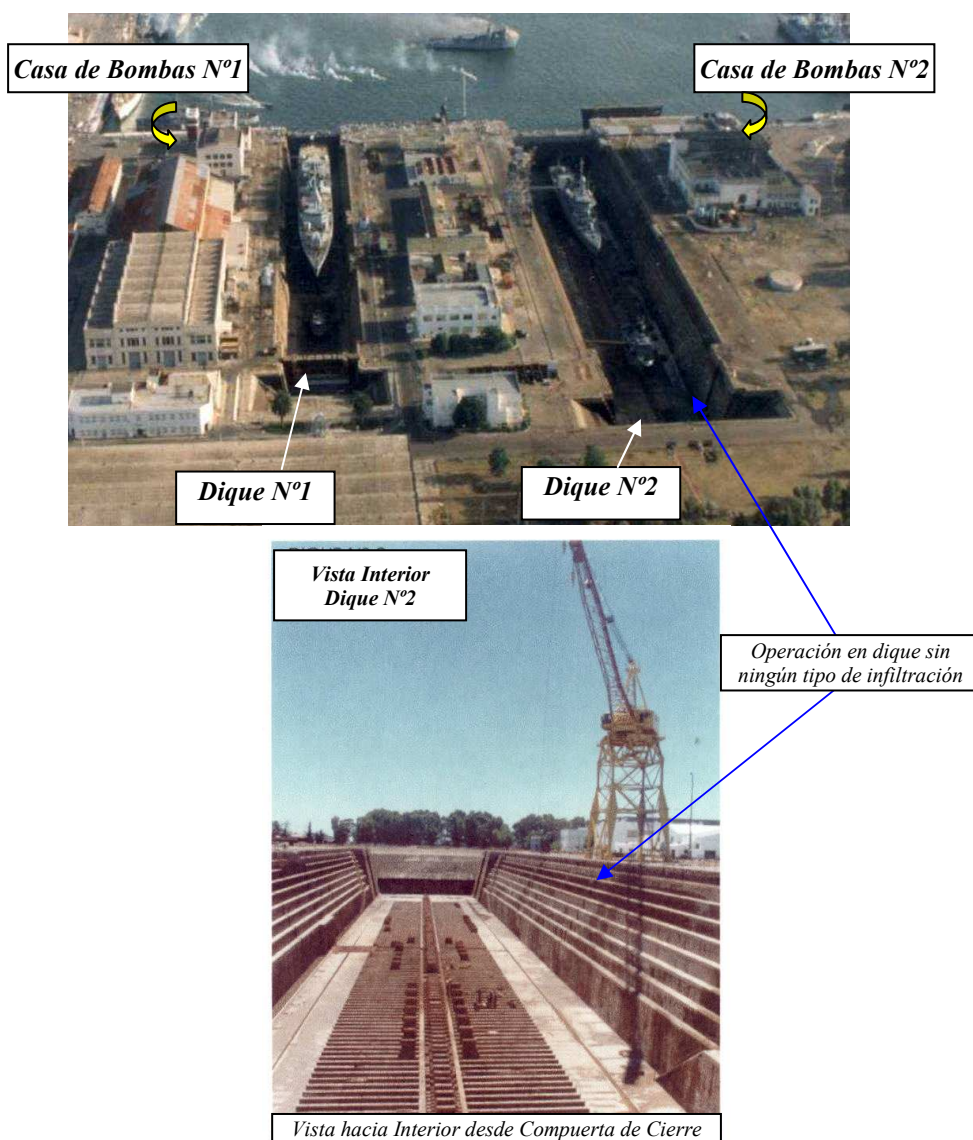
Capitán de Corbeta Ingeniero Civil y Portuario Gerardo Eladio BOCCARDO
Matrícula C.P.I. 14.982
E-mail: geboccardo@ara.mil.ar – Tel. +54 – 11 - 4317-2000 Interno 3487

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- El Dique de Carena N°2 es una instalación emplazada en la Base Naval de Puerto Belgrano (BNPB). Esta Base Naval es una obra de ingeniería de gran envergadura que fuera proyectada por el Ing. LUIGGI, en las últimas décadas del siglo XIX. Se ubica a 700 Km. al Sur de Capital Federal, colindante con la ciudad de Punta Alta de la Provincia de Buenos Aires.

Para la reparación de los buques cuenta con dos Diques Secos. En el año 1902 se inauguró el Dique N°1, construido por la firma DIRKS y VAN HATTEN y en el año 1917 el Dique N°2, construido por la firma DICKERHOFF & WIDMNANN S.A., siendo la responsabilidad de la operación de estas instalaciones el Arsenal Naval Puerto Belgrano (ARPB).

Las siguientes imágenes muestran la magnitud de las instalaciones mencionadas.



Dimensiones	Eslora (largo) (m)	Manga (ancho) (m)	Calado (pies)
Dique N°1	211	20	32
Dique N°2	234	33	45

Estas instalaciones han venido prestando servicios durante los últimos noventa años, período éste que se puede considerar como límite aceptable de Vida Útil de una obra de ingeniería portuaria de gran envergadura con estas características.

El objetivo principal de un dique seco, es generar un recinto totalmente estanco tal que una vez que haya sido puesto en seco y con el buque en su interior, efectuar reparaciones (planificadas o de emergencia) relacionadas con carenados, cambios de chapa en el casco del buque, trabajos sobre líneas de ejes, timón, hélices, domo sonar, etc.

Sintéticamente podemos describir al Dique de Carena N°2 como un gran recinto de 234 m de desarrollo longitudinal y una manga (ancho) máximo (a nivel de solera) de 35m, la altura total desde el nivel del coronamiento (COTA +6,00) hasta la platea de fondo (COTA -11,30) es de 17,30m. Sobre las compuertas, una vez vaciado el dique, actúa una columna de agua del orden 15,00m (pleamar) y un mínimo de 11,50m (bajamar). La manga y calado con que cuenta el Dique N°2 es un parámetro fundamental. En Argentina, en la actualidad no existen en forma operativa astilleros con la capacidad indicada anteriormente.

En las últimas operaciones que efectuó el dique, el vaciado del mismo se realizaba en un lapso de aproximadamente 6 hs.

Ambos diques poseen un sistema de cierre a través de dos compuertas, una compuerta corrediza y la otra flotante.

