



Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés: Update the Pacific Locks conceptual design and harmonization of the Atlantic Locks conceptual designs

Nombre del estudio en español: Actualización el diseño conceptual de las Esclusas del Pacífico y armonización del diseño conceptual de las Esclusas del Atlántico

Fecha del informe final: 25 de mayo de 2005

Fecha de la traducción: 30 de mayo de 2006

Nombre del consultor: Consorcio Post Panamax

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe contiene el diseño conceptual de una estructura de esclusa de tres escalones, con tinas de ahorro de agua de 3 x 3 para las nuevas esclusas post-Panamax en los sectores Pacífico y Atlántico del Canal de Panamá.

Se hace referencia al informe del 2002 titulado “Diseño Conceptual de un Sistema de Tres Escalones en el Sector Pacífico del Canal de Panamá”, parte del contrato SAA143351 adjudicado al Consorcio Post Panamax (CPP) en noviembre del 2004.

Los nuevos criterios de diseño para las estructuras de las esclusas se encuentran en el informe de la tarea 2-Sección A, cuyo número de referencia es el P/A/2revA-v02, fechado 29/04/05.

En general, las principales modificaciones que se hicieron al diseño original para el sector Pacífico son las siguientes:

- reducción del ancho de la esclusa en 5m, de 56m a 55m;
- reducción de la manga del buque;



- sistema de posicionamiento con ayuda de lanchas remolcadoras en lugar de locomotoras;
- nuevo alineamiento del cauce;
- nuevas condiciones sísmicas;
- reducción de la profundidad mínima del agua (16.8 en vez de 18.3m).

Para el diseño del sector Atlántico, se conservará el mismo sistema de esclusas, pero este requiere ser armonizado para manejar condiciones locales específicas (condiciones geotécnicas y sísmicas, topografía, los niveles de las mareas del Océano Atlántico, alineamiento del cauce).

A continuación se detallan las subtareas contenidas en los informes finales, para ambas esclusas:

- a. Ubicación y esquema de las esclusas
- b. Muros de las esclusas
- c. Sistema de llenado y vaciado
- d. Compuertas de Operación de las Esclusas
- e. Compuertas de las Alcantarillas y los Ductos
- f. Maquinaria de Operación
- g. Alumbrado
- h. Energía Eléctrica y Requisitos de Electricidad
- i. Muros de Entrada
- j. Estructuras de Operación
- k. Plan y Cronograma de Construcción
- l. Cantidades

Se preparó un informe separado para cada una de estas tareas, aunque en el caso particular de algunas tareas se ha hecho referencia al diseño conceptual original (del 2002), especialmente cuando dichas tareas prácticamente no incluyen cambios. Aun así, en el caso de algunas de las tareas de armonización de las esclusas del Atlántico se hace referencia a las esclusas del Pacífico ya que es obvio que, en tanto fuera posible, se conservó el mismo concepto para ambos lugares.

Antes de resumir los resultados de estos estudios conceptuales, es importante recordar que el diseño se basa especialmente en criterios y requisitos especiales discutidos en varias ocasiones con la ACP, a saber:

- Las nuevas esclusas constituyen un sistema impulsado por la demanda y sus tiempos de operación determinan la capacidad del sistema.
- La confiabilidad es otro requisito básico, ya que cualquier cierre de vía ocasiona pérdida de ganancias.
- Debe realizarse el mínimo de trabajos de mantenimiento.
- Se debe minimizar el costo de la construcción.



- Se debe mantener simples y confiables las instalaciones y los sistemas operacionales.

Por consiguiente, la ACP escogió un sistema de esclusas de tres escalones, equipado con tres tinajas de ahorro de agua de 3 x 3.



a. Ubicación y esquema de las esclusas

ALINEAMIENTO Y UBICACIÓN DE LAS ESCLUSAS EN EL SECTOR PACÍFICO

La ACP llevó a cabo más investigaciones y análisis sobre este punto con el fin de minimizar los volúmenes de excavación. El resultado final es un alineamiento ligeramente curvo que también permita virar el cauce hacia las esclusas de Miraflores. Al mismo tiempo, la estructura de la esclusa puede ser desplazada hacia el Océano Pacífico, lo cual permite una mayor reducción de los volúmenes de excavación de la esclusa. Las condiciones náuticas de acceso y las circunstancias geológicas se mantienen prácticamente iguales que las del estudio original.

