



Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés: Conceptual Design of Post Panamax Locks (Pacific)

Nombre del estudio en español: Diseño conceptual de las Esclusas Pospanamax (Pacífico)

Fecha del informe final: Mayo de 2003

Fecha de la traducción: 12 de mayo de 2006

Nombre del consultor: Consorcio Post Panamax

RESUMEN EJECUTIVO

Tarea 4 – Diseño conceptual – Configuración 2: sistema de esclusas de un nivel

Este informe contiene el diseño conceptual de una estructura de esclusa de un solo nivel para la nueva esclusa Pospanamax en el lado Pacífico del Canal de Panamá.

El Informe de la Tarea 4 contiene las siguientes subtareas:

- a. Ubicación y disposición de la esclusa
- b. Muros y monolitos de las esclusas
- c. Sistema de llenado y vaciado
- d. Compuertas de las esclusas
- e. Válvulas de alcantarillas y de conductos
- f. Maquinaria operacional
- g. Iluminación
- h. Energía eléctrica y requisitos de energía
- i. Muros de entrada (véase informe en la configuración 1)
- j. Estructuras de operación
- k. Ataguías (no se aplica)
- l. Plan y programación de la construcción
- m. Estimación del costo



Para cada una de estas tareas se ha preparado un informe separado; juntos conforman el informe de la Tarea 4.

Antes de resumir los resultados de estos estudios conceptuales, es importante recordar que el diseño se basa especialmente en los siguientes criterios y requisitos especiales, según discusiones sostenidas en varias ocasiones con la ACP.

- Las nuevas esclusas son un sistema que responde a la demanda, y sus tiempos de operación determinan la capacidad del sistema.
- La confiabilidad es otro requisito básico, ya que cualquier tiempo de cierre que se dé representa una pérdida.
- El mantenimiento tiene que mantenerse al mínimo.
- Se debiera minimizar el costo de construcción.
- Las instalaciones y sistemas de operación debieran ser sencillos y confiables.

Ubicación y disposición de la esclusa

La ubicación y disposición de la estructura de la esclusa de un solo nivel ha sido determinada principalmente en función de las consideraciones geotécnicas, en vista de que se ha demostrado que es posible ubicar la estructura completa de la esclusa (con excepción de los muros de entrada) tanto para la tercera como la cuarta vía juntas, en la formación sólida de roca basáltica. A la misma vez, los otros dos criterios de diseño esenciales han sido cumplidos (acceso náutico y volúmenes de excavación).

A fin de lograr esta ubicación óptima, el ancho del muro central de la estructura de la esclusa ha sido mantenido a un mínimo, tomando en consideración la construcción de la tercera y cuarta vía. Se han considerado tres soluciones, la opción 2 que corresponde al alineamiento PIC ha sido escogida con fines de un diseño futuro. De hecho, la opción 2 permite minimizar el ancho de la construcción de la muro central a 55.40 m que es considerablemente menos que la opción 1 (102 m). Por otro lado, la opción 3 permite reducir aún más este ancho, pero esto solamente se puede hacer mediante la construcción tanto de los muros de la tercera y la cuarta vía juntas como una estructura combinada (muro tipo compuerta flotante). Esta solución lleva a un aumento considerable del costo de inversión para la construcción del complejo de esclusas de la tercera vía, en vista de que el muro doble ciertamente es más caro que un solo muro (aunque la inversión total para un muro doble es considerablemente más baja que lo que sería para dos muros individuales). Una ventaja importante de la opción 3 es ciertamente el hecho de que se minimizará la interferencia de la construcción de la futura cuarta vía con la operación de la tercera.

Se recomienda que la ACP evalúe estos beneficios técnicos y económicos antes de que se tome la decisión final con respecto a mantener la opción 2 ó 3.

El sistema de esclusas de un nivel funcionará con seis tinas de reutilización de agua. Se han considerado dos alternativas en vista de que el estudio demostró que es imposible apilar las seis tinas una encima de otra (como aparece en los Términos de Referencia):

- un sistema con seis tinas escalonadas de reutilización de agua
- un sistema con 3 grupos de dos tinas de reutilización de agua apiladas.



