

Diseño y construcción de compuerta en el puerto de Santa Cruz De La Palma

Design and construction of a steel gate closure in Santa Cruz De La Palma port

Manuel Biedna García^a, Luis Carrillo Alonso^b, Francisco Javier Martínez López^c

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Departamento Estructuras Metálicas y Procedimientos Constructivos. manuel.biedma.garcia@acciona.com

^b Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Departamento Obra Civil y Hormigón. luis.carrillo.alonso@acciona.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Proyectos División de Estructuras. francisnojavier.martinez.lopez@acciona.com

RESUMEN

Por encargo de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife se han diseñado y construido unas Compuertas que permiten el cierre completo de la dársena de embarcaciones menores del Puerto de Santa Cruz de La Palma, de tal manera que se atenúe la agitación debida al oleaje que se produce en su interior. Se ha previsto instalar un conjunto de dos compuertas metálicas de 4,00 m de alto y 24,50 m de ancho de tal manera que desplazándose cada una de ellas en dirección vertical y paralelamente entre sí permiten abrir y cerrar toda la bocana de la dársena.

ABSTRACT

Commissioned by the Port Authority of Santa Cruz de Tenerife a gate closure has been designed to completely close the marina of the port of Santa Cruz de la Palma, so that the actual agitation due to waves inside of the marina gets dimmed. It is planned to install a set of two steel gates of 4,00 m high and 24,50 m wide in such a way that they both move in a vertical direction and parallel to each other to open and close the whole harbour mouth.

PALABRAS CLAVE: compuerta metálica, estructura metálica móvil, obra marítima.

KEYWORDS: steel gate closure, movable steel structure, maritime work.

1. Introducción

El Proyecto de Construcción que Acciona Ingeniería ha redactado por encargo de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife tiene por objeto atenuar la agitación debida al oleaje que frecuentemente se produce en el interior de la Dársena de Embarcaciones Menores del Puerto de Santa Cruz de La Palma. Esta agitación impide el uso de la dársena de tal forma que el servicio que presta la misma se ve limitado.

La labor de la compuerta consiste en permitir el paso de las embarcaciones cuando su uso no es necesario, reposando en el fondo de la dársena, e impedir la agitación elevándose desde el fondo de la dársena para bloquear el oleaje en el interior.

La instalación de la misma ha supuesto dos actuaciones principales: adaptación de la obra civil del muelle existente e instalación del sistema

de cierre de la bocana. La obra ha sido ejecutada por Acciona Construcción.

2. Solución Estructural

A su vez, en la adaptación de la obra civil existente, pueden diferenciarse dos actuaciones:

- *Reducción del ancho libre existente de dicha bocana en 8,0 m, de tal forma que su ancho se reduzca a una dimensión de aproximadamente 22,56 m. Para ello se debe recrecer el muelle del lado Oeste en esa misma longitud mediante la ejecución de un macizo de hormigón de 8,00 m de ancho desde la cota -9,50 m hasta la cota +1,75 m y una viga cantil de hormigón armado de 9,00 m de ancho hasta la cota +4,40 m.*

- *Ejecución en el ancho de la bocana, y alineado con el lado mar de los muelles Este y Oeste, de un muro de gravedad de 5,00 m de altura y 3,00 m de ancho, apoyado a la cota -9,50 m, de tal forma que su cota superior quede en el nivel -4,50 m.*