Para una vista aérea de la ubicación de la esclusa en el sector Pacífico del Canal de Panamá refiérase a la página 3 del documento original en inglés.

ALINEAMIENTO Y UBICACIÓN DE LAS ESCLUSAS EN EL SECTOR ATLÁNTICO

Antes de realizar el estudio, la ACP investigó el alineamiento del sector Atlántico. Se conservó un alineamiento que coincide con la excavación que se hizo para el proyecto del tercer juego de esclusas en 1942, y solamente se re-evaluó un pequeño desplazamiento del eje hacia el lado oeste (en dirección de las Esclusas de Gatún existentes). Se confirmó que este alineamiento constituye la mejor alternativa, en cuando a volúmenes de excavación se refiere.

Este alineamiento también es muy conveniente desde el punto de vista náutico: está situado inmediatamente adyacente al lago Gatún por el sudeste y conectado al Océano Atlántico por un canal de acceso recto.

Se prestó especial atención a las condiciones geotécnicas: toda la estructura de la esclusa fue ubicada en la formación rocosa de Gatún; excepto por una porción del muro de entrada del sector Atlántico, el cual se extiende hasta la débil formación denominada Lama del Atlántico. Para evitar trabajar en malas condiciones de suelo, se propuso reemplazar el muro de gravedad de la entrada por pilotes flexibles, a lo largo de todo el espacio que ocuparía el muro.

Se encontró que los volúmenes de excavación del sector Atlántico eran relativamente altos en comparación con los del sector Pacífico. Esto se debe principalmente al hecho de que las tinas de ahorro de agua requieren mucho más excavación.



Llama la atención que, cuando se determinó el alineamiento de la esclusa, no se tomó en cuenta un futuro cuarto carril. Este cuarto carril requerirá volúmenes de excavación mucho mayores que los determinados para el tercer carril.

Para una vista aérea de la ubicación de la esclusa en el sector Atlántico del Canal de Panamá, refiérase a la página 4 del documento original en inglés.

b. Muros de las esclusas

El tipo de muro escogido para las esclusas depende primordialmente de las condiciones geotécnicas y sísmicas, las cargas (elevación del agua, elevación de los batientes de la compuerta), y el sistema de llenado y vaciado. Como la estructura de la esclusa está ubicada principalmente en fondos de roca (Basalto y de las formación La Boca en el sector Pacífico; y roca de la formación Gatún en el sector Atlántico), se excluyó un buen número de posibles tipos de muro para las esclusas. Dado que las condiciones de carga son bastante severas y se requiere un sistema de llenado y vaciado muy eficiente (con alcantarillas de grandes dimensiones), no fue difícil escoger la esclusa con muros de gravedad. Es obvio que hasta el muro de gravedad para las esclusas puede llevar a un gran número de alternativas que deben ser investigadas y optimizadas a través de estudios adicionales.

En este diseño conceptual, se escogieron primordialmente unas dimensiones para los muros de las esclusas que permitieran minimizar las excavaciones. No se volvió a contemplar durante este estudio una solución que no implicara el uso de refuerzos de acero (muro de gravedad de hormigón masivo) ni una solución con hormigón compactado con rodillo (CCR), dado que la experiencia nos ha demostrado que el uso de refuerzos se ha convertido en práctica común de los métodos modernos de construcción de muros para muelles y esclusas, lo cual también nos permite estructuras más económicas. No obstante, se recomienda que durante las fases más avanzadas y detalladas del diseño se investigue si se puede contemplar esta solución para las esclusas de Panamá. Esto está aun más acorde a la actualidad, ya que los precios de los refuerzos de acero se han duplicado en los últimos 18 meses.

