

El Canal de Panamá, inaugurado en 1914, constituyó, ya desde su concepción, una obra mítica en el mundo de la ingeniería civil y del transporte marítimo. La magnitud y la complejidad de las obras, las dificultades que se encontraron y el esfuerzo y sacrificio que precisó su construcción hicieron del Canal una hazaña épica, digna de admiración y de difícil repetición incluso en nuestros días. Su importancia desde el punto de vista político, comercial y hasta geográfico queda fuera de toda duda, y su funcionamiento constante durante ya más de cien años, 365 días al año incluso durante las dos guerras mundiales del siglo pasado, son un ejemplo de una gran infraestructura puesta al servicio de la Humanidad.

La construcción del canal

El impacto de la construcción del Canal fue notable: más de 25.000 trabajadores perdieron la vida, incluyendo el intento francés de Ferdinand de Lesseps; las dos grandes empresas que Lesseps creó, la Compagnie Universelle y la Compagnie Nouvelle, se arruinaron por no poder superar los problemas encontrados, generando en Francia el mayor escándalo financiero de la historia hasta ese momento; un país, Panamá, se independizó de Colombia; unos 100.000 trabajadores se movilaron desde prácticamente todo el mundo, acudiendo a Panamá en busca de una remuneración por encima de lo normal aunque fuera a cambio de duro trabajo; Estados Unidos consiguió su propósito estratégico militar, y más tarde comercial, de comunicar sus costas Occidental y Oriental sin tener que atravesar el peligroso Cabo de Hornos o el duro Paso del Noroeste; se abrieron las rutas para transporte de mercancías que conectaron de forma más directa Asia con la costa occidental de Estados Unidos y con Europa, rutas ambas que poco a poco han llegado a ser vitales para el comercio internacional.

Después del costoso y estrepitoso fracaso del intento francés de construir un canal a nivel, los americanos, con el vigoroso empuje que el presidente Theodore Roosevelt dio al proyecto, vencieron las dificultades que habían derrotado a Ferdinand de Lesseps gracias a tres factores:

- Uno, que el ingeniero al cargo de las obras en su segunda fase, John Frank Stevens,

encargó al médico militar Dr. Gorgas que investigara la causa de la alta mortalidad de los trabajadores. El Dr. Gorgas descubrió, junto al médico cubano Carlos Finlay, que eran los mosquitos *Aedes Aegypti* y *Anopheles* los que transmitían la fiebre amarilla y la malaria que diezmaban a los trabajadores. Obtuvo carta blanca de Stevens para erradicar el mosquito y tomar medidas preventivas generales en las poblaciones, por lo que, tras proceder a la fumigación general, el drenaje y la eliminación de las aguas estancadas y a la instalación de mosquiteras en viviendas, oficinas y hospitales, consiguió disminuir muy notablemente la mortalidad entre los trabajadores del Canal.

- Dos, que Stevens abandonó la idea de construir un canal a nivel y optó por una solución de esclusas, que, gracias a la construcción de la presa de Gatún que levantó la cota del lago del mismo nombre hasta +26 m sobre el nivel de los océanos, por un lado simplificó enormemente los trabajos de movimiento de tierras, que fueron el obstáculo insalvable para De Lesseps al combinarse con las fuertes lluvias y caudalosas avenidas del río Chagres, y por otro hizo navegables, de golpe, 65 km de los 78 que tiene el Canal en total.
- Y tres, que la importancia estratégico militar que los norteamericanos vieron en el Canal facilitó los recursos económicos, de manera que nunca faltaron como en el primer intento.

Tras la inauguración del Canal de Panamá el 14 de agosto de 1914, la demanda de paso para el transporte de mercancías no dejó de crecer, por lo que en 1939 los norteamericanos, que operaban el Canal en virtud de la concesión perpetua obtenida del gobierno panameño en 1903, acometieron los trabajos para ampliarlo construyendo una tercera línea de esclusas, el llamado "Tercer Juego", ya que el Canal original tiene dos líneas paralelas de esclusas. Dichos trabajos fueron interrumpidos y abandonados debido a la Segunda Guerra Mundial.

El proyecto de ampliación

En diciembre de 1999 la gestión del Canal pasó a manos del gobierno panameño; aunque la operación de las esclusas originales se potenció para optimizar su disponibilidad, la proyección de la demanda de transporte marítimo evidenciaba que en 2012 el Canal

quedaría saturado y el tráfico buscaría otras vías alternativas. La necesidad de la Ampliación era clara.