La segunda alternativa requiere de mucho trabajo de concreto estructural y demostró que sería mucho más cara que la primera si los requisitos de espacio no tienen restricciones (US\$120 millones para la solución con tinas escalonadas versus US\$213 millones para la alternativa de 3 grupos de dos tinas apiladas).

En vista de que se ha demostrado que es posible instalar las seis tinas escalonadas entre las cámaras de las esclusas y el Canal existente a las esclusas de Miraflores, hemos seleccionado la primera solución para propósitos de diseño futuros.

La disposición final de la esclusa de un nivel se muestra en el dibujo D4-A-201.

Los dibujos muestran las dimensiones generales de la esclusa con las compuertas rodantes y su nicho, la disposición de las tinas de reutilización de agua, los muros de entrada y el acceso a la carretera. También muestra la disposición de los edificios técnicos y otros equipos e instalaciones.

Nuevamente llamamos la atención al hecho de que un sistema de posicionamiento de buques con locomotoras ha sido implementado para este sistema de esclusas de un solo nivel. El consultor le explicó a la ACP que este sistema enfrentará grandes dificultades en vista de que el gradiente hidráulico total de 30 m hará que las inclinaciones de los cables de remolque sean muy pronunciadas y variadas, haciendo que sea prácticamente imposible guiar los buques por la esclusa. Se recomienda que el sistema de posicionamiento de buques para la esclusa de un solo nivel, en particular, sea sujeto de un estudio o investigación aparte.

Muros de las esclusas

La opción del tipo de muro de la esclusa depende principalmente de las condiciones geotécnicas y sísmicas, las cargas (niveles de agua, niveles de batientes), y el sistema de llenado y vaciado.

En vista de que la estructura de la esclusa se sitúa totalmente en la formación de roca basáltica, se excluyen un número de posibilidades de muros de esclusas.

Como las condiciones de carga son bastante serias, y es requisito tener un sistema de vaciado y llenado que funcione muy bien (con dimensiones de alcantarilla grande), la opción de una esclusa que opera por gravedad es evidente.

Claro está que aún el muro de esclusa por gravedad puede llevar a muchas y diferentes alternativas que tendrían que ser investigadas y mejoradas durante estudios futuros.

Como los muros de las esclusas están ubicados principalmente en roca, se ha sugerido que no se necesita un piso estructural para el fondo de la esclusa.

Se ha prestado atención especial a los casos de carga:

- temblor
- condición de una cámara de esclusa seca



Se ha demostrado que la condición de una cámara de esclusa seca es más rigurosa que un temblor. La cámara de esclusa seca ha sido considerada como una condición de carga accidental.

En este diseño conceptual, se escogieron las dimensiones del muro de la esclusa principalmente para minimizar la excavación. Para el muro de la esclusa oriental se escogió una estructura de concreto reforzado porque es la disposición más conveniente que permite la construcción de la tina de reutilización de agua más baja adyacente a la muro de la esclusa, lo cual podrá llevar a la reducción de las cargas actuando sobre la muro.

Para el muro de la esclusa occidental, se evaluó una opción con una estructura de concreto reforzado versus una opción donde se combina el concreto rolado compactado (RCC, por sus siglas en inglés) con concreto reforzado (RC, por sus siglas en inglés). No se ha considerado una solución que no use refuerzo de acero (tipo de muro de gravedad de concreto) debido a que la experiencia ha demostrado que la aplicación de refuerzo es una práctica moderna que se utiliza en los métodos de construcción de muelles y muros de esclusas modernas, ya que aparentemente también han llevado a estructuras más económicas. Sin embargo, durante el diseño futuro y detallado se recomienda investigar si dicha solución se pudiera concebir para las esclusas de Panamá.

Se consideró una tercera solución, en vista de que parecía útil o aún necesario minimizar el ancho de la construcción del muro central entre la tercera y la (futura) cuarta vía de las esclusas (véase optimización del alineamiento y ubicación de la esclusa).

Esto se pudiera obtener al combinar ambos muros de esclusas en una sola estructura, que se conoce comúnmente como un muro de cajón en concreto reforzado.

Los tres tipos de muros básicos que se pudieran construir se muestran en el dibujo D4-B-206. Para cada uno de ellos, se han resaltado los puntos a favor y en contra y se concluyó mantener la solución con la combinación de concreto rolado compactado (RCC) y el concreto reforzado (RC).