La finalidad de contar con un sistema de cierre con estas características es, una vez colocada la compuerta flotante, poder realizar las reparaciones sobre la compuerta corrediza y aquellas otras que sean necesarias efectuar sobre los muros de apoyos de la misma y en el recinto denominado ‘receso’, donde queda alojada ésta al abrir el dique. Como segundo objetivo, en casos de requerirse, es incrementar la capacidad del dique en aproximadamente 10 metros adicionales permitiendo entrar buques de mayor eslora.

Las compuertas están conformadas por una estructura metálica materializada con perfiles laminados, con una envolvente de chapa similar al casco de un buque, son de geometría, en vista, ‘trapezial’ (base mayor superior, base menor inferior) y poseen sus correspondientes tanques de lastre.

Cuando no se opera con la compuerta flotante, a la misma se le vacían los tanques de lastre y se la amarra en uno de los muelles laterales al dique; mientras que a la compuerta corrediza, cuando se opera con la compuerta flotante, se la ubica dentro del ‘receso’.

El principio mediante el cual se produce el cierre (sellado) de las compuertas es provocado por la diferencia de presión hidrostática que se va generando y creciendo en forma gradual a medida que se achica el dique. La mayor presión exterior al dique, presiona sobre la compuerta generando el contacto entre los dos bordes inclinados y el inferior horizontal de la compuerta contra los apoyos de piedra del dique propiamente dicho. Estos bordes de la compuerta están forrados con tablonces de madera dura (anchico) denominados ‘botazos’.

SITUACIÓN ACTUAL

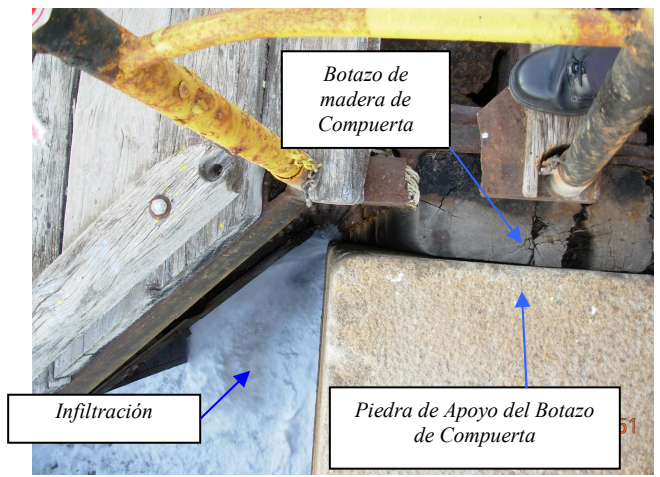
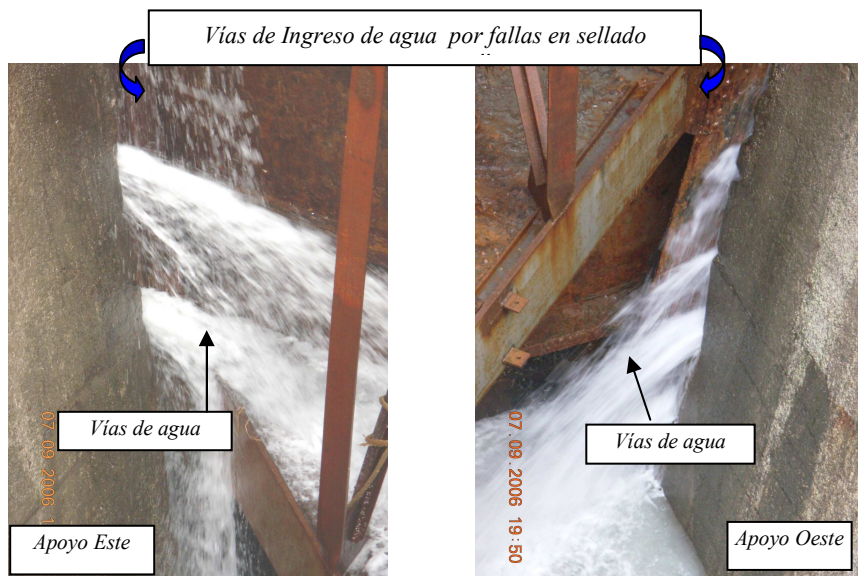
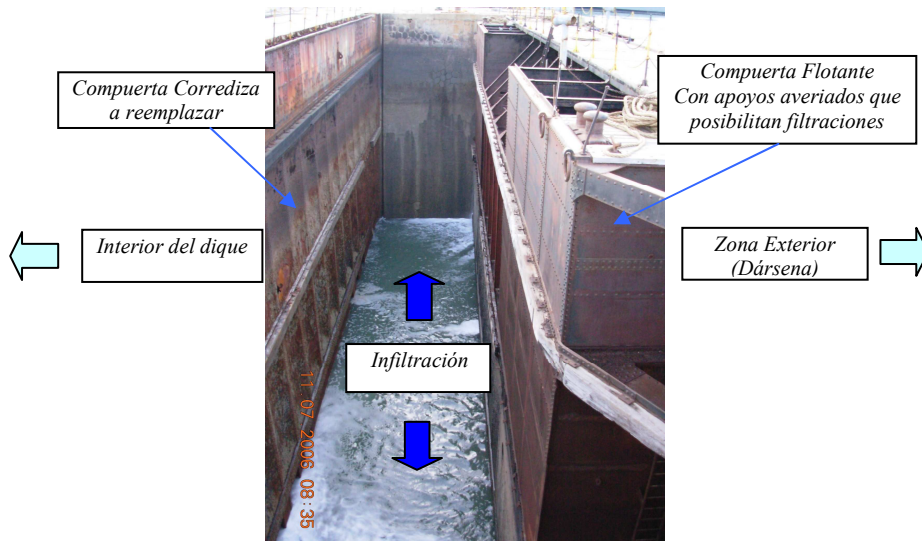
En mayo de 2007 se produjo una importante avería en la estructura del Dique en sectores ‘críticos’ correspondientes a la zona que sirve de apoyo a los ‘botazos’ de la compuerta flotante. En esa oportunidad varias de las piedras que conforman dicho apoyo colapsaron, produciéndose desprendimientos de sectores de las mismas, generando importantes vías de ingreso de agua. La mayoría de los sectores averiados se encuentran siempre por debajo del nivel de bajamar, situación que imposibilita la reparación subacua y directa de los sectores averiados como consecuencia de la elevada turbidez del agua.

Al momento de producirse la avería indicada, el dique se encontraba sin agua, en mantenimiento, con operarios efectuando trabajos de limpieza de túneles y de la cámara de aspiración de bombas principales, quedando todas las herramientas (carretillas, volquetes, etc.) bajo agua.

