

Nueva esclusa en el Puerto de Sevilla



Eloy Saiz San Pedro

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Gerente Exclusa Sevilla UTE

Resumen

El proyecto ha consistido en la construcción de una nueva esclusa, con unas dimensiones de 434 m de longitud y una manga útil de 35 m, que permite el acceso de barcos al Puerto de Sevilla de hasta 20.000 TPM y 290 m de eslora. La solera de la nueva esclusa se situará en la cota -11, ampliándose el calado en el canal de navegación hasta la cota -9 aguas abajo y -7,70 aguas arriba. El funcionamiento es sencillo y análogo al de un ascensor. El barco se sitúa entre las puertas, se modifica el nivel del agua, el barco sube o baja, y finalmente, con la apertura de la puerta, el barco sale con el nuevo nivel. Las puertas son deslizantes de 42 m de ancho, 23,3 m de altura y 6 m de espesor en el lado río, mientras que las puertas del lado del puerto son 42 m de ancho, 17,50 m de altura y 5 m de espesor.

También se incluyen tres puentes basculantes de contrapeso superior, dos para carretera de 44 m por 12 m de ancho y otro para ferrocarril de la misma longitud y de 6,10 m de ancho. Se completa la obra con dos muelles de apoyo formados por tablestacas de 173 m de longitud y dos duques de alba, así como con los edificios de control: oficinas, maquinaria y servicios generales, ocupando una superficie de 282 m² sobre un total urbanizado de 69.000 m².

Los accesos a la esclusa incluyen viales formados por 110.000 m² de pavimentos bituminosos y 3,4 km de vía férrea.

El proyecto, además de mejorar el transporte y facilitar el desarrollo de la ciudad, ha tenido una vertiente ambiental muy importante, ha sido concebido dentro de un esquema de nuevos planteamientos integrados en la sostenibilidad ambiental y refrendado por las diferentes instituciones ambientales.

Palabras clave

Exclusa, puertas deslizantes, puentes basculantes, tablestacas, Puerto de Sevilla

Abstract

The project consisted of the construction of a new 434 m long lock with a clear breadth of 35 m, to allow the access to the Port of Seville of vessels of up to 20,000 DWT and 290 m overall length. The base of the new lock is set at a depth of 11 metres with respect to the datum, which has increased the draught in the ship channel up to 9 metres downstream and 7.70 metres upstream. Lock operation is simple and similar to that of a lift. The vessel is positioned within the lock gates, the water level is raised or lowered and the vessel rises or lowers accordingly and, once the gates are opened, then leaves the lock at the new level. The sliding lock gates on the river side are 42 m wide, 23.3 m high and 6 m thick, while those on the port side are 42 m wide, 17.50 m high and 5 m thick.

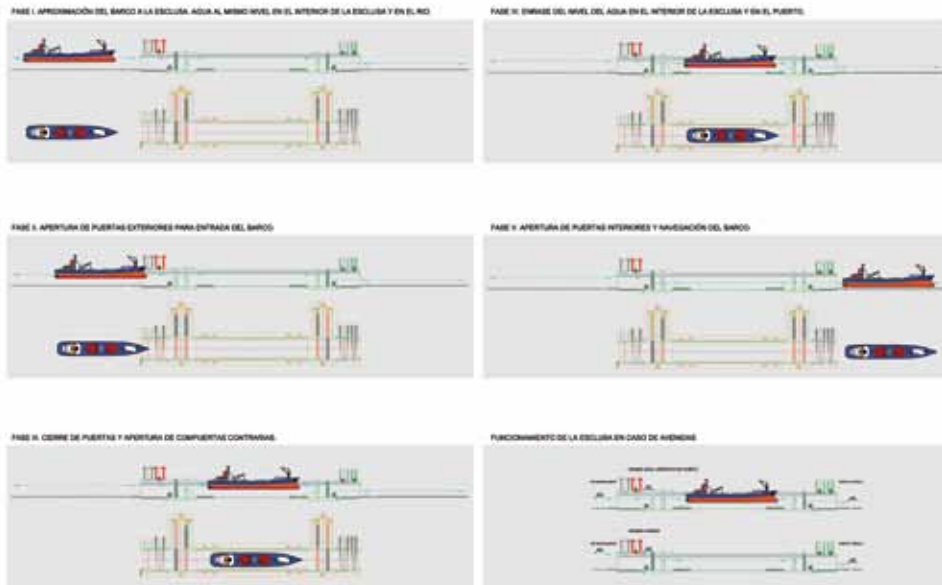
The work also includes three bascule bridges with counterweighted leaves, formed by two road bridges measuring 44 m in length by 12 m in width and a railway bridge of the same length and 6.10 m wide. The lock complex is completed by two support docks formed by 173 m long sheet piling and two mooring dolphins, together with auxiliary and control buildings for offices, machinery and general facilities, occupying a build area of 282 m² within a total developed area of 69,000 m².

The accesses to the lock include 110,000 m² of paved roads and 3.4 km of railways.

In addition to improving transport and furthering the development of the city, the project has a considerable environmental aspect, this having been designed according to new and stricter conditions of environmental sustainability endorsed by different environmental institutions.