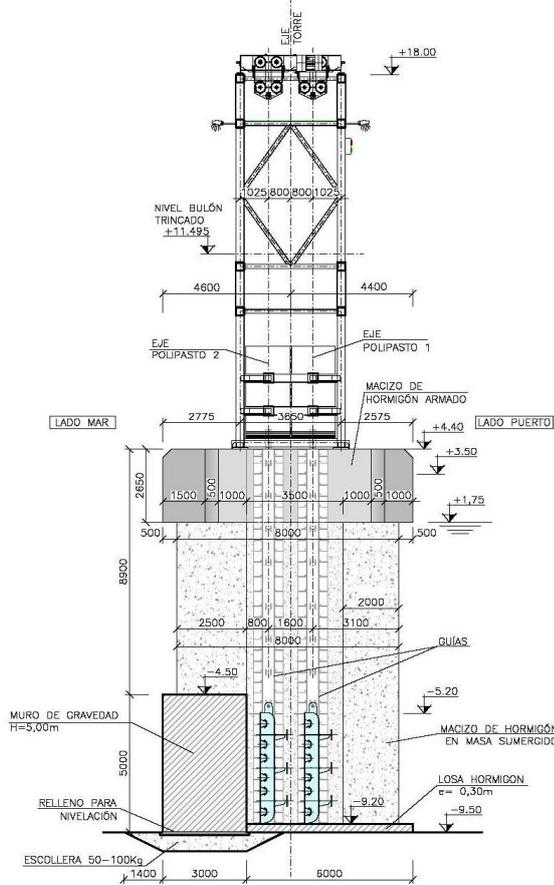


Figura 1. Sección.

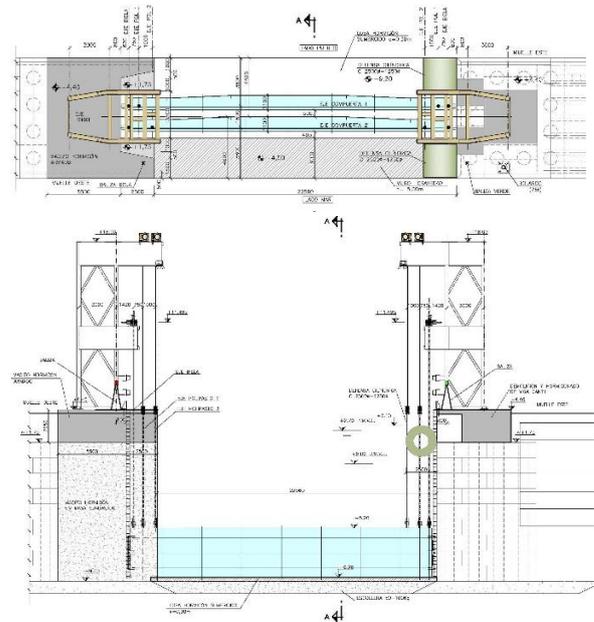


Figura 2. Planta y alzado de todo el sistema.

El *recrecido del Muelle Oeste*, como se ha indicado anteriormente, tiene como dimensiones un ancho de 8,00 m y una longitud también de 8,00 m. Este recrecido se plantea ejecutarlo a partir de la cota -9,50 m, sobre la banqueta ya existente, mediante hormigón sumergido hasta la cota +1,75 m, para por encima de este nivel ejecutar una viga cantil de hormigón armado de canto 2,65 m y ancho incrementado hasta los 9,00 m. Para la ejecución del recrecido se coloca un encofrado adosado al muelle existente. Antes de la ejecución de la viga cantil se esperó un plazo aproximado de 1 mes para que los asentamientos generados en el macizo de hormigón sumergido se estabilicen, de tal forma que, cuando se procedió a la ejecución de la superficie de apoyo de las torres de cuelgue, éstas quedaron a la cota indicada en planos.

A su vez, en este recrecido se ha proyectado dejar en el paramento del lado de la bocana un rebaje de 2,50 m de profundidad y ancho 3,50 m, de tal manera que en este espacio se puedan ubicar los elementos de cuelgue de las compuertas, quedando de esta forma protegidos frente a circulación de embarcaciones por la bocana. Además, en la viga cantil de este macizo se ejecutaron unos chaflanes que permitieron el desmontaje de las compuertas para su mantenimiento.