En el año 2006 se aprobó en referéndum la realización del Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá, fundamental para adaptar la infraestructura a la mayor demanda de paso de transportes marítimos cada vez de más tamaño y tonelaje y así hacer frente a la competencia de otras rutas como el Canal de Suez ampliado.

En julio de 2009 se adjudicó el contrato para el proyecto, la construcción y el mantenimiento durante tres años del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá al consorcio Grupo Unidos Por el Canal (GUPC), compuesto por la española Sacyr, la italiana Salini Impregilo, la belga Jan De Nul y la panameña Constructora Urbana. La puesta en funcionamiento de la nueva obra está prevista para abril de 2016.

El Tercer Juego de Esclusas, aparte de tener unas dimensiones notablemente mayores para dar servicio a los grandes buques portacontenedores, se ha diseñado con tres importantes diferencias de funcionamiento respecto a las esclusas originales:

Componentes del Programa del Tercer Juego de Esclusas

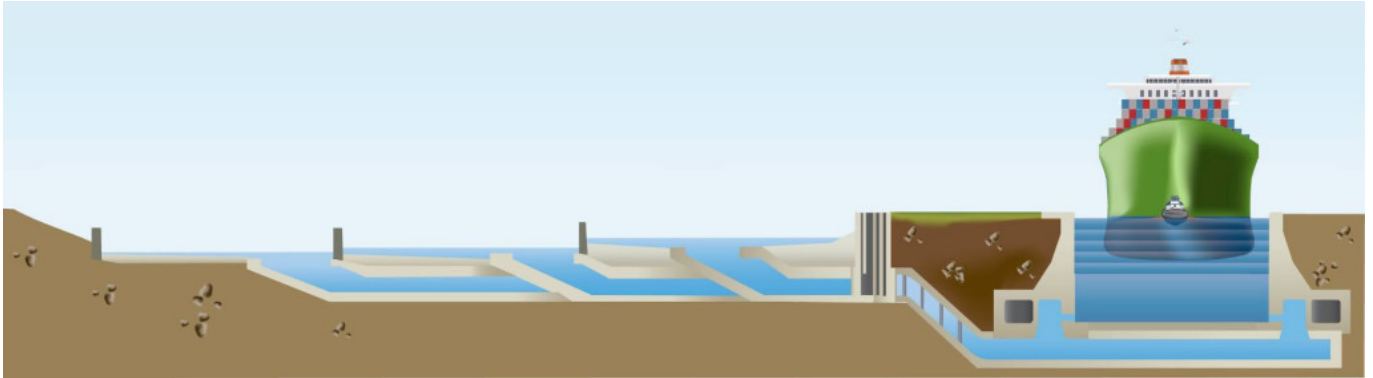
- 1 Profundización de las entradas en el Pacífico y el Atlántico
- 2 Ensanche y profundización de los cauces de navegación del lago Gatún y profundización del Corte Culebra
- 3 Construcción de las nuevas esclusas y tinas de reutilización de agua en el Atlántico y en el Pacífico con sus cauces de navegación
- 4 Subir el nivel máximo de operación del lago Gatún

Ambos complejos de esclusa se ubicarán adyacentes a las esclusas actuales. En el lado Atlántico del Canal estará del lado este de la esclusa de Gatún, mientras que en el lado Pacífico se ubicará al suroeste de la esclusa de Miraflores. La ubicación de las nuevas esclusas aprovechará las excavaciones del proyecto del Tercer Juego de Esclusas iniciado por los norteamericanos en 1939 y que fue suspendido en 1942 cuando Estados Unidos entró en la Segunda Guerra Mundial.