Keywords

Lock, sliding gates, bascule bridges, sheet piling, Port of Seville



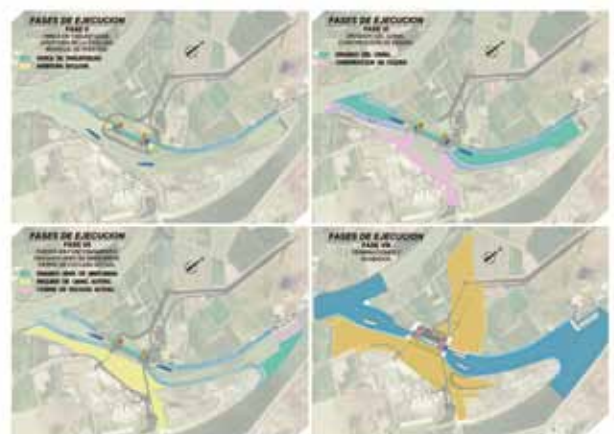
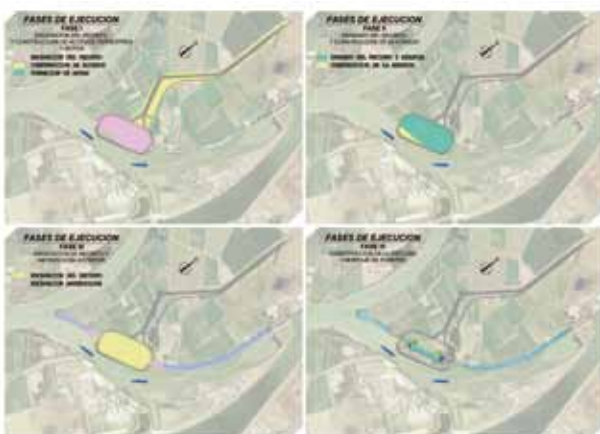
Introducción

La construcción de la nueva esclusa de Sevilla responde a una necesidad de crecimiento del Puerto de Sevilla unida a la necesidad de renovación de una estructura, la antigua esclusa, terminada de construir en los años sesenta y con numerosos problemas de mantenimiento.

El río Guadalquivir a la altura de Sevilla cuenta con una carrera de marea media de 2 metros, lo que hace necesaria una infraestructura que permita elevar o bajar el nivel para entrar o salir del puerto cuya lámina de agua está a cota fija para facilitar así las operaciones de estiba y desestiba de

buques. El funcionamiento es sencillo y análogo al de un ascensor: el barco se sitúa entre las compuertas, se modifica el nivel del agua mediante gravedad, el barco sube o baja y, finalmente, con la apertura de la compuerta, el barco sale con el nuevo nivel.

La antigua esclusa tenía 24,36 m de manga y 200 m de eslora, lo que permitía el paso de barcos de hasta 5.000 TPM, mientras que la nueva esclusa cuenta con 40 m de manga y 293 m de eslora pudiendo entrar barcos de hasta 20.000 TPM, con ello se cuadruplica la capacidad del Puerto de Sevilla y se da cabida en el mismo a una flota



de nuevos buques más eficientes económica, energética y medioambientalmente. De no acometer la nueva esclusa, el Puerto de Sevilla hubiera quedado abocado a una flota de barcos antiguos, caros, contaminantes y, desde el punto de vista de seguridad, peligrosos.

Además, la esclusa de Sevilla tiene otra función, que es la de proteger de avenidas a la ciudad de Sevilla. La ciudad de Sevilla está protegida por un muro de defensa que rodea la ciudad y del que la esclusa forma parte con sus puertas externas y el vial de carretera. Dicho muro corona a la cota +9, cota de máxima avenida para un periodo de retorno de 500 años. En caso de avenida, las puertas exteriores se cierran, quedando así protegida la ciudad de Sevilla.

Descripción

El proceso constructivo de la obra ha supuesto la conjunción y programación previa de una larga lista de tareas complejas y el funcionamiento de equipos de producciones muy elevadas no empleados habitualmente en otro tipo de obras, los cuales se pueden agrupar en las siguientes fases:

1. Ejecución del recinto de construcción de la estructura de la esclusa.
2. Construcción de la estructura de hormigón armado de la esclusa. Fabricación y colocación de los elementos electromecánicos (puertas metálicas y puentes basculantes). Ejecución de los muelles de tablestacas.
3. Inundación del recinto y trabajos de acondicionamiento en anteesclusa y enlace con la nueva esclusa (dragados, formación de diques de cierre y viales sobre el Canal de Alfonso XIII).
4. Apertura de la Dársena y puesta en funcionamiento.

Recinto de Construcción

Dado que la estructura de hormigón armado que conforma la esclusa propiamente dicha se cimenta de forma directa a las cotas -14,0 m (cuenco central y puentes) y -16,0 m (zonas de garajes), en las gravas presentes en el aluvial subyacente (de espesor variable, situadas generalmente entre la cota absoluta -13,0 m y la -19,0 m), fue preciso crear un recinto estanco bajo el nivel del río que permitiera alcanzar esta cota y poder efectuar los trabajos previstos en seco, es decir trabajar a 18 metros bajo el nivel freático a una distancia de unos 90 m del río Guadalquivir. La ubicación y orientación de la nueva esclusa en la orilla del Canal de Alfonso XIII fue señalada tras minuciosos estudios de navegación que tuvieron en cuenta tipo de barcos, corrientes, vientos, etc. Debido a esta ubicación ha sido preciso ganar una importante porción de terreno al río, para lo cual se diseñó una ataguía compuesta de material todo uno de cantera (aprox. 500.000 TM) apoyada parcialmente sobre el fondo del cauce, el cual se dragó previamente hasta garantizar un apoyo en material suficientemente competente (cota -15,0 m). Este punto no había sido detectado en el proyecto original, que rellenaba directamente sobre el lecho del río con material procedente de la excavación y fue motivo del modificado N° 1. El relleno con todo uno de cantera tendría que ser después atravesado con una pantalla de bentonita-cemento; por ello, se buscó una granulometría continua y un tamaño máximo de 400 mm que permitiera posteriormente excavarlo con una cuchara de 1 m de ancho. Paralelamente, y aprovechando la presencia de la draga junto al recinto, se dragó en el interior del mismo hasta la cota -5,0 m el material limo-arcilloso presente en el mismo que podría dificultar después el tráfico de vehículos para su excavación.