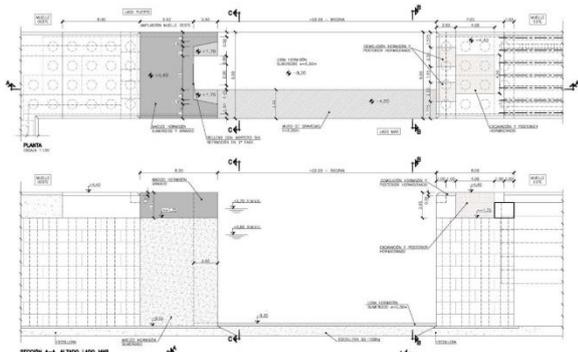


Figura 3. Recreido del muelle Oeste

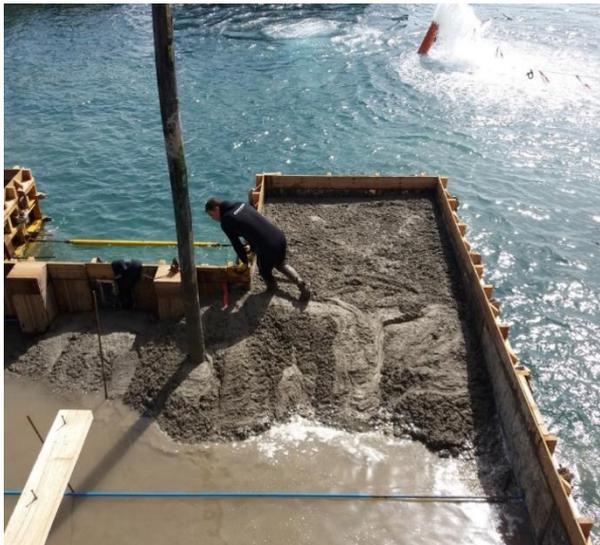


Figura 4. Ejecución del recreido del muelle Oeste

Por otro lado, en el caso del *Muelle Este* se planteó la ejecución de un nuevo macizo de hormigón armado que sirvió de apoyo a la superestructura de soporte del cuelgue de las compuertas. Para ello se proyectó la *demolición parcial de la viga cantil* existente hasta la cota +1,75 m, en una superficie adaptada a la posición en planta de los apoyos de las torres de cuelgue, para posteriormente ejecutar en esa superficie una nueva viga cantil de hormigón armado. En concreto para el apoyo de los pilares delanteros de las torres de cuelgue se demolieron sólo 0,35 m de espesor de la viga cantil, mientras que para el apoyo de las patas traseras se demolió todo el canto de esta viga cantil, es decir se demolió una superficie de 4,00×4,00 m en planta con una profundidad de 2,65 m.

En el caso de las tareas a ejecutar en el propio canal de la bocana definitiva, se diseñó y ejecutó un *muro de gravedad de 5,00 m de altura y*

3,00 m de ancho en toda la longitud de ésta, de tal forma que se consiguió el cierre completo de la bocana, conjuntamente con las compuertas proyectadas. Para el apoyo de este muro se ejecutó un dragado que permitió disponer de una superficie de cimentación homogénea a la cota -9,50 m, para lo que además se dispuso una banqueta de escollera de aproximadamente 0,70 m desde la cota -10,20 m. En el resto de la superficie de la bocana se dispuso sobre la cota -9,50 m una *losa de hormigón sumergido de 0,30 m de espesor*, de tal forma que todo el ancho del paso definitivo quedó homogeneizado a la cota -9,20 m.

3. Sistema de cierre de la bocana

Este sistema se compone de los siguientes elementos:

- Las compuertas en sí mismas, entendidas como el plano con movimiento vertical que limita la agitación en la dársena.
- El sistema de cuelgue, que serán los elementos estructurales que sirven de apoyo a los mecanismos que dotan de movimiento vertical y permiten el anclaje de las compuertas en las posiciones preestablecidas.
- Los embebidos o elementos de anclaje, apoyo y guiado, que son los encargados de la interacción de las compuertas con la obra civil.
- Los mecanismos y equipos, constituidos por los elementos móviles tales como los polispastos eléctricos, bielas de cuelgue y dispositivos de trincado, así como por el sistema eléctrico que suministra energía y permite el control de todo este sistema móvil

3.1. Compuertas

Como ya se ha indicado, para el cierre completo de la bocana de acceso se ejecutaron 2 compuertas de 4,00 m de altura, que se dispusieron con una separación en planta entre sus ejes de 1,60 m. Cada compuerta se conforma por un emparrillado plano compuesto por 3



Figura 5. Colocación de compuertas durante la construcción.

vigas principales horizontales de canto variable de entre 890 y 1100 mm de canto máximo, separadas verticalmente entre sí 1,20 m. Sobre estas vigas longitudinales descansan un conjunto de 9 vigas transversales sobre las que a su vez se apoya el tablero ortótropo de cierre, que queda conformado por una chapa frontal, la cual se diseña de espesor variable, con un máximo de 25 mm y unos rigidizadores longitudinales materializados mediante perfiles en llanta de bulbo.