Ciertamente uno de los grandes cambios en los criterios de diseño fue que la ACP elevó la aceleración máxima del subsuelo (valor de “a”), de 0.21 g a 0.40 g (en el Pacífico) y 0.41 g (en el Atlántico). Además, la remoción de los rieles de locomotora y la reducción en el espacio libre (1.5 m en lugar de 3.0 m) favorecen el establecimiento de las dimensiones de la estructura de los muros de las esclusas. Este nuevo escenario, junto con las condiciones normales de carga y las condiciones locales de roca, han resultado en las siguientes secciones transversales para los muros de las esclusas.



Para ver las secciones transversales típicas de los siguientes tipos de muro: 1) muro de la esclusa en Basalto – Sector Pacífico; 2) muro de la esclusa en roca de la formación La Boca – Sector Pacífico; 3) muro de la esclusa en roca de la formación Gatún – Sector Atlántico, refiérase a las páginas 5 y 6 del documento original en inglés.

c. Sistema de llenado y vaciado – Tinas de Ahorro de Agua

Para efectos de este estudio de actualización/armonización, la ACP mantuvo el sistema de esclusas de tres escalones, con tinas de ahorro de agua de 3 x 3, según se ilustran en la siguiente imagen:

Para ver una imagen del sistema de esclusas de tres escalones, con tinas de ahorro de agua de 3 x 3, refiérase a la página 7 del documento original en inglés.

El sistema hidráulico se origina en el diseño conceptual del 2002/2003 y consiste de muros laterales con alcantarillas longitudinales laterales con salidas, y tinas de ahorro de agua unidas a estas alcantarillas mediante ductos.

Este sistema se compone de los siguientes elementos hidráulicos:

- alcantarillas continuas a ambos lados de las esclusas, las cuales están integradas a la estructura de los muros de la esclusas (dimensiones: Ancho x Altura = 9m x 6m);
- ambas alcantarillas longitudinales están unidas a la cámara de la esclusa a través de los muros laterales por medio de salidas (de 2m x 2m); estas salidas están distribuidas equitativamente a lo largo del centro de la cámara, para obtener en la máxima medida de lo posible, que el proceso de llenado y vaciado sea equilibrado;
- tinas de ahorro de agua (3 tinas paralelas para cada cámara de la esclusa, situada a un lado de la esclusa), cada una de las cuales está unida a las alcantarillas por dos ductos. Para cada alcantarilla (un total de 12 ductos por cámara con una sección de 4m de ancho x 5m de alto en el sector Atlántico y 4.5m de ancho x 6m de alto en el sector Pacífico).

Para ver el esquema del sistema de llenado y vaciado de las tinas, donde se muestra una sola alcantarilla, refiérase a la página 8 del documento original en inglés.

Es de notar el hecho de que se escogió un sistema que estuviera integrado en los muros de las esclusas, puesto que presenta una mayor eficiencia de costos y requiere mucho menos mantenimiento que un sistema con aperturas en el suelo del fondo de la esclusa



(como el de las esclusas existentes). Las salidas de los muros laterales podrán cerrarse mediante ranuras para mamparos, y así ya no será necesario que la cámara de la esclusa permanezca seca. Esto permite un diseño más económico para varios de los elementos estructurales de la esclusa (las compuertas y los muros).

Una de las condiciones más importantes para el diseño del sistema hidráulico eran las fuerzas en líneas de amarre que se aplican sobre el buque a la hora de llenar y vaciar las cámaras de la esclusa. Las fuerzas en líneas de amarre son generalmente inducidas por un desequilibrio en el llenado y el vaciado de la cámara de la esclusa. En un caso como este, de un sistema de llenado y vaciado en el muro lateral con 20 salidas de cada lado, cuyas salidas no siempre descargan a la misma velocidad y en el mismo tiempo, ocurren movimientos de agua en las cámaras y en consecuencia se ejercen fuerzas sobre el buque. A medida que el buque es amarrado mediante un sistema de posicionamiento, las fuerzas en líneas de amarre se ven limitadas por la capacidad de este sistema, lo que en este caso sería el sistema de lanchas remolcadoras o simplemente un atraque fijo contra uno de los muros de la esclusa.