Mientras se procedía a la formación completa del perímetro del recinto de construcción con la ataguía, se fue



Recinto. Septiembre de 2005



Recinto. Junio de 2006



Ataguía de cierre. Octubre de 2006



Recinto cerrado. Junio de 2007



Recinto achicado. Junio de 2007



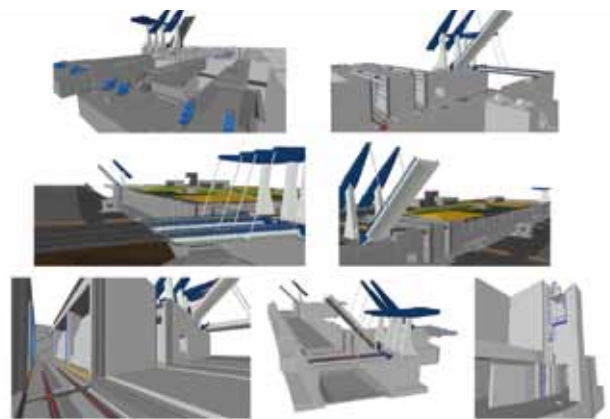
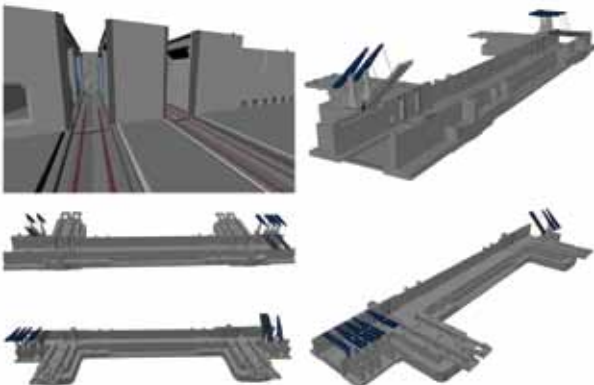
Estructura. Diciembre de 2007

excavando el recinto con medios terrestres hasta alcanzar el nivel freático y se fue ejecutando una pantalla de impermeabilización de bentonita-cemento de 1,0 m de espesor (aproximadamente 54.000 m²) empotrada en las margas azules situadas aproximadamente a la cota -20. Una vez ejecutada toda la pantalla que circundaba el recinto de construcción, se procedió a ejecutar el rebaje del nivel freático en el interior del mismo. Para ello se contó con dos bombas flotantes de 260 l/sg y una vez eliminada el agua superficial, se continuó el achique mediante pozos comunicados con las gravas anteriormente comentadas. Debido a la presencia de estratos limo-arcillosos en los taludes, existía el peligro de que se produjeran fenómenos de desembalse rápido si se quedaba colgado el nivel freático en alguno de esos niveles. Esto obligó a la realización de un estudio de redes de filtración que estableció que el ritmo máximo de vaciado del recinto con coeficientes de seguridad aceptables era de 1 m/semana. Para controlar estos fenómenos y que el modelo de filtración era correcto, se estableció una red de piezómetros alrededor de toda la pantalla y se constató que no quedaban niveles colgados

y que el nivel freático en los taludes iba acompañando al de lámina de agua.

Una vez achicado el recinto, se procedió a la excavación del material presente mediante equipos mecánicos terrestres de gran rendimiento (en total se llegó a contar con cuatro equipos de movimiento de tierras trabajando en doble turno para excavar 1,7 millones de m³).

Durante todo el proceso de excavación, ejecución de la estructura y posterior trasdosado de la misma, se han controlado los asentamientos y desplazamientos horizontales del perímetro del recinto de construcción, con especial atención sobre la ataguía de cierre del mismo, mediante la instalación de una red de inclinómetros y de hitos topográficos para el control de asentamientos (el valor máximo de desplazamiento hacia el interior del recinto ha superado los 80 mm en la coronación de la ataguía, mientras que el asiento máximo ha superado los 140 mm), estando en todo momento dentro del intervalo previsto por el cálculo previo efectuado.





Estructura. Febrero de 2008



Estructura. Mayo de 2008



Recinto achicado y reinicio de los trabajos de excavación del recinto seco

Estructura de la esclusa. Elementos electromecánicos. Muelles de tablestacas

Tras alcanzar la cota prevista para la cimentación de la estructura se comenzó su ejecución, para lo cual se dispusieron previamente en obra las instalaciones generales necesarias: dos plantas de fabricación de hormigón con amasadora con una capacidad nominal de 99 m³/h cada una, seis grúas torre de 60 m de pluma y carga máxima en punta de 4,2 TM (propiedad de FCC Construcción) y un parque de acopio y elaboración de ferralla, equipado con otra grúa torre y capacidad de almacenamiento para más de 20.000.000 kg de acero corrugado. Asimismo, el encofrado utilizado fue suministrado por el parque de maquinaria de FCC Construcción, ejecutándose unos 100.000 m² de los cuales aproximadamente el 70 % fue en trepas.

La estructura se divide en cinco partes diferenciadas:

- Zona de puentes lado puerto y zona de puentes lado río: son las partes de la estructura donde se apoyan los puentes basculantes, situadas en ambos extremos de la estructura. Se caracterizan principalmente por la disposición de contrafuertes de 3,0 m de espesor en las zonas de anclaje de las pilas de los puentes.