La Armada Argentina, previo a este hecho, había comenzado con la construcción de una nueva compuerta corrediza que estaría disponible para octubre/noviembre del corriente año. La instalación de ésta hubiese sido factible bajo las condiciones preexistentes a mayo de 2007 e imposible ante las actualmente imperantes.

En la siguiente imagen se aprecia la acumulación de agua entre las dos compuertas como consecuencia de las filtraciones provocadas por fallas de estanqueidad en el cierre de la compuerta flotante.

Las siguientes imágenes muestran la magnitud del problema provocado por el ingreso de agua al interior del dique, además de lo complejo que resulta su reparación.



A la Obra civil hasta acá descrita, la complementan los sistemas electromecánicos e hidráulicos (conductos de agua de lastre e incendio, de aire comprimido, bombas, motores, válvulas de cierre, etc.). Los principales se encuentran instalados en un local llamado Casa de Bombas. El nivel de piso de esta sala se encuentra a -5,70m respecto del nivel 0,00m. Como consecuencia de ello todos los muros envolventes de esta edificación están sometidos en forma permanente al efecto de la presión hidrostática, con un valor fluctuante con la variación del nivel de marea. En la actualidad podemos observar importantes filtraciones provenientes desde el exterior. La cota del coronamiento del dique es +6.00m.

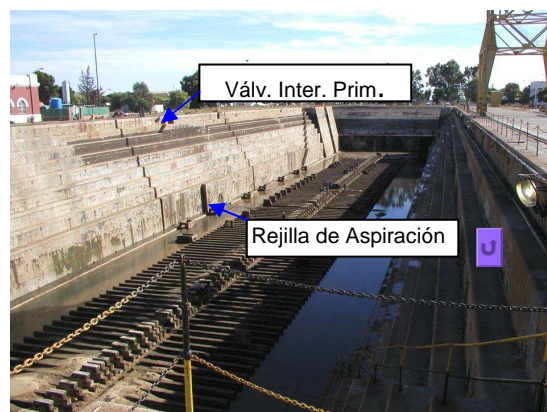


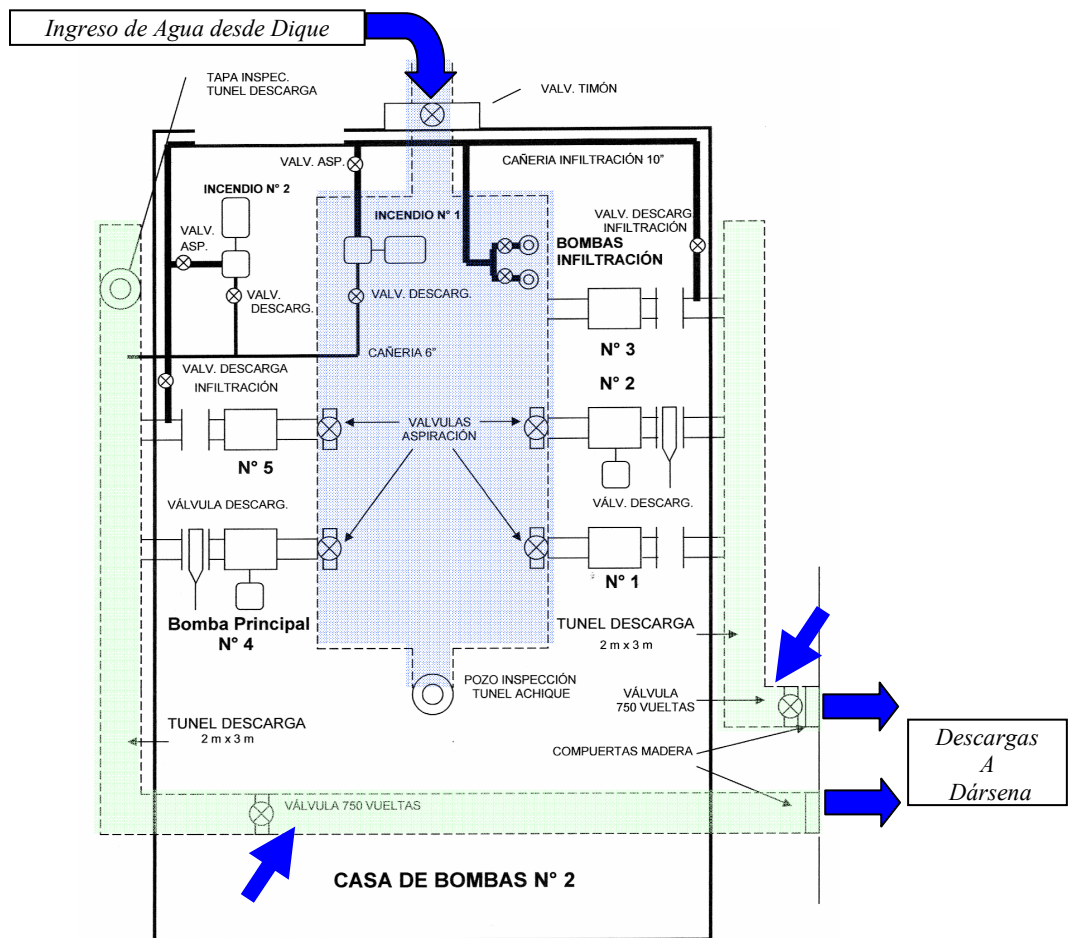
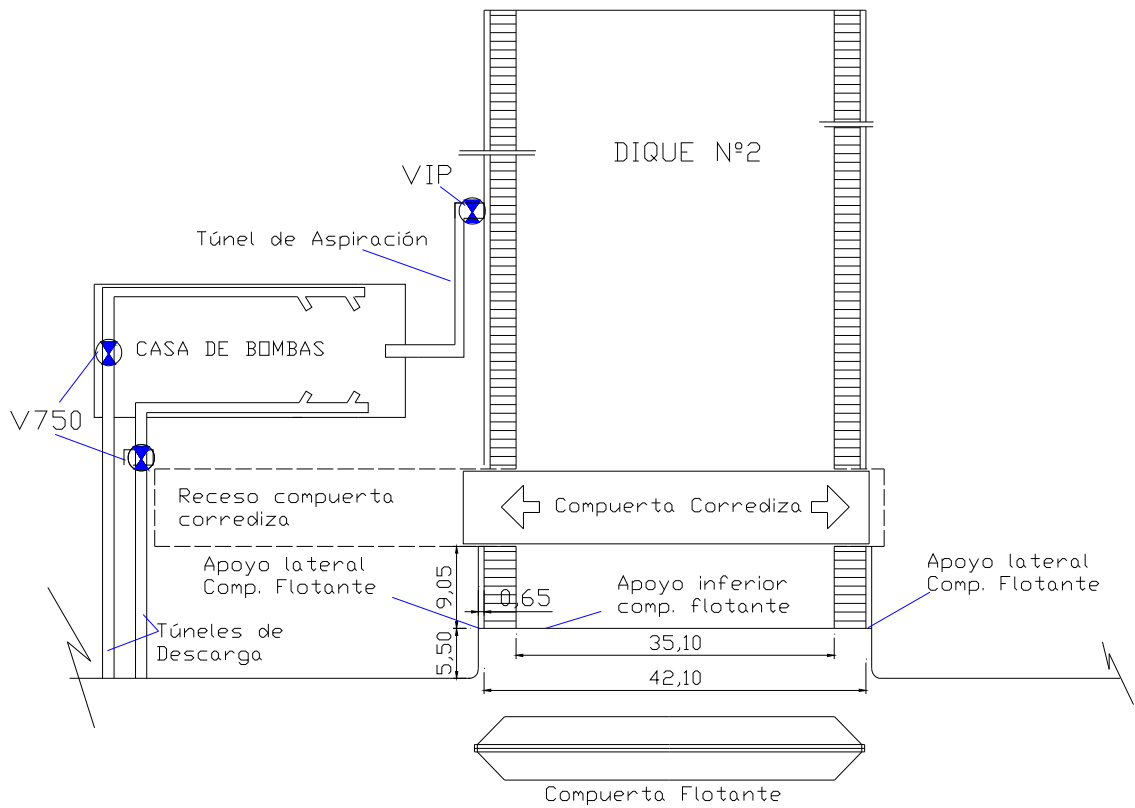
Dentro de las diferentes válvulas que hacen a la operación del Dique, existen tres válvulas que permiten aislar de manera completa la Casa de Bombas del propio dique y de la dársena.