Como en esta fase del diseño conceptual no era posible medir las fuerzas en un modelo físico a escala, se utilizó la combinación de dos modelos hidráulicos para analizar las fuerzas en líneas de amarre. El primero de estos modelos es el programa Flowmaster, que calcula la descarga – series de tiempos a través de las salidas; el segundo (2D/3D Delft) calcula el movimiento en la cámara de la esclusa como consecuencia del desequilibrio en las descargas de las salidas.

Se analizaron diversos escenarios y se ha optimizado el análisis aun mas para demostrar que, dependiendo del sistema de posicionamiento, las fuerzas en líneas de amarre pueden ser mantenidas en un nivel que corresponda a los criterios del diseño sobre fuerzas en líneas de amarre.

En general se concluyó que el sistema de llenado y vaciado tal como fue propuesto, con tinas de ahorro de agua integradas, constituye una solución ventajosa para las nuevas esclusas post-Panamax desde el punto de vista técnico/económico. Necesita ser objeto de una mayor optimización dentro de la próxima fase del estudio, a través de un modelado numérico más detallado; y, finalmente, tendrá que ser validado en un modelo físico a escala.

Se ha hecho notar que este si este mismo sistema, trabajando a la misma capacidad (número de tránsitos de buques por día), no usara las tinas de ahorro de agua, necesitaría ser modificado. Sin embargo, el consultor consideró que es necesario que se instalen las tinas de ahorro de agua; si por razones particulares, se necesita operar las esclusas sin estas tinas, como un modo especial de operación que permita aumentar los tiempos y las ratas de apertura de la válvula, se podrá hacer.

d. Compuertas de las Esclusas



Al escoger y analizar el tipo de las compuertas de esclusas adecuado para la configuración de tres escalones, se concluyó que lo mejor era usar compuertas tipo rodantes o deslizantes. Esto se justificó mediante un análisis de criterios múltiples, realizado durante el diseño conceptual original del 2002, para evaluar las compuertas de inglete o bisagra y las rodantes. Las compuertas rodantes constituyen el único tipo de compuertas existente para las esclusas tamaño post-Panamax y ha sido utilizado con éxito en Europa, especialmente en Bélgica, donde las de Berendrecht y Zandvliet en Antwerp, y Vandamme en Zeebruges, son las más grandes del mundo.

Para ver una foto de una compuerta rodante en receso en la esclusa del P. Vandamme en Zeebruges, Bélgica, refiérase a la página 9 del documento original en inglés.

Es más, las compuertas de tipo rodante presentan algunas ventajas particulares que son de suma importancia para las nuevas esclusas, cuyo uso será impulsado por la demanda. Una de las ventajas más sustanciales es ciertamente que la compuerta se mueve horizontalmente en dirección transversal en referencia a la esclusa, hacia un nicho para compuerta, el cual se puede desaguar y por tal motivo representa un lugar y una posición ideales para los trabajos de mantenimiento. Como hay dos compuertas y dos nichos para compuerta en cada recinto de la esclusa, es prácticamente imposible que se interrumpa el tráfico si una compuerta presenta fallas de funcionamiento. Adicionalmente, se puede hacer flotar la compuerta, y remolcarla lejos como si fuera un buque (por ejemplo, si se requiere reemplazarla, o cuando se usa la compuerta como mamparo para desaguar las cámaras).

Las compuertas rodantes fueron diseñadas para condiciones normales de operación, ya que no se considerará un requisito básico que la cámara de la esclusa esté seca. No obstante, se han diseñado las compuertas exteriores para que puedan soportar la cabeza de agua total que se produce cuando la cámara de la esclusa se mantiene seca.

Se analizó la estructura de las compuertas usando un programa de ingeniería estructural 2D/3D y de conformidad con la experiencia adquirida por el experto con las compuertas rodantes de Bélgica. Este análisis permitió determinar y verificar las dimensiones generales de las diferentes compuertas, las dimensiones de la armazón de acero estructural; y, por consiguiente, fue posible hacer un cálculo bastante exacto del peso de la estructura de acero.