No obstante, se debiera prestar atención a la opción 3, en vista de que tiene algunas ventajas principales con respecto a las otras dos que se presentan a continuación:

- ahorro considerable cuando se toma en cuenta el costo de construcción total tanto de la tercera como de la cuarta vía de las esclusas
- optimización del ancho de la muro central
- mejor posicionamiento de los rieles de vía férrea (si lo hubiera)
- construcción de un tipo de muro muy estable y confiable
- minimización posterior de los obstáculos durante la construcción de la cuarta vía a la operación de la esclusa de la tercera vía.

Se recomienda que la ACP evalúe estas ventajas contra la desventaja de una inversión anterior que se requiere para la construcción de un muro combinado, antes de rechazarlo debido a esta limitación financiera.

Sistema de llenado y vaciado – tinas de reutilización de agua



El Consultor propone la construcción de 6 tinas escalonadas de reutilización de agua lado a lado en la orilla oriental de la tercera vía. Esta disposición permite **ahorrar el 75% del total del agua que se requiere para el esclusaje de dos buques (modo alterno)**. Además, la orilla occidental permanece libre para la construcción de una cuarta vía en el futuro.

La cámara y los niveles de las tinas de reutilización de agua se establecieron usando un *software* desarrollado por el consultor. Este *software* proporciona los niveles de agua mínimos y máximos alcanzados en la cámara y las 6 tinas, tomando en consideración variaciones de los niveles probables del lago Gatún y del océano Pacífico y para una posible profundidad de llenado residual entre la cámara y las tinas. Además, este *software* permite calcular el consumo de agua y la tasa de reutilización de agua para cada esclusaje, así como el número diario de esclusajes aguas arriba (del océano al lago) o aguas abajo (del lago al océano).

El consultor confeccionó una lista de los diferentes tipos de sistemas de llenado y vaciado y llevó a cabo un análisis de múltiples criterios, tomando en cuenta los tiempos de llenado y vaciado, las fuerzas laterales y la turbulencia del agua, la facilidad de mantenimiento y la confiabilidad y el costo del sistema. El diseño hidráulico también permite la propuesta de no vaciarle el agua a la cámara de la esclusa por razones económicas y de mantenimiento e integra los comentarios relacionados con la ingeniería civil y el diseño de compuertas y válvulas. Eventualmente, el consultor propone el **alcantarillado del muro lateral y el sistema de vaciado y llenado de los puertos de salida**.

De conformidad con lo que se destaca en los Términos de Referencia, se desarrollaron dos conceptos del sistema de llenado y vaciado:

- El primero proporciona un llenado (o vaciado) a lo largo de la cámara de la esclusa por medio de alcantarillas y puertos laterales. Las alcantarillas de las tinas de reutilización de agua están conectadas al sistema de llenado y vaciado.
- La segunda consiste en un sistema de llenado (o vaciado) a lo largo de la cámara de la esclusa por alcantarillas longitudinales conectadas a las alcantarillas secundarias y los puertos de salida ubicados en el piso de la cámara. Las alcantarillas de las tinas de reutilización de agua están conectadas al sistema de vaciado y llenado.

Los dos sistemas han sido modelados y prediseñados con el software de cálculo hidráulico *Flowmaster*®.

Durante las simulaciones, se probaron varios valores de los siguientes parámetros:

- tamaño de la alcantarilla y del puerto de salida,
- número de puertos de salida,
- cabeza o gradiente hidráulico inicial entre la esclusa y las tinas, y
- programación del control de válvulas

que llevan a una configuración factible pero no óptima.

Entre otros valores, *Flowmaster* permite recuperar:

- los tiempos de llenado y vaciado,
- la tasa de flujo en todos los componentes del circuito, y



- las velocidades en todos los componentes del circuito.

Los tiempos de llenado y vaciado que se calcularon se ajustan a los tiempos requeridos por los Términos de Referencia. Las velocidades alcanzadas en las alcantarillas y los puertos de salida son aceptables, tomando en cuenta que se podrían reducir las velocidades máximas al proporcionar formas adaptadas a los componentes de los circuitos (especialmente de los puertos de salida).