Estas válvulas son:

Válvula Interceptora Primaria (VIP): Instalada inmediatamente aguas debajo de la reja ubicada a media eslora, sobre la banda sur del dique. Esta válvula aísla a la Casa de Bombas del dique propiamente dicho.

Válvulas de Túneles de Descarga: Denominadas Válvulas de Setecientos Cincuenta Vueltas V750, son dos válvulas instaladas sobre los dos túneles de descarga aislando la Casa de Bombas de la dársena.





El escenario actual obligó a replantear la metodología prevista inicialmente para la reparación del dique a causa de los siguientes condicionantes:

- Ante las importantes averías que presentan los bloques de piedra donde apoya la Compuerta Flotante, es imposible poner el dique en seco a fin de obtener las condiciones de trabajo necesarias, tal que permitan en un primer lugar retirar la Compuerta existente para luego proceder a la instalación de la nueva Compuerta Corrediza.
- Se plantea la necesidad de ejecución de un sistema de cierre ‘externo’ que permita poner en seco la boca del dique para efectuar la reparación de los apoyos de las compuertas corrediza y flotante.
- Es ‘imposible’ plantear en una única etapa un proyecto de reparación integral del Dique y sus sistemas asociados, ya que al encontrarse el mismo cubierto por las aguas, no es factible llevar a cabo todos los estudios necesarios para evaluar las diferentes patologías existentes en el Dique. Es indispensable efectuar una serie de trabajos complementarios de campo y laboratorio, que bajo las condiciones actuales es imposible desarrollar.

De allí, que ante el escenario que se presenta, se decidió implementar la reparación integral del Dique N°2 y Sistemas Asociados en dos Etapas

PLAN PARA LA REPARACIÓN INTEGRAL DIQUE DE CARENA N°2 Y MODERNIZACIÓN DE SISTEMAS ASOCIADOS

Las dos etapas en que está planteada la reparación y modernización del dique N°2 comprenden:

ETAPA I

1. Obra Civil:

- 1.1 - Obra auxiliar de cierre de la boca del dique N°2 mediante la ejecución de la ataguía conformada por coferdams de celdas y entreceldas circulares.
- 1.2. - Desguace compuerta corrediza existente.
- 1.3. - Reparación de los apoyos de las compuertas flotante y corrediza.

2.- Reemplazo de las siguientes válvulas:

- 2.1.- Válvula Interceptora Primaria (VIP).

2.2.- Válvulas de Cierre Túneles de Descarga (válvulas de setecientos cincuenta vueltas – V750) una válvula por cada túnel.

3.- Estudios de investigación en base a los cuales se definirán trabajos de reparaciones y modernización correspondiente a la Etapa II.

La inclusión en la Etapa I de las tareas enunciadas en punto 2, permitirá aislar totalmente la sala de la Casa de Bombas a fin de restituir una mínima seguridad en la operación del dique y efectuar trabajos de reparación del resto de los componentes del ‘sistema dique’, principalmente en el interior de la Casa de Bombas.

ETAPA II

Comprende:

1. Muros Laterales: Consideraciones y análisis sobre la necesidad de la incorporación de filtros para la canalización del agua de napa, tratamiento de juntas, revestimientos, etc.
2. Túneles de achique: Inspección de juntas, revestimientos, etc.
3. Losa de Solera del Dique (losa de fondo) Reparación de estructura y de sectores con efecto de ‘bombeo’, estudios de subpresiones, etc.
4. Casa Bombas. Se efectuarán los estudios para reparar la casa de bombas existente.
5. Reparación y modernización edificio de Usina y demolición de infraestructura obsoleta.
6. Construcción de una nueva Sala de Comandos para la Operación del Dique N°2, incluye alojamiento para personal de guardia, oficina, etc.
7. Modernización de todos los sistemas asociados al Dique N°2 bombas, válvulas, incendio, lastre, etc. que hacen a su operación y/o funcionamiento.

PROPUESTA DE REPARACIÓN DEL DIQUE DE CARENA N°2

1. OBRA AUXILIAR - ATAGUÍA DE CIERRE TEMPORARIO DE LA BOCA DE ACCESO AL DIQUE DE CARENA N°2

Puesta en Seco

En la etapa de análisis y estudio del problema se plantearon distintas alternativas para efectuar el cierre de la boca del dique, inclusive hasta la de poner una tapa externa a la

boca de acceso apoyada sobre los muros laterales a ésta. La tapa indicada estaría compuesta por la compuerta flotante existente, a la que se le adicionarían módulos metálicos con una conformación / configuración similar a la estructura de la compuerta, a fin de que con la prolongación obtenida se alcanzase a hacer contacto con los muros frontales laterales a la boca de acceso del dique. Se concluyó que esta alternativa no es factible como consecuencia del umbral saliente, respecto del plano de muros, que presenta la solera del dique y por la pendiente (1h : 20v) hacia la dársena de dichos muros.