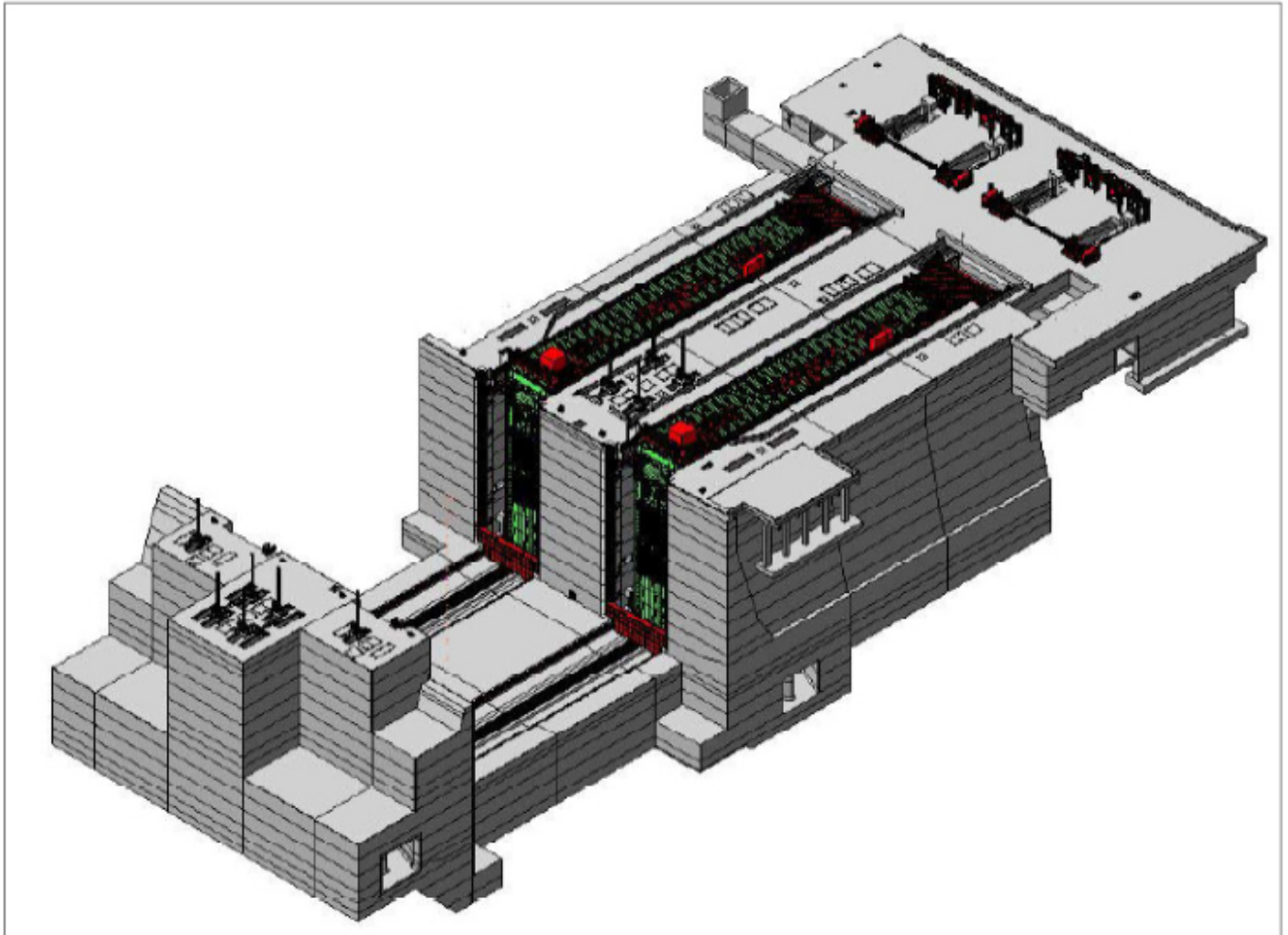
Componentes del Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá.

Primera, que el 60% del agua utilizada en los esclusajes se recicla, de manera que, aunque se facilite el paso de buques con el triple de carga que los que pasan por las esclusas actuales, el consumo de agua es menor un 7% en las nuevas esclusas.



Sistema de reciclaje del agua de esclusaje mediante piscinas laterales.

Segunda, que los barcos serán auxiliados por remolcadores en todas las fases del tránsito por el Canal, incluso dentro de las nuevas esclusas, por lo que ya no harán falta las locomotoras eléctricas que actualmente ayudan a centrar los buques para que no golpeen o rocen las paredes de las cámaras.