Se presentaron varias disposiciones para las alcantarillas y los puertos de salida para ambos sistemas.

Ambos sistemas brindan una distribución de flujo uniforme y un llenado aguas arriba y aguas abajo y de este a oeste balanceado, ya sea que las tinas de reutilización de agua se utilicen o no.

Desde un punto de vista económico, la segunda solución es mucho más cara debido al piso de concreto. Como consecuencia, el consultor aconseja mantener la primera; es decir, **un sistema de llenado y vaciado con el alcantarillado de los muros y los puertos de salida laterales distribuidos a lo largo de la cámara de la esclusa.**

Este informe también proporciona un nivel conceptual de diseño, un estudio de los riesgos eventuales con respecto al fenómeno de cavitación y resalta los problemas de las fuerzas en los cabos y las dificultades para evaluarlos.

Finalmente, se llevaron a cabo algunos estudios adicionales, especialmente en lo concerniente a las condiciones generales para construir las tinas de reutilización de agua y una definición básica del sistema de reciclaje por bombeo (bombas, energía eléctrica y consumo de energía).

La siguiente etapa del concepto del sistema de llenado y vaciado deberá permitir principalmente lo que se describe a continuación:

- optimizar las dimensiones y forma de la alcantarilla y de la salida, permitiendo una amplia programación del ciclo de apertura de las válvulas,
- definir la distribución de los puertos de salida a lo largo de la cámara de la esclusa, su posición y orientación,
- estudiar el fenómeno de cavitación, y
- evaluar las fuerzas esperadas en los cabos.

Esta etapa requerirá un estudio en un modelo a escala física. Los resultados alcanzados en este modelo se requieren antes o junto con el estudio de factibilidad y, en todo caso, antes del proceso de licitación.

Compuertas de las esclusas



La selección y análisis de la compuerta de las esclusas tanto para las configuraciones de tres niveles y de un solo nivel ha llevado a la aplicación del tipo de “compuerta rodante”. Esta opción ha sido justificada mediante un análisis de múltiples criterios para evaluar las compuertas de inglete y las compuertas rodantes. El tipo de compuerta rodante es el único tipo de compuerta de esclusa para este tamaño de esclusas Pospanamax, y ha sido utilizado con éxito en Europa, especialmente en Bélgica, donde las esclusas de Berendrecht, Zandvliet en Amberes y Vandamme en Zeebruges, son las más grandes del mundo.

Además, la compuerta rodante tiene algunas ventajas particulares que son de suma importancia para las nuevas esclusas que responderán a la demanda. Ciertamente una ventaja principal es que la compuerta se mueve horizontalmente en dirección transversal a la esclusa, hacia una cámara de la compuerta de la esclusa, la cual se puede vaciar fácilmente, y como tal, constituye un lugar y la posición ideal para mantenimiento. En vista de que existen dos compuertas de esclusas y dos cámaras de compuerta de esclusas en cada monolito de la esclusa, es prácticamente imposible que se interrumpa el tráfico debido a una falla en la compuerta de la esclusa. Además, se puede flotar y remolcar una compuerta de esclusa como un buque en caso de que sea necesario (por ejemplo, si se requiere reemplazarla, o cuando se utiliza la compuerta como un mamparo para vaciar el agua de las cámaras de las esclusas).

En comparación con la configuración de esclusas de tres niveles, queda claro que las compuertas de mar o aguas abajo serían de mayores dimensiones y peso en la configuración de un nivel.

Es un hecho que una compuerta rodante tan grande nunca antes se ha construido y ciertamente su construcción pudiera generar dudas.

Por otro lado, cuando se compara con buques de alto calado y grandes pontones, es una construcción de acero apuntalado que normalmente se puede construir fácilmente en un astillero. Es más, la misma conclusión se puede hacer en lo que respecta a las compuertas, y éstas pudieran causar aún más problemas técnicos limitantes.

Las compuertas rodantes han sido diseñadas para condiciones normales de operación, así como para soportar el gradiente hidráulico total que se da durante una situación de cámara de esclusa seca. El procedimiento para vaciar la estructura de la esclusa de un solo nivel sería que las compuertas exteriores sean removidas de su posición normal a otras posiciones con quicios o topes aguas arriba y aguas abajo, donde pueden ser colocadas y hundidas para retener el gradiente hidráulico del lago Gatún y del océano Pacífico.