A consecuencia de ello se comenzaron a delinear posibles soluciones con estructuras que avanzaran sobre la dársena, para finalmente definir la propuesta técnica que a continuación se describe.

Como proyecto de cierre se optó por la ejecución de ataguías celulares de planta circular vinculadas entre sí por medio de entreceldas. Este mismo sistema se empleará para la vinculación a los muros frontales de la cabecera del Dique. Las ataguías celulares como las entreceldas estarán rellenas interiormente con material granular.

Aspectos y Parámetros Condicionantes de Diseño.

✚ Niveles de agua en el área:	
✓ PM extraordinaria :	+ 5.25m
✓ PM equinoccial :	+4.25m
✓ PM media :	+3.50m
✓ BM media :	+0.50m
✓ BM equinoccial :	0.00m
✓ BM extraordinaria :	- 0.40m
✚ Nivel coronamiento Dique N° 2:	+ 6,00m
✚ Nivel umbral de solera Dique N° 2:	- 10,60m
✚ Nivel coronamiento de las ataguías de cierre temporario :	+ 5,50m
✚ Nivel inferior tablestacado de ataguía de cierre temporario :	-15,00m

Especificación del proyecto:

Características de la solución de cierre temporario

Configuración Geométrica en Planta (Ver Esquema en Planta):

- ✓ Tres (3) celdas circulares ‘principales’ de diámetro 22,42m.

- ✓ Entreceldas de ancho 2.88m, para vinculación de celdas circulares principales.
- ✓ Celdas laterales para asegurar estanqueidad en el encuentro con los muros frontales de la dársena (de pendiente 1h : 20v), laterales a la boca de acceso.

Relleno interior con material granular (arena)

Ancho de cierre: 54.50m

Se realizaron investigaciones con sus correspondientes estudios geotécnicos en el área de localización de la ataguía, a fin de determinar parámetros físicos y mecánicos del suelo, para ser tomados como base para el predimensionado de los elementos que conformarán la misma. Dentro del citado estudio, también se obtuvieron parámetros de permeabilidad para poder estimar potenciales filtraciones por debajo del nivel de fundación de las celdas, provocadas por la diferencia de presiones una vez puesto en seco el dique.

Del predimensionado surgen los siguientes elementos (Ver Esquema en Corte):

- ✚ Ataguías celulares principales de planta circular: estarán conformadas por tablestacas planas tipo AS 500 de espesor $e=12.5\text{mm}$ y longitud 20.5m (153 kg/m^2) ubicadas a una cota superior +5.50m y cota inferior aproximada de -15.00m.
- ✚ Entreceldas se conforman por tablestacas planas tipo AS 500 con radio de 3.60m cuyas características son equivalentes a las descriptas para la conformación de las celdas.

El proyecto ejecutivo deberá asegurar la estanqueidad del sistema de cierre temporario, materializando una adecuada vinculación entre las 2 celdas laterales y el paramento anterior de la obra civil del Dique N° 2, situados a ambos lados de la boca de acceso al dique (muro de gravedad con pendiente 1h : 20v hacia lado dársena).

El interior de celdas y entreceldas está previsto que sea rellenado con material granular (arena), constituyendo una obra “de gravedad”. (Arena con un ángulo de fricción interna \emptyset de 35°)

Cómputo métrico aproximado:

Provisión de tablestacas de acero:	1050ton
Relleno granular interior:	27.500m ³

A fin de facilitar, posteriormente, la operación de equipos para la ejecución de los trabajos de reparación y mejoras, se respetará una distancia de 5.00m de separación entre el extremo delantero de la solera del Dique y la pantalla de cierre constituida por la ataguía.

El encuentro entre muros laterales del Dique y Celdas extremas de la ataguía se puede ver en el ‘Esquema de Detalles’.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN:

A fin de asegurar la estanqueidad en la interfase pantalla – muro, y teniendo en cuenta la pendiente hacia la dársena de este último, se prevé la ejecución de un elemento metálico de transición, el cual tendrá una geometría equivalente a la de un triángulo rectángulo cuya estructura estará compuesta por perfiles laminados en caliente recubiertos por chapa de acero.

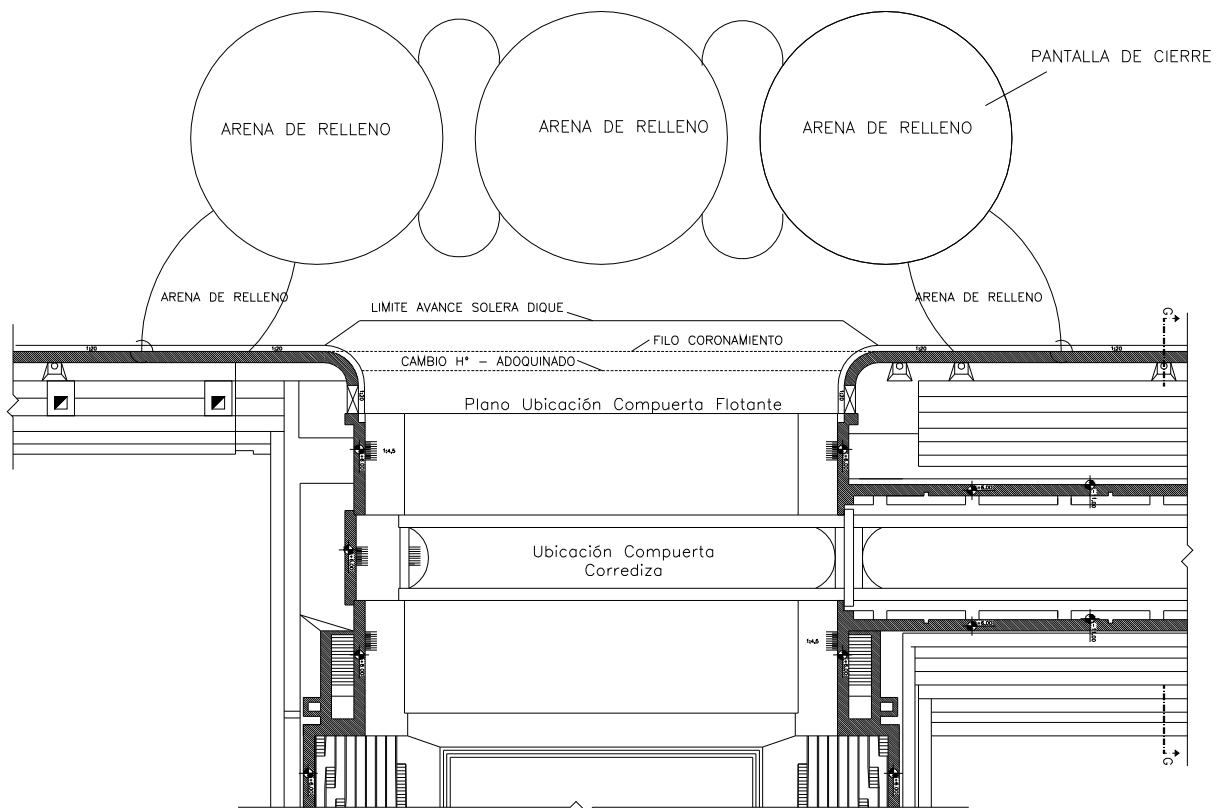
La fijación de este elemento metálico al muro se efectuará mediante brocas. Este elemento, en el área de contacto con el muro, contará con una pieza flexible de caucho tal que al efectuar el ajuste de la broca contra el muro genere el sellado correspondiente.