- Zona de garajes lado puerto y zona de garajes lado río: en esas partes de la estructura se disponen las puertas que permiten el funcionamiento de la esclusa, de desplazamiento horizontal transversal al eje de la esclusa, además de la zona de alojamiento de las mismas para efectuar trabajos de mantenimiento. También incluyen los denominados canales de llenado y vaciado, cuya función principal es garantizar el flujo de agua entre las diferentes zonas de la esclusa para elevar o bajar el nivel de agua gracias a ocho compuertas de accionamiento vertical cuyas guía y carriles quedan embebidos en esta parte de la estructura. En los extremos de esta zona y embebidos en las zapatas, existen galerías que



Tablestacas recinto. Octubre de 2009



Anclajes tablestacas. Octubre de 2009



Estructura. Julio de 2008



Interior de canales de llenado y vaciado. Octubre de 2009



Estructura. Enero de 2009



Estructura terminada. Octubre de 2009



Encofrados trepantes

permiten el paso de un lado a otro de la esclusa de servicios, personas, instalaciones, etc.

- Cuenco central: es la zona en la cual se produce la elevación o descenso de las embarcaciones, teniendo como principal característica la solera perforada de 0,50 m de espesor y las zonas de difusores por dónde entra o sale el agua. La forma de estos difusores en conjunto con los canales de llenado y vaciado fue estudiada en modelo a escala reducida en el laboratorio de Puertos del CEDEX con el objeto de minimizar la turbulencia producida al barco y minimizar al máximo el tiempo de esclusada.

La estructura de hormigón armado de la esclusa tiene una longitud de 434 m (293 m entre puertas) y 40 m de ancho (35 m



Garaje. Octubre de 2009



Inicio de la inundación del recinto. Octubre de 2009

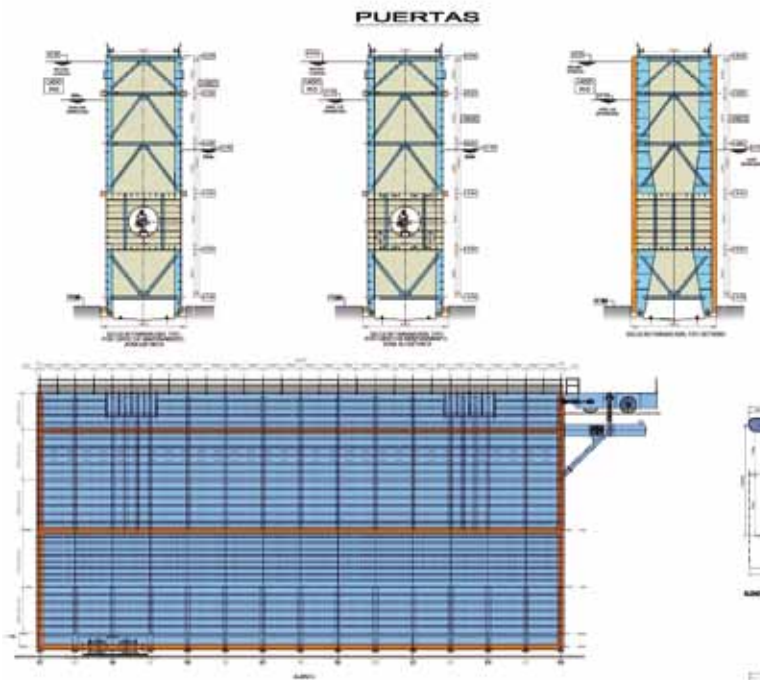
útiles), con muros de hasta 20 m de altura y 4 m de espesor (en los garajes hay zonas masivas de hormigón de más de 10,0 m de espesor). Las cimentaciones tienen de canto 3 m (zona central y de puentes) y 5 m (zona de garajes). La estructura trabaja como muros independientes de canto variable apoyados en zapatas con una solera drenada entre ellos (para evitar subpresiones), excepto en la zona de garajes en la que para evitar que asentamientos diferenciales pudieran dar problemas en la rodadura de las puertas, se optó por hacer zapatas continuas de 124 m de largo 61,5 m de ancho y 5 metros de canto, creándose así un macizo prácticamente inamovible. Para la ejecución se han empleado un total de 300.000 m³ de hormigón (con medias de 600 m³/día y puntas de algo más de 2.000 m³/día) de diversas resistencias, fundamentalmente HA-30, 20 millones de kg de acero corrugado en armaduras, 100.000 m² de encofrado (del cual el 70 % corresponde a encofrado trepante) y 1,2 millones de m³ de relleno de tierras en trasdosado de la estructura que iba acompañando la ejecución de la misma para no retrasar el global de la obra. Para asegurar la durabilidad del hormigón con grandes producciones en verano, se hicieron estudios sobre la temperatura máxima del hormigón durante el fraguado. Posteriormente, durante la ejecución se controlaron las temperaturas del hormigón mediante termopares dejados en el hormigón, así la temperatura de puesta en obra del hormigón máxima ha sido de 30° y la máxima alcanzada durante el proceso de fraguado de 70°. Para conseguir esta temperatura de puesta en obra tan baja en Sevilla hubo que proceder a sombrear y regar los áridos, colocar una enfriadora para el agua de amasado, añadir hielo y tener una capacidad de almacenamiento de cemento suficiente que permitiera asegurar que el cemento se había enfriado tras salir de la fábrica y antes de aportarlo al hormigón.