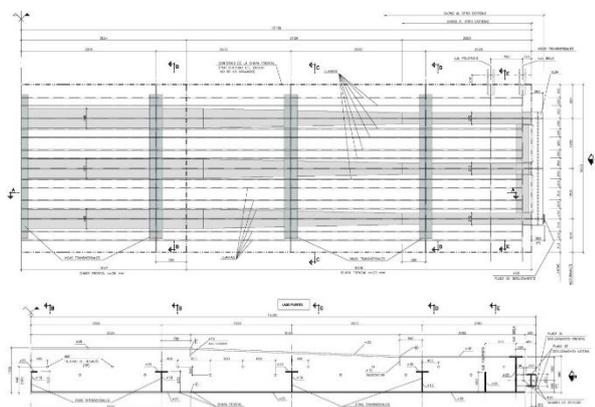


Figura 6. Compuerta

La compuerta cuelga durante su posicionado a las distintas alturas proyectadas para su funcionamiento (sumergida, intermedia, cierre y mantenimiento) de unas orejetas embulonadas a unas guías verticales que transmiten las cargas verticales actuantes hasta las torres de cuelgue.

Durante las fases de maniobra vertical las cargas verticales ejercidas sobre las compuertas se transmiten hasta las torres de cuelgue a través de los cables de los 2 polipastos necesarios para el accionamiento de cada compuerta. Así, el movimiento vertical se consigue mediante la actuación de 4 polipastos eléctricos de 40 t de capacidad nominal, uno a cada extremo de las dos compuertas. Para evitar que éstos hayan de estar permanentemente soportando el peso propio de la compuerta se ha dispuesto el sistema auxiliar de trincado de forma que una vez que la compuerta está posicionada a la cota necesaria, aquél entra en funcionamiento y se libera de carga a los polipastos, preservándolos.



Figura 9. Sistema de cuelgue

3.4. Mecanismos y equipos

Existen dos juegos de bielas: la denominada biela polipasto, de 8,455 m y sección transversal 285×40 mm, y la biela de cuelgue, de 17,50 m y sección transversal 285×80 mm. El objeto de la biela polipasto es evitar que el carro inferior del polipasto se introduzca en el agua durante la operación de la compuerta, ayudando de esta forma al mantenimiento del mismo.

Cada una de las 2 bielas de cuelgue, de cada una de las 2 compuertas, está prevista para que permita el posicionado de cada compuerta en las 4 situaciones diferentes previstas.

Para el accionamiento vertical se disponen 4 polipastos de 40 t, 2 en cada torre de cuelgue, o bien de 1 en cada extremo de cada compuerta. Adicionalmente se dispone de 2 bulones de trincado de cada compuerta, 2 en cada torre.

La compuerta incorpora un sistema de control que realiza todas las funciones necesarias para la correcta ejecución de las maniobras de la misma.

Existen una serie de detectores de posición que proporcionan la precisión necesaria

para la operación de los polipastos, así como para que se puedan ejecutar las órdenes de introducción de los bulones en los taladros de las bielas una vez alineados.

Con la información recibida de los detectores de posición y las órdenes emitidas por los operadores, el sistema de compuerta realiza las maniobras necesarias para su colocación en las posiciones de elevación previamente previstas. La gestión de estas maniobras se realiza por el sistema de control automático.



Figura 10. Bielas y polipastos

Para información del operador se han colocado en las torres de cuelgue unos

semáforos bicolor (rojo/verde) que son comandados por el sistema de control automática.

El sistema se puede operar y controlar a través del pupitre de mando o bien a distancia mediante la botonera de mando vía radio.