En el otro extremo de la pieza metálica, mencionada anteriormente, se dispondrá un ‘conector’ a fin de lograr su vinculación con la primer tablestaca plana en el sector de arranque del tablestacado metálico propiamente dicho.

Está previsto que el extremo inferior de la pieza de transición alcance la cota -12.00m.

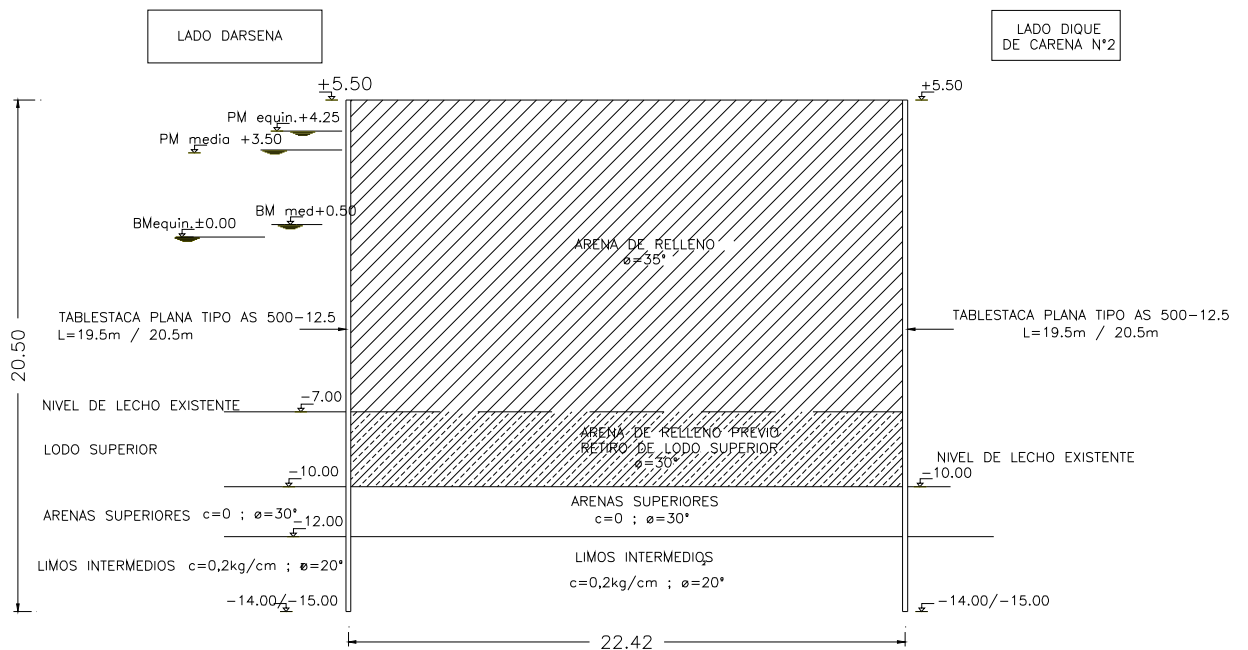
ESQUEMA EN PLANTA

ATAGUIA DE CIERRE

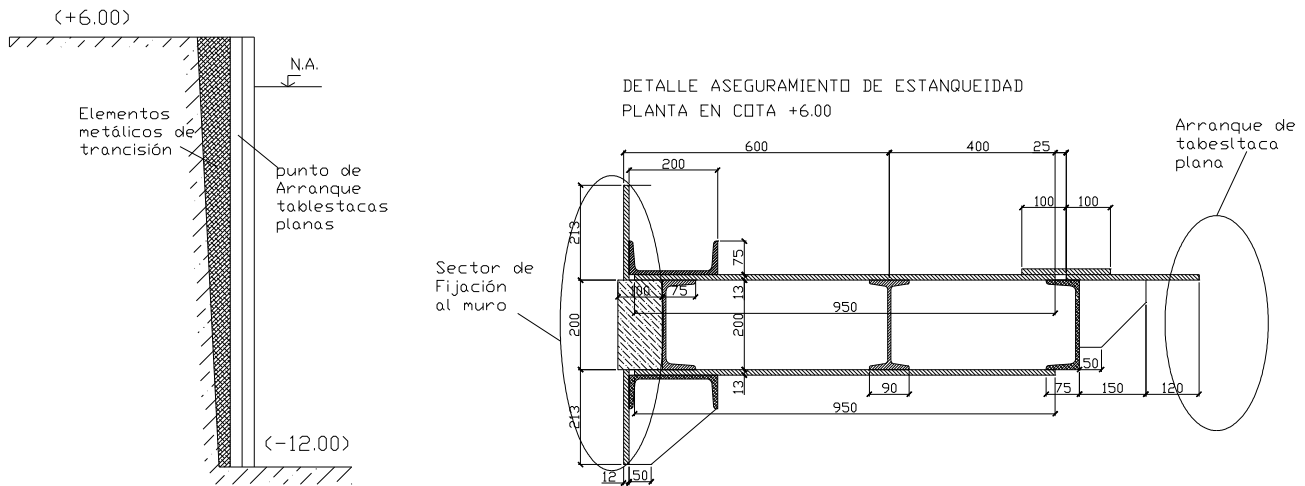


ESQUEMA EN CORTE

CORTE 'CELDA PRINCIPAL'



ESQUEMAS DETALLES



Lograda la ejecución de la solución de cierre temporario del sector de entrada del Dique y una vez puesto en seco el mismo, permitirá la adopción de una secuencia técnica de relevamientos, reparaciones y mejoras de las patologías estructurales existentes.