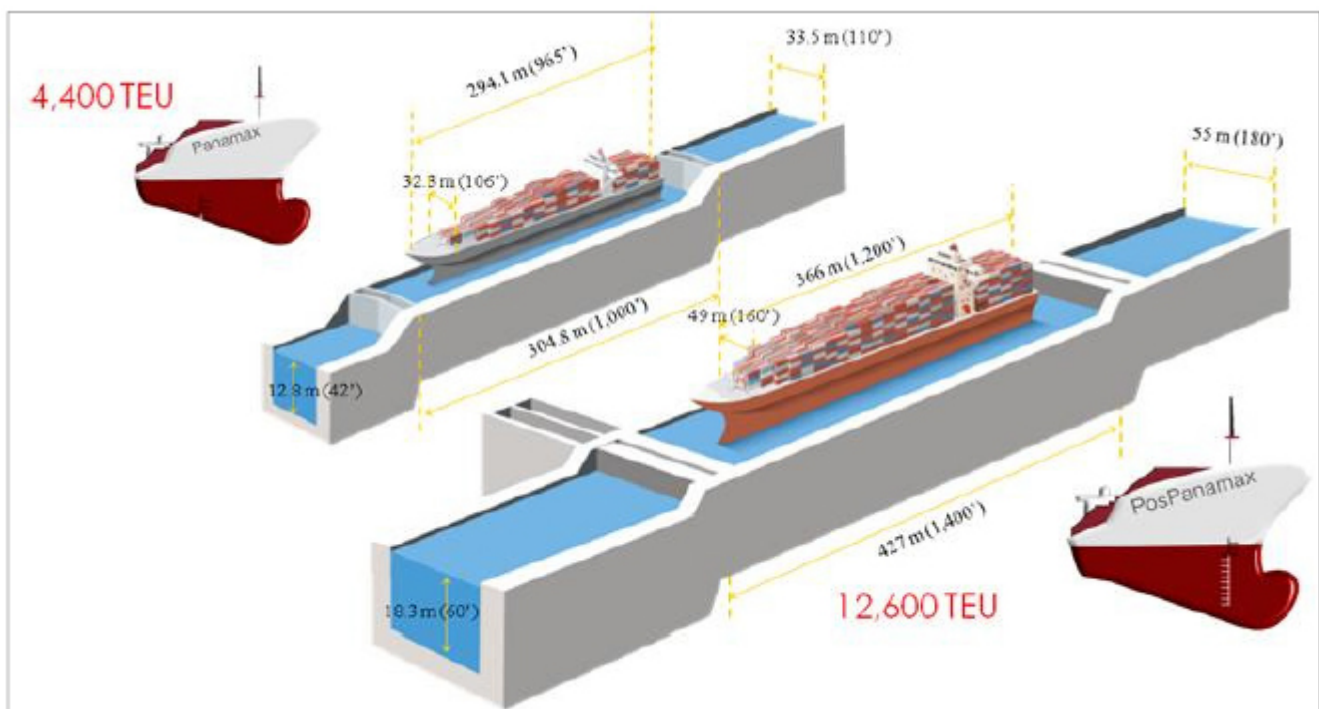


Los alojamientos de las compuertas rodantes permiten la reparación de las mismas como si fuera en un dique seco.

Y tercera, las compuertas son rodantes y no de gozne como las actuales (figura 4). Esto permite, por un lado, soportar las grandes presiones que corresponden a las mayores dimensiones de anchura y de calado. Por otro lado, los alojamientos laterales de las compuertas pueden ser aislados y convertidos en diques secos, de manera que las nuevas compuertas pueden ser reparadas sin suspender la operación del Canal y sin tener que transportarlas a un astillero. Además, la configuración perpendicular facilita mayor espacio disponible para naves más largas.

Las nuevas esclusas

En la figura 2 se pueden observar los elementos del Proyecto de Ampliación. El contrato del Tercer Juego de Esclusas (número 3) incluye el diseño, la construcción y el mantenimiento durante tres años de las nuevas esclusas, adyacentes a las actuales, que darán paso a los grandes barcos Post Panamax entre el lago Gatún y ambos océanos Pacífico y Atlántico.



Comparación de dimensiones entre las esclusas existentes y las nuevas.

Aunque el sistema de funcionamiento general de las esclusas es el mismo, es decir, se trata de un elevador hidráulico de tres escalones, cada uno de 9 metros de altura, las dimensiones de las nuevas esclusas del Tercer Juego entran en el ámbito de lo colosal. La comparación con las existentes se puede ver en la figura 5. La longitud de las cámaras pasa de 305 a 427 m, la anchura de 32 a 55 m y el calado máximo permitido de 12,8 a 18,3 m.