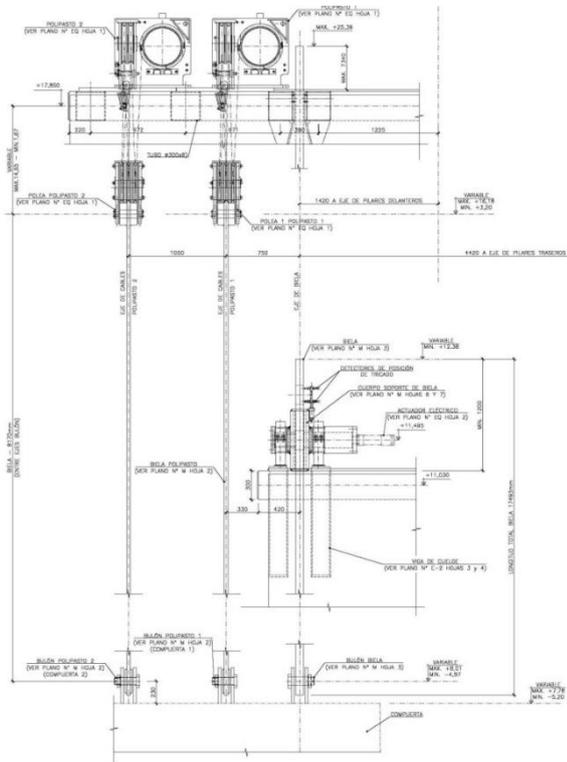


Figura 11. Mecanismos y equipos.

4. Funcionamiento del sistema

El funcionamiento previsto de la compuerta está basado en la posibilidad de la maniobra de las 2 compuertas de forma independiente para de esta forma alcanzar una serie de configuraciones geométricas fijas a diferentes alturas, las cuales se han considerado necesarias para el correcto funcionamiento del conjunto. En concreto, estas configuraciones, en las que se plantea que las compuertas podrán quedar fijadas durante un cierto periodo de tiempo, implican la necesidad de que la biela vertical cuente con taladros adecuados a dichas posiciones para poder transmitir durante dicho periodo las cargas

verticales a través de este elemento y no a través de los cables del polipasto.

En concreto las posiciones que se han previsto para la compuerta son:

- Posición sumergida: Posición con ambas compuertas dispuestas apoyadas sobre la losa de fondo de hormigón sumergido a la cota -9,20 m, y por lo tanto con su borde superior a la cota -5,20 m.

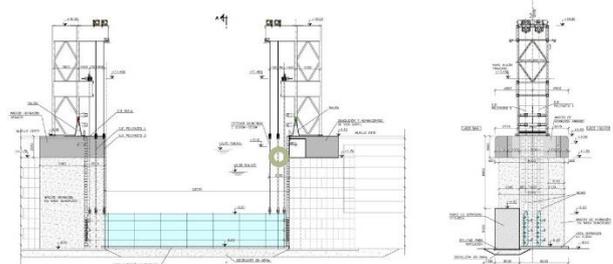


Figura 12. Posición sumergida.

- Posición intermedia: Posición con las compuertas dispuestas con un solape de 1,00 m tanto entre sí mismas como con respecto a la cara superior del muro de gravedad ejecutado hasta la cota -4,50 m. Es decir que las caras superiores de ambas compuertas quedarán a los niveles -1,50 m y +1,50 m. De esta forma, con esta configuración se cubre con cierto margen tanto el nivel de la bajamar media (+0,35 m) como el nivel de la bajamar máxima (0,00 m).

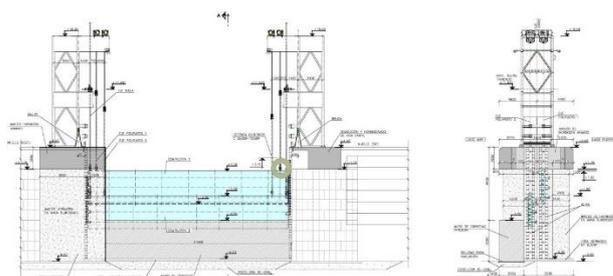


Figura 13. Posición intermedia.