Se evaluaron otras estructuras auxiliares, tales como carros tipo carretilla, soportes, etc. de acuerdo con la experiencia obtenida con las esclusas de Berendrecht y Van Cauwelaert en Antwerp, las cuales también fueron diseñadas por los expertos de CCP. La diferencias más significativas entre estas esclusas y el diseño original (del 2002) consisten en que el ancho de las esclusas es más reducido (55m en vez de 61m) y que, en consecuencia, las compuertas de las esclusas son más pequeñas y menos pesadas. Por otro lado, se tomó en cuenta los nuevos criterios de diseño sísmico.



Además, se investigó si las compuertas, tanto en el sector Pacífico como en el Atlántico, podrían homologarse. Esto, de hecho, sí es posible:

- las compuertas superiores de los sectores Pacífico y Atlántico (al costado del lago Gatún) son idénticas;
- las compuertas intermedias solamente diferirían en altura y por consiguiente pueden tener las mismas dimensiones totales (aunque el consultor opina que no se debe sobreestimar esta ventaja, ya que una consecuencia importante de la misma es que se tendrían que adaptar artificialmente los niveles superiores de los recintos de las compuertas),
- las compuertas aguas abajo son diferentes (debido a la gran variación de las mareas en el sector Pacífico).

El siguiente cuadro muestra los principales pesos y dimensiones de las distintas compuertas rodantes de las esclusas:

COMPUERTA	PA1 AT1	PA2-PA3 AT2-AT3	PA4	AT4
Ancho (fuera de las pletinas)	7 m	10 m	11 m	10 m
Distancia entre los marcos verticales	3.18 m	3.18 m	3.18 m	3.18 m
Peso por área lateral (altura y largo)	1340 kg/m ²	1480 kg/m ²	1500 kg/m ²	1450 kg/m ²
Peso de la estructura de la compuerta	1550 ton	2550 ton	2700 ton	2450 ton

e. Válvulas para las alcantarillas y los ductos.

Al igual que para la selección de las compuertas de las esclusas, para escoger el tipo más conveniente de válvula para las alcantarillas y los ductos de las esclusas se llevó a cabo un análisis de criterios múltiples. Se halló que la válvula más adecuada es la de tipo vertical con ruedas fijas, movida mediante un cilindro hidráulico vertical.

Este es el mismo tipo de válvula y sistema operativo que se usa en la esclusa de Berendrecht, y ha probado ser confiable.

Hoy en día se prefieren las válvulas de traslado vertical de ese tipo para esclusas de gran tamaño porque su construcción es más barata y no requieren tanto espacio como, por ejemplo, las válvulas radiales invertidas.

Para garantizar su máxima confiabilidad, las válvulas de las alcantarillas se hacen redundantes (dos válvulas paralelas por alcantarilla, cada una de las cuales opera en la mitad de la sección de la alcantarilla). Tanto en el sector Pacífico como en el Atlántico, cada válvula tiene una sección rectangular de 4.5 m de ancho x 6 m de alto.

Las válvulas de los ductos (entre las tinas de ahorro de agua y las alcantarillas de las cámaras de las esclusas) no se hacen propiamente redundantes, pero siempre hay dos



ductos para cada tina; lo cual, de hecho, proporciona la misma redundancia que se obtiene en las alcantarillas. Las válvulas de las alcantarillas del sector Pacífico miden 4.5 m de ancho x 6 m de alto y las del sector Atlántico 4 m de ancho x 5 m de alto.

Las válvulas han sido diseñadas para que ofrezcan las mejores condiciones de operación y mantenimiento, puedan ser secadas mediante el uso de mamparos a ambos lados, y se puedan alcanzar por medio de recintos verticales a cada lado.

No se requieren cambios obvios en esta actualización del diseño conceptual anterior, salvo los cambios en el tamaño de las compuertas.

f. Maquinaria Operativa

Sistema de control

El sistema de control será eficiente, seguro y confiable, y requerirá un mínimo de personal. Para el tercer carril de esclusas de Panamá, se propone un sistema de distribución eléctrica con controles lógicos programables en cada estación y una red de fibra óptica redundante que conecte todos los aparatos. Se instalarán estaciones de trabajo para los operadores en el cuarto de control central y se permitirá el control de todas las instalaciones. Este es un sistema muy abierto que permite que se extiendan los controles lógicos programables mediante la simple conexión de nuevos aparatos en la red. Pero, debido a la redundancia y proximidad durante operaciones excepcionales o de mantenimiento, se proveerá un control local cerca del equipo en cuestión.