Los volúmenes asociados a la construcción son, lógicamente, únicos en la ingeniería civil. Por citar algunas cifras:

- Casi 100 millones de metros cúbicos de movimiento de tierras;
- Casi 5 millones de metros cúbicos de hormigón;
- 250.000 toneladas de acero de refuerzo;
- 71.000 toneladas de acero en compuertas y válvulas;
- 96 edificios con un total de 40.000 m² edificados;
- 1.600 km de cable eléctrico y de comunicaciones;
- 800 km de fibra óptica;
- 10.000 trabajadores en el momento máximo, de 28 nacionalidades distintas;
- 30.000 personas han recibido cursos de formación del consorcio GUPC.

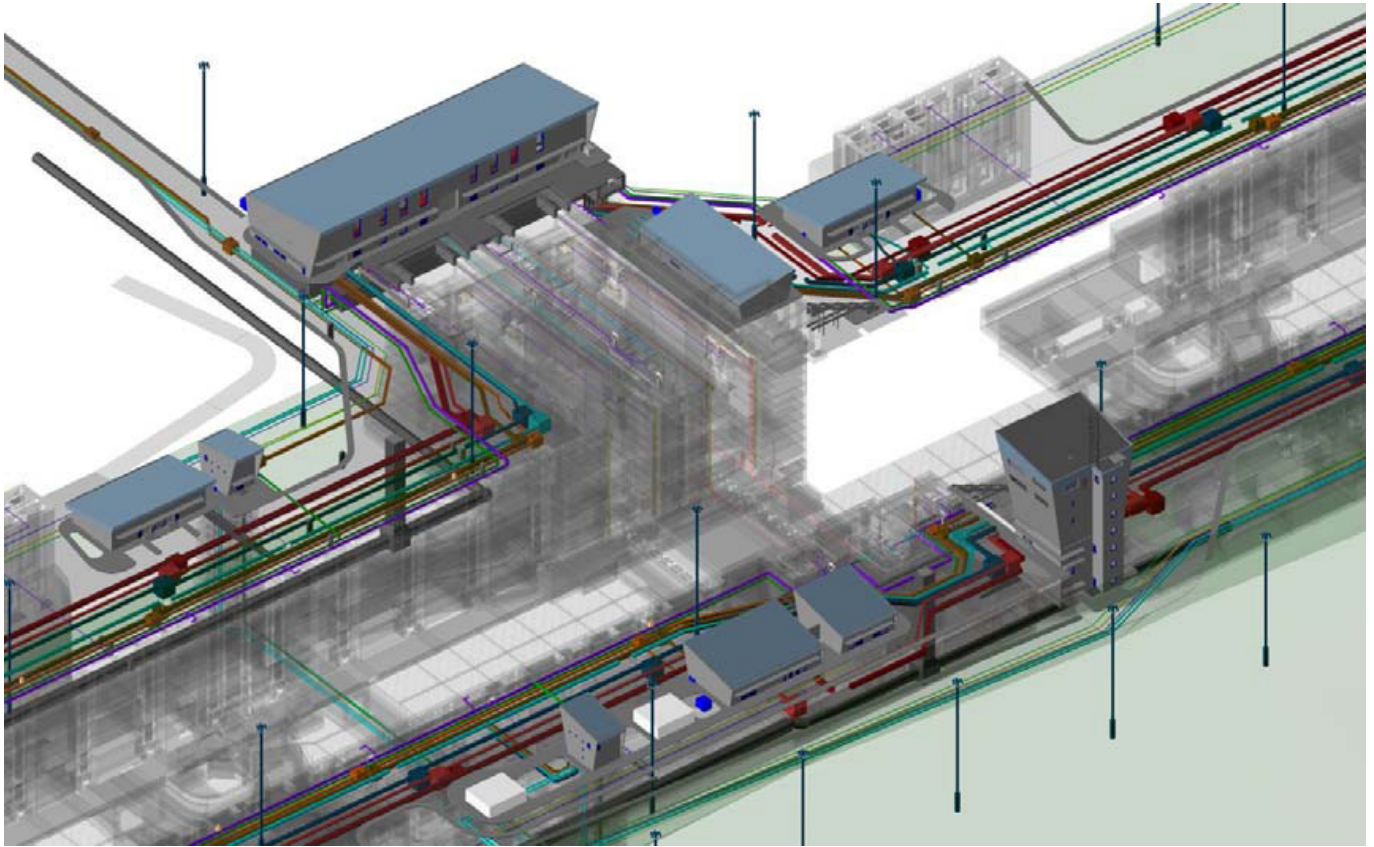
Todos los llenados y vaciados de las cámaras se producen por gravedad, accionando las válvulas que se han instalado tanto en los conductos longitudinales (que distribuyen el agua del lago Gatún a las cámaras) como transversales (que comunican las cámaras con las piscinas laterales de acumulación de agua). El ahorro de agua se consigue depositando en las tres piscinas adyacentes a cada cámara, cuando el barco está bajando y la cámara se vacía, el 60% del agua necesaria para llenar de nuevo la cámara, evitando así consumir ese 60% del lago Gatún.