2. TRABAJOS DE REPARACIÓN Y MEJORAS DE ASIENTOS DE COMPUERTAS

2.1. PROYECTO DE REPARACIÓN Y MEJORAS – ÁREA DE ASIENTO COMPUERTA FLOTANTE

El área de apoyo está constituido por dos caras verticales (inclinadas según el plano de cierre de la compuerta) y una cara horizontal inferior (“umbral”).

Descripción de la solución

Se planteó reemplazar toda la estructura de bloques de piedra que conforma actualmente el área de asiento de la compuerta flotante por una nueva estructura ejecutada en hormigón armado, adecuadamente vinculada a la estructura existente del muro de gravedad y a la losa de fundación a través de barras de unión.

Descripción de los trabajos a realizarse sobre el marco del sistema de cierre

- 1.- Retiro de todos los bloques de piedra existentes en el umbral y en ambos laterales del “marco” de entrada al Dique.
- 2.- Preparación de la superficie expuesta.
- 3.- Sellado de grietas u oquedades mediante inyección de morteros de características cementicias.
- 4.- Colocación de las barras de unión (623 unidades) entre el hormigón existente (anclada mediante anclajes químicos) y la nueva estructura de hormigón armado.
- 5.- Aplicación de un puente de adherencia en toda la superficie expuesta del hormigón existente, asegurando la condición de continuidad entre la estructura existente y la nueva estructura de hormigón armado.
- 6.- Colocación de todas las armaduras de la nueva estructura de hormigón armado montaje de “encofrado deslizante”.
- 7.- Hormigonado de la estructura del “marco” previéndose la ejecución de 4 juntas en ambas caras verticales del “marco” y de 6 juntas en la cara horizontal (“umbral”).

Volumen de hormigón 110m³

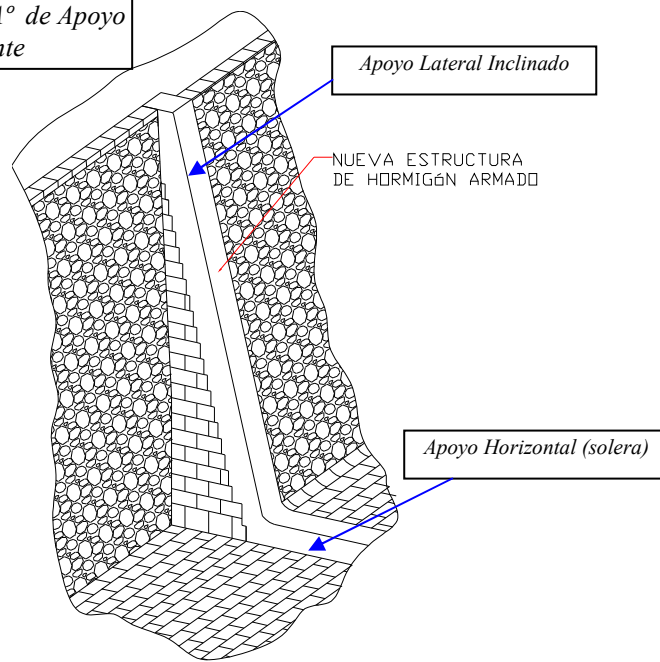
Especificaciones:

- ✓ Hormigón en calidad H-35 - Contenido unitario mínimo de cemento (400kg/m³).
- ✓ Reducir la porosidad del hormigón de manera de asegurar buenas características de durabilidad en ambiente marino.
- ✓ Armaduras de acero conformado tipo III. - Armadura longitudinal y estribos.

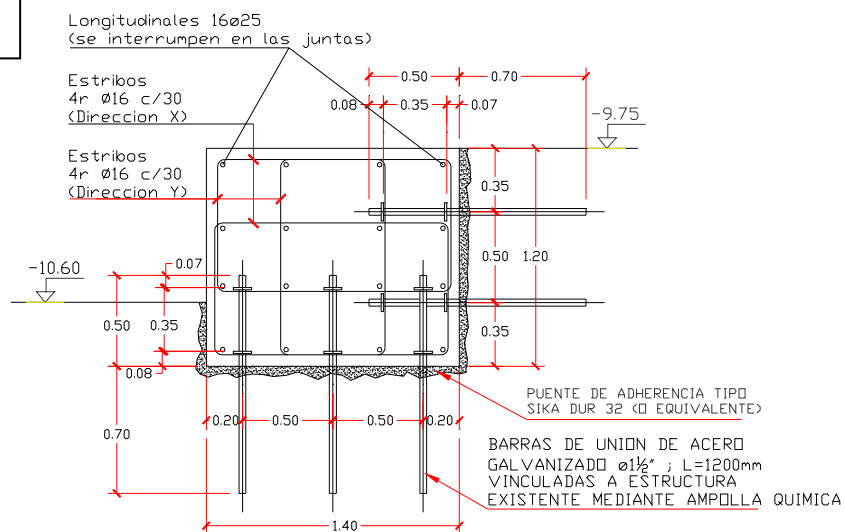
2.2. PROYECTO DE REPARACIÓN Y MEJORAS – ÁREA DE ASIENTO COMPUERTA CORREDIZA

La solución a implementar para la mejora en esta área de asiento es de características equivalentes a la ya descrita para la reparación del área de asiento de la compuerta flotante. Volumen de hormigón 114m³, colocándose la misma cantidad de barras de unión (623 unidades) e igual número de juntas.

Perspectiva de Viga de H^oA^o de Apoyo Compuerta Flotante



Detalle de Viga de H^oA^o de Apoyo Compuerta



3.- VÁLVULA INTERCEPTORA PRIMARIA 'VIP' Y DOS VÁLVULAS EN TÚNELES DE DESCARGA 'V750'

Reemplazo de la válvula interceptora primaria 'VIP' y dos válvulas en túneles de descarga 'V750'.