Maquinaria para operar las compuertas

Cada compuerta rodante será movida por cables de acero conectados a puntos de anclaje por vigas de compensación en ambos lados de la compuerta y alrededor de los tambores de cable del molinete. Los dos tambores serán impulsados por motores de velocidades variables, con cajas de cambios.

Este tipo de maquinaria ha sido utilizada con éxito en las esclusas más grandes que existen (Berendrecht, Zandvliet, Zeebruges,...).

En caso de que falle un motor, los dos motores con corriente alterna duplican el impulso. Es más, si estos dos motores no estuviesen disponibles, se podría usar un motor de emergencia pequeño para mover la compuerta a velocidad reducida.

Maquinaria para operar las válvulas

Las válvulas de las alcantarillas y los ductos son operadas mediante cilindros hidráulicos. Unidades individuales de potencia hidráulica proveen el aceite para abrir una válvula a presión.



Cada válvula puede ser operada localmente durante los trabajos de mantenimiento, desde un tablero de control ubicado al costado de la unidad de potencia hidráulica.

La solución del cilindro hidráulico es ampliamente utilizada y la técnica ha mejorado mucho, especialmente por el aumento del tamaño y la presión de operación. La ACP adquirió una experiencia particularmente buena cuando se reemplazó con cilindros hidráulicos el mecanismo para operar las compuertas de bisagra existentes.

En general en esta actualización no se requieren cambios importantes en el diseño conceptual anterior, salvo por una pequeña reducción en la potencia requerida, que no es muy significativa cuando se le compara con el costo total de inversión del equipo electromecánico.

g. Alumbrado

Con base en la experiencia de la ACP, se propone un sistema de alumbrado que soluciona los principales problemas del sistema existente. Los más grandes problemas del alumbrado de las esclusas actuales son: primordialmente, la falta de visibilidad en los extremos de la cámara de la esclusa, y en la cámara de la esclusa entre el buque y los muros. Las luces de poste alto producen un reflejo que interfiere con la visibilidad del piloto y, además, presentan problemas de corrosión y mantenimiento.

Para solucionar el problema de falta de visibilidad para ver el nivel de agua en la cámara de la esclusa, y el espacio entre el buque y los muros de la cámara, se alumbrarán las cámaras y las compuertas de las esclusas mediante reflectores dirigidos hacia abajo en nichos verticales iluminados. Esto también le ofrecerá al piloto una referencia bien definida.

Está claro que las luces de poste alto, que actualmente satisfacen al personal de operaciones, no necesitan ser reemplazadas. Se trató de facilitar el mantenimiento de los artefactos de iluminación mediante el uso de escaleras, plataformas y arneses de seguridad. Para reducir la interferencia de las luces de poste alto con la visibilidad del piloto y disminuir la contaminación de la luz, se recomendó el uso de lámparas asimétricas y deflectores. Los efectos de la corrosión pueden ser reducidos si se mejoran la calidad del material y el nivel de resistencia.

El número de postes se ha basado en un nivel de iluminación de 100 luxes (en lugar de 86 luxes en Gatún) que se mantiene casi uniforme en toda el área de trabajo. Y se ha reducido el número de postes de acuerdo a la reducción del largo de los muros de entrada.

h. Energía Eléctrica y Requisitos de Electricidad

La primordial diferencia con el diseño conceptual del 2002 es la remoción de los transformadores eléctricos de las locomotoras.



i. Muros de entrada

Los muros de entrada son la sección de transición entre la estrecha (55 m) entrada a la esclusa y el canal de acceso o el lago, que son más amplios (en el caso de las esclusas del Atlántico, al costado del lago Gatún). Se disminuyó el largo de estos muros por el hecho de que el sistema de posicionamiento operado por locomotoras fue reemplazado con remolcadores. No obstante, los muros de entrada son necesarios y serán utilizados de acuerdo a directrices internacionales de diseño, para facilitar la capacidad de maniobra de los buques en la entrada y el atraque seguro de los mismos en caso de emergencia.