El diseño del sistema hidráulico pasó, después del dimensionamiento numérico, por un período de prueba en un modelo a escala fabricado en el laboratorio hidráulico de la Compañía Nacional del Ródano en Lyon (figura 6), para comprobar que las pérdidas de carga a lo largo del modelo, y por lo tanto los tiempos de llenado y vaciado de las cámaras, se encontraban dentro de los márgenes especificados en el contrato.



Modelo a escala fabricado en el laboratorio hidráulico de la Compañía Nacional del Ródano (CNR).

Las últimas tecnologías están presentes en las complejas instalaciones que permiten una operación prácticamente automática de las esclusas. Más de 70.000 señales digitales se captan, transmiten y analizan por el Sistema de Control de Proceso (figura 7). Tanto la situación de los buques en cada momento como el estado de todos los elementos móviles de las esclusas son detectados y transmitidos al Centro de Control, una torre de 30 metros de altura, similar a las torres de control de los aeropuertos, desde la que se domina visualmente todo el complejo.



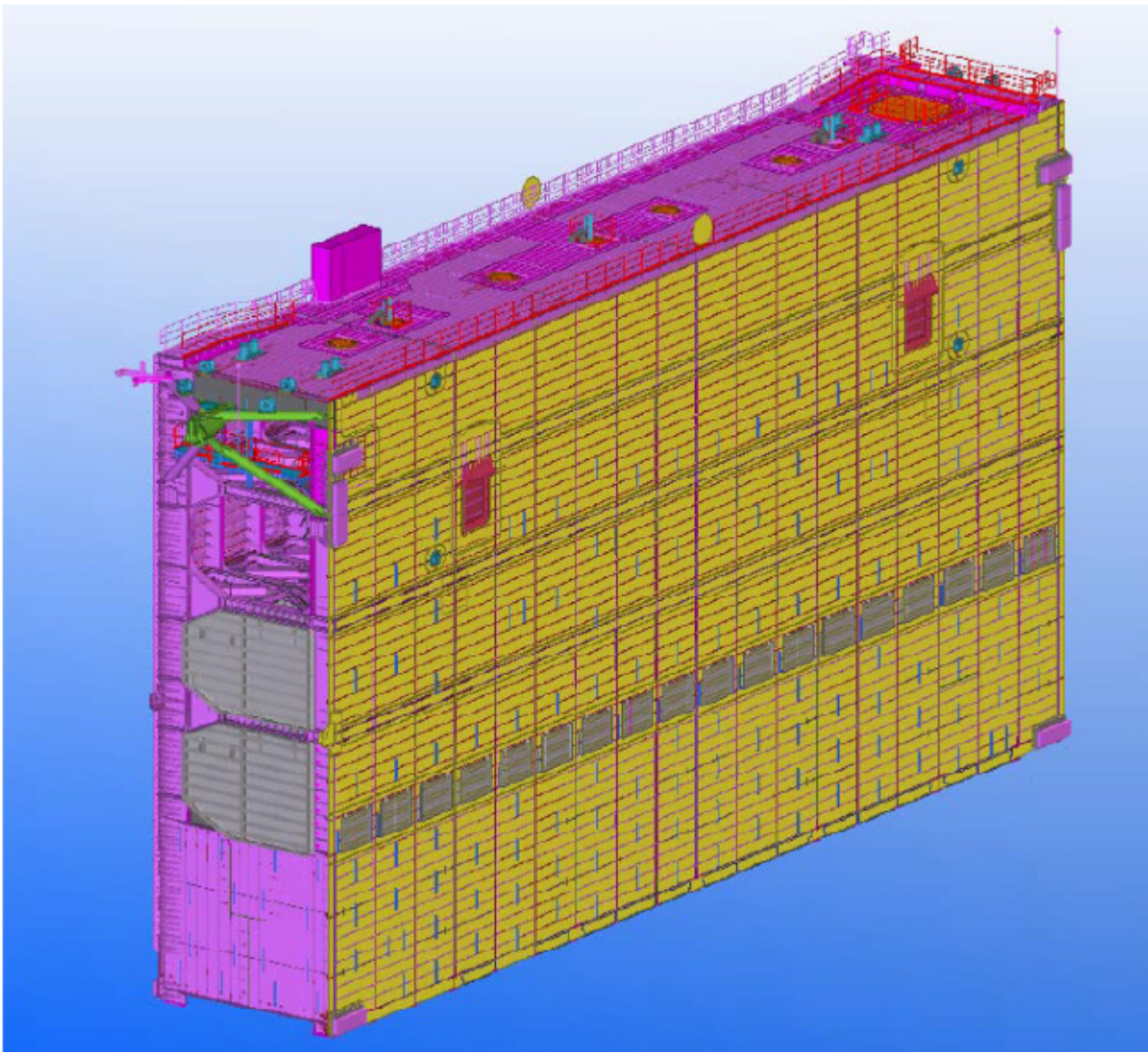
70.000 señales digitales se captan y se transmiten al Centro de Control, donde son procesadas e interpretadas por el Sistema Central de Proceso.