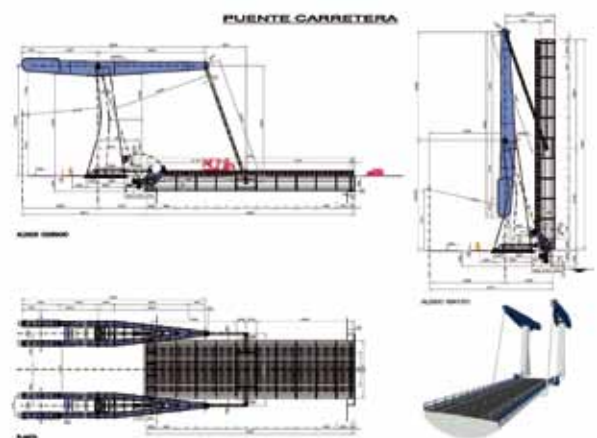
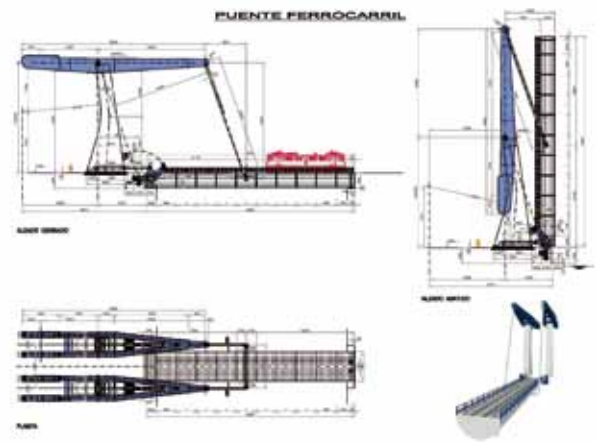
Garajes

Todo el cemento fue aportado por Cementos Portland desde su fábrica de Alcalá de Guadaíra.

En paralelo a la ejecución de la estructura, se han construido las puertas metálicas (en las instalaciones de los astilleros situados en el Puerto de Sevilla) y los puentes basculantes. La función desarrollada por las puertas es primordial para la operatividad de la esclusa al ser los elementos que materializan la separación entre las distintas zonas que tienen distintos niveles de agua. Son unos grandes cajones de chapa de acero, arriostrados mediante perfiles. Se deslizan sobre carriles transversales al eje de la esclusa, apoyadas en un carro inferior y otro superior con cuatro ruedas cada uno de 1.200 mm de diámetro. Cuando las puertas están abiertas, quedan recogidas en un espacio de dique perpendicular a

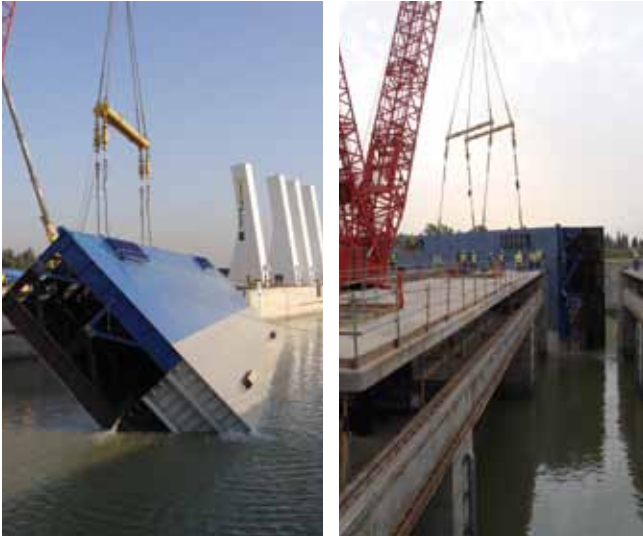


Traslado de compuertas. Noviembre de 2009



la esclusa (garaje). Estos garajes se pueden convertir en un dique seco que permite las operaciones de mantenimiento y reparación mediante la colocación de un mamparo en la parte exterior del mismo quedando las puertas, una vez achicada el agua, colgadas de los carros de mantenimiento y con acceso fácil a todos sus elementos. El movimiento de las puertas se produce mediante un cable que tira de ellas desde el carro superior y cuyos tambores y motores se encuentran alojados en un edificio de maquinaria situado tras el garaje y comunicado con él mediante unas galerías por donde pasan dichos cables. Las puertas están dotadas de una serie de instalaciones (aire comprimido, agitadores de lodo, sondas de nivel...) que permiten su correcto funcionamiento. Entre estas instalaciones destacan los tanques de flotación, que permiten regular la reacción de las puertas sobre los carriles, consiguiéndose así un equilibrio entre la durabilidad de los mismos y la seguridad de la operación: si todo el peso de la puerta apoyara sobre los carriles, la duración de los mismos sería muy corta, mientras que si la puerta no apoyara nada, es decir flotara sobre los carriles, cualquier golpe, viento u oleaje la sacaría de su posición de trabajo. En total, hay cuatro puertas, dos para el garaje del lado río y dos para el garaje del lado puerto, duplicadas para minimizar los problemas en caso de avería (se funciona habitualmente con solamente una puerta por lado). Sus dimensiones principales son 42 x 20,3

x 6 m para las del lado río y 42 x 17,3 x 5 m para las del lado puerto, empleando en su fabricación un total de 3,25 millones de kg de acero. Durante la fabricación en el astillero, se formaron unos tanques de flotación provisionales que posibilitaran la flotación de la compuerta en posición horizontal, para así poder trasladarlas desde el astillero hasta la obra pasando por la esclusa antigua (flotando en posición de servicio, ver-



Montaje de compuertas. Noviembre de 2009

tical, no pasaban por la esclusa antigua que tenía un calado inferior a la nueva).