Sin embargo, en el caso de las compuertas de mar o aguas abajo, pareciera mejor no utilizar las grandes compuertas como un mamparo, ya que la maniobra sería algo complicada cuando se le compara con las compuertas de mar o aguas arriba. Una posibilidad sería usar una compuerta de mar o aguas arriba para este propósito.

Otras alternativas son posibles, como por ejemplo, una configuración en la cual se puede vaciar cada compuerta de esclusa usando las compuertas como mamparos, esto solamente requeriría de nichos adicionales alrededor de los monolitos de la compuerta.



Las estructuras de la compuerta de la esclusa han sido analizadas utilizando software de ingeniería estructural bidimensional (2-D) y tridimensional (3D), y según la experiencia del experto con compuertas rodantes en Bélgica. Este análisis permitió determinar y verificar las dimensiones generales de las diferentes compuertas, las dimensiones de la estructura de acero apuntalado, y por consiguiente, fue posible hacer un cálculo bastante preciso del peso de la estructura de acero.

Se han evaluado otros equipos auxiliares, tales como vagones tipo carretillas, apoyos, etc., según la experiencia de las esclusas de Berendrecht y Van Cauwelaert en Amberes, las cuales también fueron diseñadas por expertos del CPP.

Válvulas de las alcantarillas y de los conductos

Igual que en el proceso de selección de las compuertas de las esclusas, se llevó a cabo un análisis de múltiples criterios para la configuración de tres niveles para seleccionar el tipo de válvula de las alcantarillas de las esclusas y los conductos. Se estableció que la válvula más adecuada era la del tipo vertical de rueda fija por medio de una válvula con cilindro hidráulico vertical. Esto permanece válido para la configuración de un solo nivel.

Este es el mismo tipo de válvula y sistema operacional que se utiliza en la esclusa de Berendrecht; la cual ha demostrado ser muy confiable.

Actualmente, las válvulas de izada vertical de ese tipo son las preferidas para las grandes esclusas porque su construcción es más barata y no requieren de un espacio tan grande como el que necesitan otras válvulas como la de tipo radial inversa, por ejemplo.

A fin de garantizar un máximo de confiabilidad, las válvulas de las alcantarillas cuentan con un sistema de respaldo (dos válvulas paralelas por alcantarilla, cada una opera en la mitad de la sección de alcantarillas). Cada válvula tiene una sección rectangular de 4.5 m de ancho por 7.5 m de alto.

Las válvulas en los conductos (entre las tinas de reutilización de agua y las alcantarillas de la cámara de la esclusa) no son redundantes como tal, sino que siempre existen dos conductos para una tina de reutilización de agua, lo cual de hecho produce el mismo respaldo que para las alcantarillas. Las válvulas en las alcantarillas miden 4.8 m de ancho por 7.5 m de alto. Se han considerado y se pueden lograr tiempos de apertura de 2 minutos (apertura) y 1 minuto (cierre).

Las válvulas han sido diseñadas para condiciones máximas de operación y mantenimiento, pueden ser colocadas fácilmente en condiciones secas utilizando mamparos en ambos lados de las válvulas, y se puede tener acceso a ellas por medio de ejes verticales en ambos lados.

Maquinaria operacional

Sistema de control



El sistema de control deberá ser eficiente, seguro y confiable, y requerirá un mínimo de personal. La propuesta para el sistema de control del tercer juego de esclusas de Panamá es un sistema de control distribuido con varios Controladores Lógico Programable (PLC, por su sigla en inglés), y una red de fibra óptica redundante que está conectada a todos los dispositivos. Las estaciones de trabajo de los operadores serán instaladas en el cuarto de control central y permitirán el control de toda la instalación. Este es un sistema muy abierto que permite realizar extensiones futuras de los PLC mediante la simple conexión de nuevos dispositivos en la red. Pero por razones de redundancia y proximidad durante operaciones excepcionales o de mantenimiento, se proporcionará un control local cerca del equipo en referencia.