Características Generales:

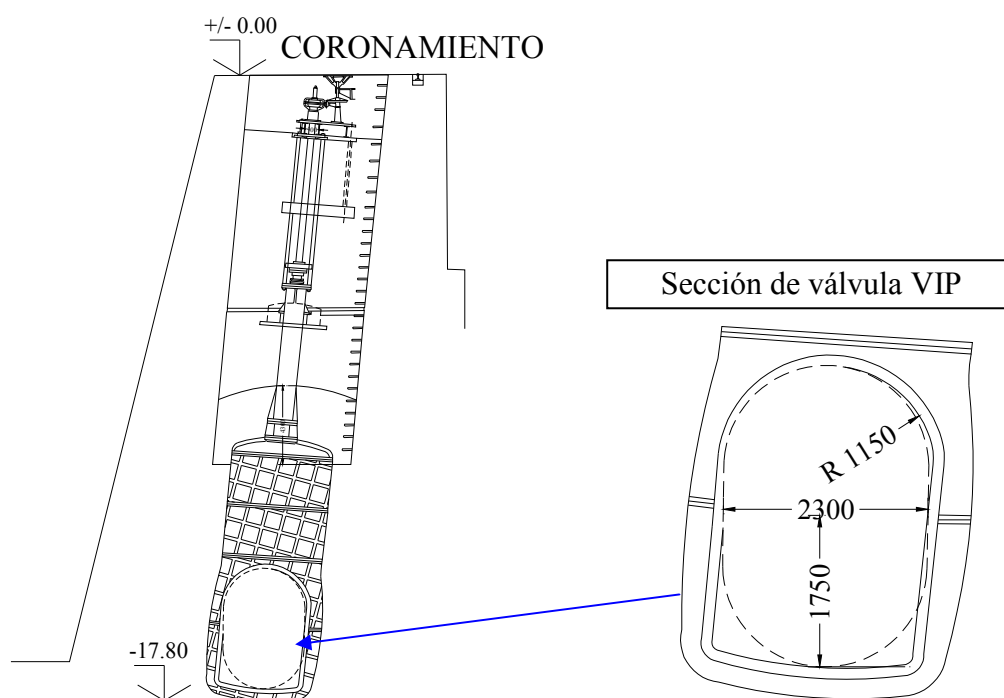
- Las Válvulas serán de tipo exclusiva con cuerpo de acero fundido, con asiento y cuña de acero inoxidable.

- Sistema de apertura y cierre eléctrico – hidráulico con motor, tablero eléctrico y bomba hidráulica.
- Cada válvula contará con sensores de fin de carrera.
- Accionamiento manual de las válvulas motorizadas con posibilidad de operarse manualmente (con un mecanismo para la liberación del volante de manera que éste no gire cuando la unidad está siendo operada en forma motorizada y que también, el motor no gire cuando la unidad este siendo operada manualmente).
- En su accionamiento motorizado, las válvulas deberán abrir y cerrar a un régimen de no menos de cuarenta y cinco centímetros (45cm) por minuto.
- La carga de diseño para el cierre de la válvula y accesorios deberá ser por lo menos tres veces la carga nominal calculada.
- Las cámaras donde se alojarán las válvulas, contarán con una escalera de inspección similar a la indicada en los planos originales.

- VÁLVULA INTERCEPTORA PRIMARIA ‘VIP’.

Cota de ubicación: -17.82 m - (respecto del coronamiento)

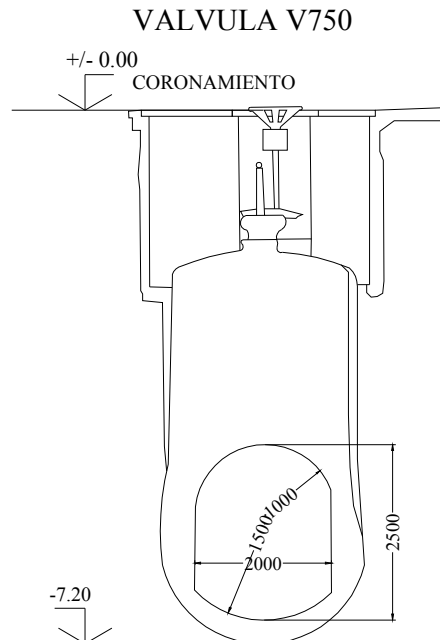
Sección aprox. elíptica: eje mayor 2,90 m., eje menor 2,30 m.



- VÁLVULAS DE LOS TÚNELES DE DESCARGA 'V750'.

Cota de ubicación: -7.2 m.- (respecto del coronamiento)

Sección aprox. elíptica: eje mayor 2,50 m., eje menor 2,00 m.



METODOLOGIA Y SECUENCIA DEL PROCESO DE REPARACIÓN

- 1.- Colocación y lingado de compuerta flotante en apoyos de la misma, a fin de que sea estable al momento de achicar el dique por primera vez. El fin de dejar esta compuerta en la posición indicada es permitir efectuar las pruebas de cierre, previo al retiro de la ataguía.
- 2.- Ejecución de Ataguía de cierre de Boca de Acceso
- 3.- Achicar el interior del Dique con bombas externas (por la incertidumbre de existencia de obstáculos que puedan afectar el normal funcionamiento de las del Dique N°2).
- 4.- Tareas Simultáneas:
 - 4.1. Reposición Válvulas VIP y 2 V750:
 - 4.2. Desguace Compuerta Corrediza.
 - 4.3. Limpieza general de túneles y cámara de aspiración de bombas principales.
 - 4.4. Armado de 'cama' de asiento Compuerta Flotante.
- 5- Inundación por túneles de descarga

- 6.- Ingreso de compuerta flotante a dique y posicionamiento en su 'cama' de apoyo.
- 7.- Achique del dique.
- 8.- Inicio de los trabajos de reparación. (Apoyos de H°A° en el Dique, apoyos de la Compuerta flotante, reemplazo de Botazos)
9. Pruebas: apoyos compuerta flotante.
10. Retiro de Ataguía.
11. Montaje e Instalación de nueva Compuerta Corrediza y Locomotora.
- 12.- Pruebas compuerta corrediza.

Costo total estimado de la obra: REPARACIÓN Y MODERNIZACIÓN DIQUE DE CARENA N°2 Y SISTEMAS ASOCIADOS - **Etapa I** \$ 59.000.000

PLAZO DE OBRA: 14 meses corridos.

Nota: En la propuesta de reparación del Dique de Carena N°2 se destaca la participación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires a través de la Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria, del Departamento Transporte y del Departamento Ingeniería Naval.

Esta Casa de Altos Estudios participó y continuará participando, brindando el asesoramiento técnico a fin de diagnosticar las patologías / averías / falencias / deficiencias que presenta la infraestructura del Dique de Carena N° 2, fijando pautas y acciones recomendadas para definir los aspectos y lineamientos técnicos conducentes a su recuperación integral.