j. Estructuras de operaciones

En general, en este estudio de actualización/armonización no hay diferencias en el esquema de las estructuras de operaciones en comparación con el diseño conceptual original del 2002.

l. (sic) Plan y Cronograma de Construcción

Se revisó y actualizó el plan y el cronograma de construcción del diseño conceptual del 2002 para la estructura de esclusa de tres escalones con tinas de ahorro de agua, en función de las nuevas cantidades, tanto para el sector Pacífico como para el Atlántico. Con estas nuevas cantidades, el tiempo de ejecución de las esclusas del Pacífico se reduce a 5 años, mientras que la construcción de las del Atlántico requerirá 6 años debido a que los volúmenes de excavación son mucho mayores.

m. Estimación de Costos

El alcance de la actualización/armonización no incluye la estimación de los costos dado que la ACP utiliza su propio método de estimación, el cual difiere del de CPP. El alcance del trabajo solamente requiere que se preparen las cantidades para ambos proyectos.

Sin embargo, no es muy difícil estimar el costo de construcción a los mismos precios unitarios del diseño conceptual original; y como es la única manera de evaluar la reducción relativa en los costos relacionada con la disminución del tamaño de las esclusas, se ha agregado el estimado de costos al informe.

Se debe mencionar que no se añadió indexación alguna a los precios unitarios del 2002, ni se consideró que los precios del acero prácticamente se han duplicado desde entonces.

El resultado de esta comparación aparece a continuación:

Esclusa original de tres escalones con tinas de ahorro de agua de 3 x 3 (2002):	\$978,419,427.00
Actualización para el sector Pacífico:	\$794,125,115.00



Armonización para el sector Atlántico:

\$827,000,000.00

Conclusiones y Recomendaciones.

El estudio de actualización permitió adaptar el diseño conceptual original de la estructura de esclusas de tres escalones, con tinas de ahorro de agua de 3 x 3 para el sector Pacífico a los nuevos criterios de diseño. Al mismo tiempo, fue posible optimizar más el sistema hidráulico de llenado y vaciado en función de los criterios de fuerzas en líneas de amarre. Se realizó un ahorro de +/- 19 % en los costos, principalmente gracias a que se redujo el volumen de excavación, el ancho de las esclusas y el largo del muro de entrada.

Se utilizó el mismo diseño conceptual para el estudio de armonización de las esclusas del Atlántico. Las diferencias primordiales con las del Pacífico consisten en la pequeña variación de las mareas del Océano Atlántico, los grandes volúmenes de excavación especialmente para las tinas de ahorro de agua, y las diferencias en las características de la base rocosa.

Como en este momento se está investigando si un sistema con tinas de ahorro de agua de 3 x 2 sería beneficioso (técnica y económicamente), una posible forma de reducir los volúmenes de excavación sería mantener esta solución para el sector Atlántico.

La próxima fase de diseño antes de proceder con la licitación requerirá el siguiente alcance de trabajo:

- una mayor optimización del sistema de llenado y vaciado, y el correspondiente análisis de las fuerzas en líneas de amarre, mediante un modelado numérico;
- pruebas de modelado físico, con validación del sistema;
- preparación de los documentos de referencia del diseño (especificaciones técnicas, criterios de desempeño, planos, muestreo de cantidades; así como detallar el estimado de costos y la planificación de los trabajos de construcción), para permitir que se inicie el proceso de licitación.

No obstante, es necesario que la ACP decida el tipo de sistema de esclusas que va a mantener, así como el sistema de posicionamiento que va a ser implementado en las esclusas post-Panamax.

El diseño de las esclusas aún no ha contemplado las medidas de mitigación que habrá que tomar para combatir o prevenir la intrusión de agua salada en el canal, pero debe hacerse en estudios posteriores.

Todavía hay que efectuar algunas otras pruebas y mediciones, a saber:

- mediciones topográficas y batimétricas detalladas;
- más investigación de suelos (en campo y en laboratorio).