Igualmente se han construido tres puentes basculantes, dos para carretera y uno para ferrocarril, accionados mediante gatos hidráulicos situados en las bases de las pilas, también metálicas, ayudados por los contrapesos superiores alojados en los bastidores ubicados sobre las pilas y conectados a los tableros en su parte media mediante unos tirantes. Las dimensiones principales de los puentes son 42 x 12 m para los de carretera y 42 x 6 m para el de ferrocarril, con 3,0 m de canto total, pilas de 25 m de altura y un peso total de 3,1 millones de kg en acero estructural para pilas, tableros y bastidores y 2,1 millones de kg de acero en contrapesos. Los puentes fueron construidos en dovelas en factorías fuera de la obra y posteriormente ensamblados en la obra en plataformas ejecutadas a tal efecto. Estos puentes permiten dar permeabilidad transversal a la nueva esclusa para los viales de carretera y ferrocarril incluidos en el proyecto que completan la red interna de comunicaciones viarias del Puerto de Sevilla.

También durante la construcción de la esclusa se han fabricado ocho válvulas de tajadera que son las que gobiernan el flujo de agua que por gravedad llena o vacía la esclusa. Estas válvulas son estructuras metálicas con ruedas que se mueven sobre carriles verticales. Tienen unas dimensiones de 5x3 m y un peso de unos 9.100 kg cada una. Su accionamiento es mediante un cilindro hidráulico vertical que está conectado a la válvula mediante una cadena. A ambos lados de cada



Vista general. Noviembre de 2009



Montaje de un tablero puente. Noviembre de 2009



Montaje del contrapeso del puente. Diciembre de 2009



Esclusa abierta. Septiembre de 2010

válvula se pueden colocar unas válvulas de emergencia que permiten achicar el agua entre ellas y así acceder en seco a las válvulas para operaciones de reparación, como los conductos se dividen en dos partes a la altura de las válvulas, la esclusa puede seguir funcionando con una sola válvula por conducto.

Todos los elementos electromecánicos se controlan desde la torre de control mediante un programa tipo SCADA dotado de enclavamientos de seguridad entre los elementos para evitar accidentes, en caso de avería todos los elementos se pueden manejar manualmente actuando sobre cada uno de ellos mediante la pantalla táctil de los PLC.

Para materializar la transición entre los taludes de las márgenes del Canal de Alfonso XIII y los paramentos verticales de la esclusa, se han diseñado unos muelles de tablestacas de 225 m de longitud en las márgenes norte, formados por un tramo recto y una parte final circular, y de 90 m en las márgenes sur totalmente circulares. La profundidad alcanzada por estos elementos se ha calculado empleando los datos obtenidos mediante un exhaustivo análisis geotécnico complementario al de proyecto, necesario debido a la variabilidad de características de los materiales subyacentes, alcanzando hasta 28,5 m de profundidad en el caso más desfavorable. Para garantizar la estabilidad de esta pantalla de tablestacas, se ancla ésta a otra pantalla de tablestacas situada en su parte posterior, de menor entidad (6,0 m) mediante anclajes GEWI $\Phi 50$ y $\Phi 63$ mm dobles. En total, entre las pantallas delantera y trasera hay más 5,0 millones de kg de acero en perfiles Larssen 430. Especial mención merece el anclaje de las partes circulares ya que debido al menor



Diques de cierre unidos. Diciembre de 2010

desarrollo de la pantalla trasera se produce una concentración de tensiones que hace inviable esta solución por lo que se ha cambiado a un anclaje trasero mediante una losa que trabaja por rozamiento en lugar de por movilización del pasivo. Los SS. TT. de FCC Construcción recalcularon la solución de proyecto modificando la altura y dimensiones de los anclajes y todo el sistema que permite la unión de los anclajes con las tablestacas.

Anteesclusa y enlace nueva esclusa

Una vez terminada la estructura de hormigón y el tablestacado dentro del recinto de construcción, se procedió a la inundación del cuenco y la rotura del tapón del lado puerto para proceder al montaje de las puertas y los puentes.

Además de permitir el acceso a cualquiera que viniera a visitarla, se organizaron diferentes actividades:

- Marcha en bicicleta: llegaron desde Sevilla en bicicleta, atravesaron todo el cuenco de una lado a otro sin ningún percance.
- Concierto de la banda sinfónica municipal de Sevilla: actuó dentro del cuenco con gran éxito de público.
- Concierto de cuarteto de cuerda Haendel, patrocinado por Puertos del Estado y que actuó también en el cuenco destacando la buena sonoridad de la obra.

Finalmente, todo salió muy bien acudiendo cada día más de 10.000 personas y acercando así a la sociedad una gran obra



de ingeniería que posteriormente iba a quedar oculta para siempre bajo el agua.

El traslado de las puertas se realizó mediante dos remolcadores, uno en proa y otro en popa y tuvo especial dificultad en el paso de la esclusa actual en la que en las puertas lado río, existía sólo un margen de 1,50 cm por cada lado de la puerta. Una vez llegaron a la nueva esclusa se procedió a ponerlas de nuevo en vertical mediante el tiro de una grúa de 750 Tm sobre cadenas, procediéndose mediante un sistema de tiros y reenvíos a la ejecución de la maniobra de entrada en los garajes. A continuación, se colocan las puertas en posición de mantenimiento para proceder al montaje de todos los elementos de tiro de las puertas, maderas de impermeabilización, montaje de carros superiores, inferiores, pruebas de instalaciones, y demás elementos que permiten el correcto funcionamiento de las puertas.

Posteriormente, y con esa misma grúa, se ha procedido al lanzamiento de los tableros de los puentes desde el lado sur de la esclusa y la colocación de los contrapesos sobre las pilas desde el lado norte.