Las estructuras de hormigón armado de las nuevas esclusas han sido proyectadas y construidas para dar una vida de servicio de 100 años. Esto ha creado la necesidad del diseño de fórmulas de hormigón capaces de hacerlo tan impermeable como para impedir la penetración del ión Cloro contenido en la sal marina y así mantener a salvo del óxido el acero de la armadura.

El diseño de las compuertas ha tenido que resolver multitud de problemas nuevos en la ingeniería, pues es la primera vez que se construyen elementos de tales dimensiones y características.

Para destacar algunos aspectos, por ejemplo, el compromiso entre el dimensionamiento a fatiga para una vida útil de 50 años y la resistencia a un sismo de magnitud 8

(aproximadamente) manteniendo un 95% de funcionalidad, obligó a rigidizar la estructura de las compuertas sin poder aumentar demasiado su peso, lo que sólo se logró diseñando y construyendo refuerzos estructurales con pequeñas cartelas y placas perforadas, que dispararon los tiempos de fabricación y el uso de mano de obra especializada (figura 8). Por otro lado, el sistema de guía, apoyo y sellado de las compuertas es completamente nuevo en el mundo. Según las pruebas que ya se han realizado sobre los distintos elementos, cumple holgadamente con las duras especificaciones de estanqueidad impuestas en el contrato.



La estructura de las compuertas es muy compleja por el compromiso del diseño entre la resistencia a la fatiga, que exige rigidez, y la resistencia al sismo, que exige flexibilidad.

La ejecución del Tercer Juego de Esclusas también ha sido (y está siendo) una hazaña épica. Las cuatro compañías componentes del consorcio constructor han tenido que aportar, casi hasta la extenuación, sus mejores recursos profesionales humanos de equipo y hasta financieros. Quizás los que en su día, hace 100 años, fueron problemas principales, como las enfermedades y las grandes precipitaciones y avenidas fluviales, han sido dominados con los medios disponibles hoy día, pero problemas como la geología adversa, la crisis financiera global, la burocracia o los retos de afrontar un gigantesco prototipo de última tecnología han obligado al equipo humano de la obra, a todos los niveles, a una lucha titánica diaria para llevar el Proyecto a buen término.

Esperemos que así sea, y el creciente tráfico marítimo de grandes dimensiones pueda aprovechar, en el primer semestre de 2016 y para cien años, las ventajas de los nuevos accesos al paso a través del Istmo Panameño en condiciones seguras, fiables y eficientes como en los últimos cien años.



Simulación del aspecto final de las nuevas esclusas del lado Atlántico.



Lado Atlántico en agosto de 2009.



Lado Atlántico, imagen del avance de las obras en julio de 2015.



Lado Pacífico en agosto de 2009.



Lado Pacífico, imagen del avance de las obras en julio de 2015.

Head Image: Rutas principales de tráfico marítimo que atraviesan el Canal de Panamá.