Maquinaria para la operación de las compuertas

Cada compuerta rodante es movida por cables de acero que están conectados a los puntos de anclaje por vigas que compensan en ambos lados de la compuerta y embobinados alrededor del tambor del cable del molinete. Los dos tambores del cable son accionados por motores de velocidad variable por medio de cajas de engranaje.

Ese tipo de maquinaria ha sido utilizado exitosamente en las compuertas de esclusas más grandes que existen (Berendrecht, Zandvliet, y Zeebruges).

Los dos motores principales de corriente alterna están duplicando la potencia en caso de que uno de los motores falle. Además, se puede usar un pequeño motor de emergencia para mover la compuerta a menor velocidad si los dos motores principales no están disponibles.

Maquinaria de operación de válvulas

Las válvulas de la alcantarilla y de los conductos son operados por cilindros hidráulicos. La presión de aceite para abrir una válvula la suministran las unidades de energía hidráulica por separado. Las válvulas se pueden cerrar por gravedad.

Durante el mantenimiento las válvulas pueden ser operadas localmente desde un tablero de control ubicado cerca de la unidad de energía hidráulica.

La solución de un cilindro hidráulico es ampliamente utilizada y la técnica ha mejorado muchísimo, especialmente mediante el aumento del tamaño y la presión de operación. La ACP ha tenido, en particular, una buena experiencia con el reemplazo del mecanismo de operación existente de las compuertas con cilindros hidráulicos.

Iluminación

Con base en la experiencia de la ACP, se propone poner un sistema de iluminación que resuelva los problemas principales del sistema existente. Los problemas más importantes de las esclusas existentes son: en primer lugar, 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 postes altos producen un resplandor que interfiere con la visibilidad del práctico; además, están sujetos a la corrosión y a problemas de mantenimiento.



Es evidente que no es necesario reemplazar la solución de postes altos que les proporciona satisfacción a las personas que participan en la operación con otra cosa. Nosotros tratamos de facilitar el mantenimiento de las instalaciones de iluminación utilizando una escalera y una plataforma combinada con un arnés de seguridad. Para reducir la interferencia de las luces de poste alto con la visibilidad del piloto y reducir la contaminación de la luz, se recomienda el uso de deflectores asimétricos. Se pueden reducir los efectos de la corrosión mejorando la calidad del material y el nivel de ajuste.

El número de postes se basó en el nivel de iluminación de 100 lux (en vez de 86 lux en Gatún), que hace que la iluminación permanezca constante en toda el área de trabajo.

Las luces de las locomotoras siguen siendo útiles pero se deben mejorar.

Energía eléctrica y requisitos de energía

El punto de inicio de suministro de energía eléctrica está supuesto a ser la subestación de Miraflores (12kV).

Se considera que un anillo de alto voltaje que incluye las 4 subestaciones de alto voltaje (AV) para la tercera vía es la solución más adecuada. La demanda total (sin reserva) para las seis subestaciones es de aproximadamente 8,000 kVA. Para poder tomar en cuenta la cuarta vía, se tienen que agregar 4 subestaciones adicionales.

La demanda total para la tercera y cuarta vía juntas sería de 12,400 kVA. Sin embargo, como todo el equipo no funciona a la misma vez (coeficiente 0.6), y tomando en cuenta un 15% de posible ampliación para el futuro (coeficiente de reserva de 1.15), la potencia total que se debe tomar en consideración para el diseño de la red de alto voltaje es de 8,600 kVA para la tercera y cuarta vía.

La conectividad entre las subestaciones AV1 y AV3, y entre la AV2 y AV4, hace que sea posible abastecer a todas las subestaciones en caso de una falla doble. En la alternativa 2, durante la operación normal, los dos lados de las esclusas son independientes.

Se necesitan dos generadores de emergencia de diésel de 1,000 kVA para abastecer todas las subestaciones en caso de falla del anillo de alto voltaje y como sistema de respaldo, en caso de que una de las subestaciones falle.

Muros de entrada

Los muros de entrada han sido diseñados según la disposición y los requisitos del sistema de posicionamiento de buques con locomotoras que ha sido impuesto, los cuales llevan a un muro de entrada largo en el oeste.



El tipo de muro que hemos seleccionado es similar al muro de la esclusa, pero no requiere la integración de las alcantarillas, y no está expuesto a los mismos gradientes hidráulicos.