Paralelamente a las operaciones de construcción de la estructura de la esclusa, se ha procedido al acondicionamiento del tramo anterior (anteesclusa) y posterior (enlace nueva esclusa) a la esclusa del Canal de Alfonso XIII, consistente en un dragado a sección completa del mismo (hasta las cotas -9,5 m y -7,7 m respectivamente) y en una protección de las márgenes con escollera. Para la ejecución del dragado se ha contado con una draga de cortador capaz de alcanzar profundidades



de 18,0 m e impulsar la mezcla agua-suelo en suspensión extraída del fondo a más de 2,0 km de distancia, con objeto de enviarla a unos recintos de decantación de los sólidos en suspensión. El volumen total de dragados alcanzó los 4 millones de m³ en las distintas fases previstas, siendo necesario ejecutar previamente recintos de vertido capaces de alojar este volumen y que permitan la decantación de los materiales con los altos rendimientos que estos equipos permiten (se han obtenido puntas de 100.000 m³/semana) devolviendo al río sólo agua limpia.

En esta fase, se ejecutó en la zona de la antesclusa dos pantanes de espera formados por duques de alba apoyados sobre 12 pilotes metálicos de 914 mm de diámetro y 26 m de profundidad cada uno y unas defensas tipo Seaward Donut formadas por pilotes metálicos de 30 m de longitud y diámetro 1.422 mm dentro de los cuales van colocados los 'donuts' que se mueven con la marea.

Tras el acondicionamiento de estas zonas, y dado que el cuenco de la esclusa estaba abierto para introducir las puertas, se desvió el tráfico fluvial por el interior de la nueva esclusa, la cual aún no se encontraba operativa, con el objeto de rellenar el antiguo canal de navegación en el área paralela a la esclusa para que el único punto de paso posible fuera la propia estructura y se pudiera llevar a cabo su puesta en servicio.

Se aprovechó también para cambiar en planta el vial eje 6 que transcurría junto al cuartel del Copero consiguiendo así preservar un hábitat de especial interés, un bosque de ribera de importante altura en el que viven numerosas especies



Urbanización. Octubre de 2011



Vista general. Noviembre de 2011



Vista general. Diciembre de 2011



Vista general. Diciembre de 2011

de aves que gozan de especial protección. Este cambio en planta conllevó un tratamiento del vial debido a que su apoyo pasaba de la orilla a ser un apoyo sobre el cauce del brazo muerto que se procedió a aterrizar, con una serie de medidas a ejecutar en el mismo para asegurar su estabilidad en el tiempo. Este cambio del vial eje 6 quedó reflejado en el Proyecto Modificado N° 2 donde se también se incluyó el dragado de la superficie de apoyo de los diques de cierre para eliminar las bolsas de limos arcillosos blandos (no detectados en el proyecto original) y efectuar el relleno de material granular desde un estrato más consistente formado por arenas y gravas, y los ajustes que fueron necesarios llevar a cabo en los muelles de tablestacas. El volumen necesario para el relleno del canal en esta zona superó los 1,6 millones de m³ de material, de los cuales aproximadamente un 30 % fue procedente de

préstamo para formar el terraplén de paso de los viales de carretera y ferrocarril proyectados. Estos viales atienden las comunicaciones internas del puerto y el acceso a la nueva esclusa, estando incluidos parte de los mismos en el presente proyecto. Se han construido un total de 8,9 km de viales de carretera y 3,4 km de ferrocarril.

Apertura de la dársena y puesta en funcionamiento

Una vez que el Canal de Alfonso XIII se desvió para que el tráfico fluvial pasara por la nueva esclusa y se finalizaron con éxito la colocación y puesta en servicio de los equipamientos mecánicos e hidráulicos de puertas, puentes y válvulas, se anuló la esclusa antigua y se puso en funcionamiento la nueva, para lo cual fue necesario excavar, en primera instancia, y dragar a continuación la zona de apertura de la Dársena del Puerto,

poniéndola en comunicación con el enlace nueva esclusa y con la esclusa actual.

Para la gestión integral de todos los elementos electromecánicos descritos anteriormente y la explotación de esclusa, se disponen cuatro edificios en la zona anexa a la nueva esclusa (edificio de control, de servicios generales y dos de maquinaria, uno para el lado puerto y otro para el lado río), en los cuales se realiza el control y gestión de esta nueva infraestructura portuaria, junto con una nueva zona urbanizada de 70 Ha dotada de todos los servicios necesarios (abastecimiento, saneamiento, red de pluviales, red contra incendios, instalación eléctrica, alumbrado, telefonía y comunicaciones) y unos viales de acceso para carretera y ferrocarril anteriormente citados. Paralelamente también se ejecutó como proyecto complementario la ejecución de la explanada de los futuros viales a ejecutar en el extremo sur de la Dársena del Cuarto y las obras necesarias para la construcción de nuevos depósitos temporales para albergar el material procedente de futuros dragados de mantenimiento de la Autoridad Portuaria de Sevilla.

Actuaciones medioambientales

El Proyecto de 'Actuaciones de Mejora en Accesos Marítimos al Puerto de Sevilla. Fase I: Exclusa', se encuadra dentro del proyecto del mismo nombre, promovido por la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS), que inició su procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental en julio de 1999, presentándose la correspondiente Memoria ante la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. Tras la etapa de consultas, se redactó la oportuna Declaración de Impacto Ambiental (DIA), publicada en el BOE de fecha 2 de octubre de 2003.

La línea de actuación que recoge la DIA, en relación con el proyecto de ejecución de la nueva esclusa, se limitaba a las actividades siguientes:

- Caracterización previa de los sedimentos.
- Plan de restauración y estado final.
- Campaña preoperacional de medidas de la calidad hidrológica.
- Programa de Vigilancia Ambiental.