- Posición de cierre: Posición con las compuertas dispuestas contrapeadas y sin solape para poder cerrar la mayor superficie de la bocana. Concretamente las compuertas quedan en este caso a las cotas -0,50 m y a la +3,50 m respectivamente. De esta forma quedan cubiertas con cierto margen los niveles

correspondientes a la pleamar media (+2,60 m) y a la pleamar máxima (+2,70 m).

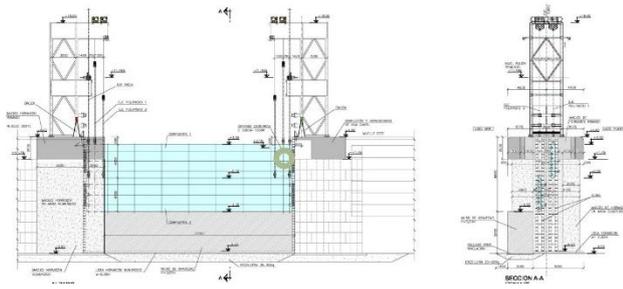


Figura 14. Posición de cierre.

- Posición de mantenimiento: Posición con ambas compuertas fuera del agua para poder realizar sobre ellas labores de mantenimiento. En concreto se ha adoptado una configuración con la cara superior de las compuertas al nivel +7,78 m, quedando su cara inferior al nivel +3,78 m, ligeramente por debajo de la cota superior del muelle situada a la +4,40 m.

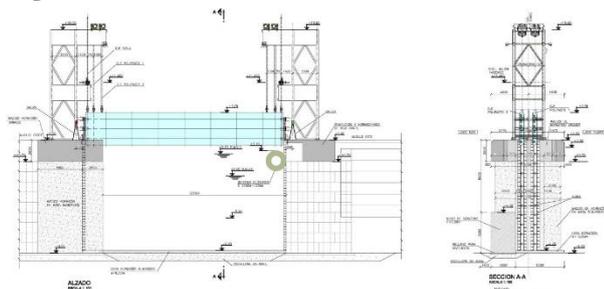


Figura 15. Posición de mantenimiento.

Hay que indicar que ambas compuertas se han proyectado para funcionar indistintamente a todos los niveles anteriores, es decir que se pueden intercambiar las posiciones de las compuertas tanto en el caso de la posición intermedia como en el caso de la posición de cierre.

5. Ejecución

En primer lugar, se realizó el dragado de la zona. Posteriormente se llevó a cabo la obra civil: recrecido del muelle oeste, nuevo macizo en el muelle este y muro de gravedad en el propio canal de la bocana. Merece especial mención la colocación de los embebidos, ya que el replanteo debía ser muy estricto para asegurar el buen

funcionamiento de la compuerta. Paralelamente, se fabricó en taller la estructura metálica: torres, bielas, compuertas, así como todo el sistema de polipastos, cables, sistema de control, etc. A continuación, se transportaron todos estos elementos desde la península y, una vez en obra, se colocaron en primer lugar las torres de cuelgue, para posteriormente colocar entre ellas las compuertas. Finalmente se instalaron los polipastos, cables y todo el sistema de control, y se realizaron las pruebas para ajustar todo el sistema.

Agradecimientos

A todos los técnicos y personal de obra que han hecho posible que este “invento” se haya hecho realidad, tanto en el diseño por parte del personal de Acciona Ingeniería como en la ejecución en obra desde Acciona Construcción. Sin ellos no hubiera sido posible materializar este sueño.

Merecen un especial agradecimiento los responsables e ingenieros de la Autoridad Portuaria de Tenerife, que siempre han confiado, y siguen confiando, en nuestras ideas.

Referencias

- [1] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
- [2] Dirección general de Puertos y Costas, ROM 0.2-90 Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias. Madrid. 1990.
- [3] Puertos del Estado, ROM 0.4-95 Acciones Climáticas II: Viento. Madrid, 1995.
- [4] Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes. Norma de Construcción Sismorresistente NSCE-02. Ministerio de Fomento, Madrid, 2002
- [5] Instrucción de Acero Estructural EAE-11, Ministerio de Fomento, Madrid, 2011
- [6] Comité Europeo de Normalización, Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios. UNE-EN 1993-1-1 Eurocódigo 3, Bruselas, 2013.