Se instalarán las defensas adecuadas en la entrada de la esclusa para evitar el daño a los muros y los nichos de la compuerta de la esclusa.

Estructuras de operación

La ubicación y las dimensiones de las estructuras de operación están indicadas en el dibujo DA-A-201.

La estructura de operación incluye los cuartos eléctricos de alto voltaje, los edificios de mantenimiento, los cuartos técnicos de las compuertas rodantes, los edificios técnicos de la alcantarilla y las tinas de reutilización de agua, el cuarto de la planta diésel de emergencia y el cuarto de control.

Ataguías

En lo que se refiere a la estructura de la esclusa, no hay necesidad de construir las ataguías para aislar el lugar de la construcción del lugar existente y del lago. Si la excavación del nuevo Canal de desvío se programa junto con la construcción de la esclusa, se recomienda que el área de excavación de la esclusa sea separada del nuevo Canal por medio de embalses suficientemente grandes con ángulos poco pronunciados. Estos embalses tendrán que ser removidos mediante el dragado cuando se termine la estructura de la esclusa.

Plan y programación de la construcción

El plan de construcción muestra un posible esbozo de las diferentes áreas de construcción. El acceso principal a los trabajos es la carretera existente al sureste del área del proyecto.

La programación de la construcción supone que el trabajo avanza de norte a sur y muestra que el tiempo total de construcción de las esclusas y tinas de reutilización de agua relacionadas será de aproximadamente cinco años y medio. Los trabajos de excavación durante los tres primeros años están en la ruta crítica. La capacidad para producir el trabajo se basó en la información obtenida de los diferentes y grandes proyectos de construcción que se realizaron durante los últimos diez años. Si se pudiera aumentar la tasa de producción de la excavación a un nivel más alto, entonces la ruta crítica ciertamente se cambiaría hacia las actividades de colocación de concreto.

Estimación del costo

El cálculo del costo de las tres alternativas que fueron investigadas para la esclusa de un nivel se encuentra resumido en la tabla que aparece a continuación:



Ítem	Descripción	Combinación I-B	Combinación 2-A	Combinación 3-B
		Total	Total	Total
1	Costo total del proyecto sin las tinas de reutilización de agua	791,000,000	780,000,000	935,000,000
2	Costo total del proyecto con las tinas de reutilización de agua	897,000,000	887,000,000	1,042,000,000
3	Costo sólo de las tinas de reutilización de agua (valor de construcción pospuesto con respecto al año 2002)	179,000,000	179,000,000	179,000,000

(Tres niveles = US\$956,698,998)

Nota: la configuración de tres niveles es $\pm 1,000$ m más larga que la configuración de un solo nivel. Esto significa que el costo de excavación del Canal será considerablemente más alto en la configuración de un solo nivel, compensando así la diferencia en el costo de construcción.

Los siguientes aspectos que son importantes no están incluidos en la estimación de los costos de la estructura de la esclusa:

- el sistema de posicionamiento de buques (locomotoras o remolcadores),
- los embalses inferiores y superiores de bombeo y conductos de bombeo,
- la infraestructura de carretera fuera del área de la esclusa, y
- el desvío del río Cocolí.