Durante la obra se ha dado un paso más al recoger y particularizar para este proyecto todas las medidas protectoras y

correctoras dispuestas en la DIA para todas las actuaciones de mejora de los accesos marítimos. Estas medidas han sido ordenadas en cinco categorías diferentes:

- Medidas relativas a la ejecución, funcionamiento y restauración de vaciaderos.
- Medidas para la prevención de la contaminación.
- Medidas para la prevención de los efectos sobre la vegetación y la fauna.
- Medidas dirigidas a la reutilización de materiales de excavación y dragado.
- Otras medidas de carácter general no clasificadas.

Medidas relativas a la ejecución, funcionamiento y restauración de vaciaderos

Previamente a la ejecución de los distintos dragados proyectados, los vaciaderos terrestres han debido estar en perfectas condiciones de utilización, es decir, con las motas perimetrales de cada fase totalmente cerradas. Para garantizar todo ello se elaboró el "Proyecto Constructivo de los Vaciaderos Terrestres", donde se incluyeron la totalidad de las medidas protectoras y correctoras recogidas en los documentos preceptivos.

Medidas para la prevención de la contaminación

La razón de presentar esta serie de medidas responde a la necesidad de que sean incorporadas desde las primeras etapas de la fase constructiva del Proyecto, debiendo ser consideradas tanto en la planificación, construcción, funcionamiento y restauración de los vaciaderos como en todas y cada una de las fases constructivas de la esclusa. Caben citarse, entre estas medidas, la gestión de aceites usados y demás residuos peligrosos, la vigilancia y monitorización de las emisiones de polvo, tanto en las zonas de paso de vehículos como en la cercanía de los lugares propensos a este tipo de contaminación (junto a plantas de hormigón, plantas de bentonita-cemento, etc.), los riegos generalizados en las zonas de paso; para prevenir las emisiones atmosféricas gaseosas y la generación no controlada de ruidos por parte de la maquinaria, se ha controlado que la documentación de Inspección Técnica de Vehículos esté en regla, y se han extremado las medidas de vigilancia, inspección, así como la formación de los trabajadores con el fin de minimizar la producción de vertidos.



Medidas para la prevención de los efectos sobre la vegetación y la fauna

En este apartado se han incluido una serie de medidas que se han hecho extensivas a la totalidad de la fase constructiva, entrando en funcionamiento desde las etapas previas. Entre las medidas generales que se han tomado están: Jalonar las áreas de mayor sensibilidad ecológica o las zonas arbóreas no incluidas en la zona de actuaciones, para su preservación; acotado de zonas húmedas en períodos de no utilización, con el fin de proteger y facilitar la nidificación y cría de aves tales como ánades, fochas, flamencos, espátulas, garzas, águilas pescadoras, milanos negros, ratoneros, cigüeñas, con lo que se ha conseguido que estas aves hayan permanecido durante largos períodos de tiempo al encontrar en estas zonas unas condiciones propicias; prohibición de realización de aquellas actuaciones constructivas que pudieran interferir en el período de cría de aves (desde 1 de marzo a 31 de mayo), planificándose estas actividades en otros períodos; entrega al CREA (Centro de Recuperación de Especies Amenazadas) de varios ejemplares valiosos heridos, para su cuidado y posterior recuperación, y por último mantenimiento de un fiel seguimiento del Programa de Vigilancia Ambiental durante todo el desarrollo de los trabajos quedando plasmado en el diario medioambiental.

Medidas dirigidas a la reutilización de materiales de excavación y dragado

Todos los materiales de excavación y dragado procedentes tanto de la construcción de la esclusa como de los vaciaderos se han reutilizado, asignándoles un uso productivo acorde a su volumen y características fisicoquímicas, evitándose así la pérdida de suelos fértiles y la ocupación excesiva de superficies.

Otras medidas de carácter general no clasificadas

Por último, cabe hacer referencia a otras medidas correctoras, preventivas y de mitigación ejecutadas y que han sido recogidas en la DIA, destacándose las que se presentan a continuación.

- Planificación de los movimientos de maquinaria para evitar que ocasionen situaciones de inestabilidad en el terreno.

- Utilización de criterios ecológicos en el trazado de las pistas de movimiento de vehículos y una vez finalizada la utilidad de las mismas, eliminación y revegetación de estas pistas.

- Balizamiento de las vías de tránsito de vehículos, preservándose así las zonas de terreno adyacentes a las mismas, así como el riego de esta vegetación para eliminación del polvo.

- Selección de la ubicación del parque de maquinaria para que tuviera un mínimo impacto visual y estuviera separado de cualquier cauce de agua, evitando así una filtración que pudiera ocasionar algún accidente medioambiental.

Unidades más importantes

Las unidades más significativas por su volumen han sido:

- 4.000.000 m³ de dragados.
- 1.700.000 m³ de excavación.
- 2.800.000 m³ de rellenos.
- 54.000 m² pantalla plástica de bentonita-cemento.
- 5.000.000 kg de acero en tablestacas.
- 100.000 m² de encofrado.
- 300.000 m³ de hormigón.
- 20.000.000 kg de acero corrugado.
- 5.200.000 kg de acero en puentes.
- 3.250.000 kg de acero en puertas.
- 2.090.000 m² de área de actuación.
- 8,9 kilómetros de viales de carretera.
- 3,4 kilómetros de ferrocarril.

Presupuestos y fechas

Presupuesto final (sin IVA): 202.739.744,25 €.

Fecha de adjudicación: 28/12/2004.

Fecha firma del contrato: 01/03/2005.

Fecha firma del acta de replanteo: 16/06/2005.

Fecha paso primer barco por la esclusa: 14/09/2010.

Fecha puesta en funcionamiento esclusa: 25/11/2010.

Fecha recepción provisional: 30/12/2011. **ROP**