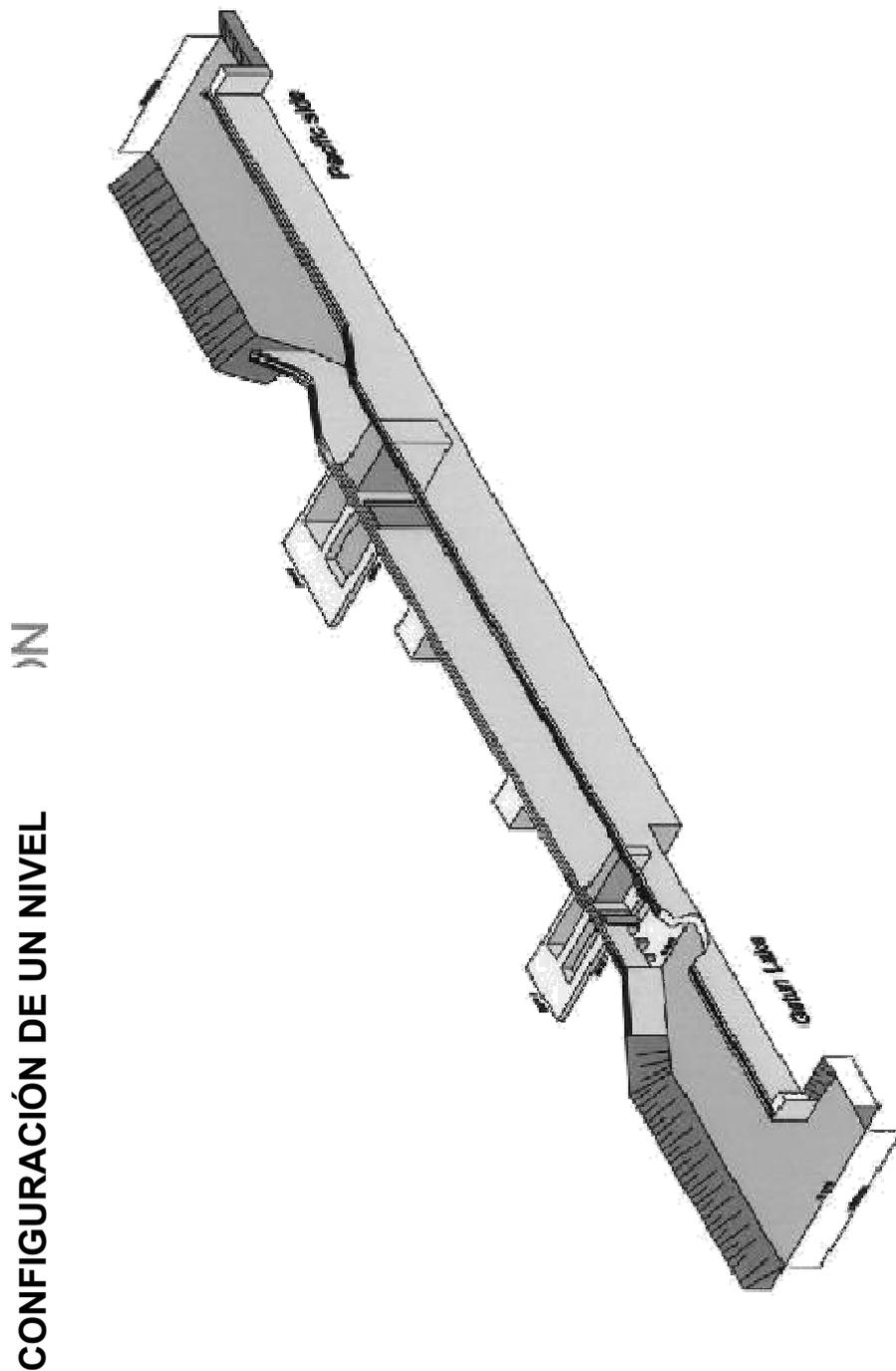
Conclusiones de la Tarea 4

El diseño conceptual del complejo de una esclusa de un nivel resultó en el desarrollo de un sistema que cumple con los requisitos de los Términos de Referencia y de los criterios del diseño específico.

- las nuevas esclusas permitirán 15 esclusajes al día en forma alternada;
- el diseño de las tinas de reutilización de agua cumple con el requisito de ahorro de 75%;
- se requiere la implementación de las tinas de agua para garantizar un llenado bien balanceado de la cámara de la esclusa;



- los sistemas que fueron escogidos para fines de diseño se basan en técnicas comprobadas, aunque debemos admitir que las compuertas de mar o aguas abajo tienen dimensiones tan grandes que no se pueden comparar con las estructuras de las compuertas rodantes existentes;
- los costos de mantenimiento y demás se mantienen a un mínimo usando las compuertas rodantes, así como un sistema de llenado y vaciado en los muros laterales de las esclusas;
- el costo de construcción ha sido minimizado y es más bajo que el de la configuración de tres niveles;
- las instalaciones de operación se han mantenido sencillas y confiables;
- el sistema de posicionamiento de buques con locomotoras será difícil de operar y requiere de más estudio.





2

CONFIGURACIÓN DE UN NIVEL

N

