



## Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

**Nombre del estudio en inglés:** Cost, Schedule and Constructibility Analysis for the proposed modified Post-Panamax Locks

**Nombre del estudio en español:** Costo, Programa de Trabajos y Análisis de la factibilidad de construcción de las Esclusas Pospanamax modificadas

**Fecha del informe final:** 24 de abril de 2006

**Fecha de la traducción:** 12 de mayo de 2006

**Nombre del consultor:** Parsons Brinckerhoff / Montgomery Watson Harza

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. Introducción

El equipo de la ACP encargado de la estimación de los costos de las esclusas (equipo de costos) se creó con el propósito de estudiar la factibilidad de construcción y determinación de los costos de los diseños conceptuales para la propuesta del tercer carril de esclusas en el Pacífico y el Atlántico. Con la asistencia de los asesores Parsons Brinckerhoff y Montgomery Watson Harza (PB/MWH), el equipo de costos definió una estructura para el desglose de costos, calculó las cantidades con base en la estructura para el desglose de costos, evaluó los métodos y el equipo requerido para construir las esclusas en el Atlántico y en el Pacífico, al igual que el canal de acceso en el Pacífico, y estableció el programa de trabajos para la terminación del proyecto dentro de un plazo razonable. Los resultados de esta tarea pueden revisarse en el Informe Conceptual de Estimaciones de Costos de Diseño fechado 31 de marzo de 2004.

La ACP continuó con la evaluación de opciones para la configuración de las esclusas basándose en los resultados del estudio de mercado y en los requisitos de agua. El equipo de costos consideró varias configuraciones con diseños conceptuales de diferente ancho, profundidad y largo, con el propósito de evaluar el impacto del tamaño de las esclusas en el costo.

Las estimaciones indicadas en este informe reflejan los costos sustentados en las modificaciones hechas al diseño conceptual de las esclusas en el Pacífico para el tercer carril de esclusas. Este aspecto debe tenerse en cuenta al evaluar los costos de la esclusa. La tabla E-1 a continuación presenta una comparación de los parámetros usados en el diseño conceptual y los usados en el diseño propuesto.



Sitio	Diseño conceptual		Diseño propuesto	
	Pacífico	Atlántico	Pacífico	Atlántico
Muro de aproximación	Sí	Sí	No	No
Ancho de cámara	61m	61m	55m	55m
Largo de cámara	427m	427m	427m	427m
Profundidad de cámara	18.3m	18.3	16.8m	16.8
Nivel máximo de operación del lago	26.7m	26.7m	26.7m	26.7m
Nivel mínimo de operación del lago	23.9m	23.9m	23.9m	23.9m
Número de tinas de reutilización de agua	3	2	3	3
Consumo de agua sin tinas de reutilización de agua	2.57	2.57	2.31	2.31
Consumo de agua con tinas de reutilización de agua	1.03	1.29	.93	.93
Manga del buque	55 m	55m	45.6m	45.6m
Eslora del buque	385m	385m	335m	335m
Calado del buque	15.2m	15.2m	13m	13m

**Tabla E-1. Diseño conceptual vs. Diseño propuesto – de las esclusas**

Se requiere un diseño preliminar para las esclusas del Pacífico y del Atlántico que tenga en cuenta todos los aspectos definidos como necesarios para la construcción del proyecto, con el propósito de obtener una estimación más fidedigna del costo total del proyecto.

El informe está dividido en tres secciones. La primera sección, Generalidades, describe aspectos que son comunes para ambas esclusas y para ambas vías de acceso. La segunda sección, Lado Pacífico, describe las tareas en la Estructura de Desglose de la Obra para la esclusa y la vía de acceso en el lado Pacífico. La tercera sección, Lado Atlántico, brinda información similar sobre la esclusa en el Atlántico.

Aun cuando el propósito de este informe es proporcionar una estimación realista de costos y del programa de trabajos para la construcción de las esclusas propuestas, este programa de trabajos puede acortarse agregando más equipo y mano de obra, o bien prolongarse con la reducción de ambos.

El equipo para excavación utilizado para hacer la estimación es un equipo de minería de grandes dimensiones, aunque podría usarse equipo de menos tamaño para terminar el trabajo dentro de un plazo similar. El efecto mayor por el uso de equipo de menos tamaño sería un aumento en costos debido a que se requeriría más fuerza laboral para operarlo, como también un aumento en los costos de operación y de mantenimiento debido a la cantidad de equipo. El área objeto de excavación es grande, y el hecho de que el contratista decida usar equipo de menos tamaño no debe representar un problema.

La estimación toma en cuenta que el contratista prepararía y colocaría el concreto. El contratista tendría la opción de adquirir concreto de abastecedores locales que satisfagan sus requisitos. También podría subcontratar el suministro de concreto a favor de uno o de ambos abastecedores de concreto de la localidad.

Se presume que todo el equipo utilizado para la obra sería nuevo y la mayoría del mismo se depreciaría mientras dure la obra. Sin embargo, el contratista podría emplear equipo usado, lo cual reduciría el costo de depreciación del equipo.



## 1.1 Lado Pacífico

Para alojar las instalaciones que se requieren y que consisten en oficinas del contratista, talleres, depósitos y otra infraestructura para las operaciones en el lado Pacífico, la ACP necesitaría adquirir 23.2 hectáreas de tierra en Cocolí, incluido la presencia de 89 edificios, dados en concesión actualmente a ESPANAM Iberoamérica, S.A. Aun cuando la ACP no necesite pagar al concesionario por este terreno, el presente estudio contempla la compra de tierra al valor de mercado. Los requisitos para estas instalaciones están presentes, independientemente del cambio que se dé en el tamaño de la esclusa.

La estimación para las esclusas del Pacífico se sustentó en una modificación del Estudio Conceptual de Tres Niveles con tres tinas de reutilización de agua por nivel, que diseñó el Consorcio Post Panamax (CPP), al igual que otros elementos definidos como necesarios para el éxito de la ejecución del proyecto, tales como el desvío del río Cocolí, la construcción de ataguías en el lago de Miraflores y en el Río Cocolí, reforzamiento de la represa auxiliar en el noroeste de las esclusas de Pedro Miguel, la construcción de una represa auxiliar al suroeste de las esclusas de Pedro Miguel, reubicación de servicios públicos, gastos generales y honorarios, e imprevistos.

Las modificaciones al diseño del CPP incluyen:

- Eliminación de los muros de aproximación superior e inferior
- Reducción del ancho de la cámara de la esclusa por 6 metros
- Reducción de la profundidad de la cámara por 1.5m
- Reducción de la altura del muro por .5m y del ancho de la losa superior por 2m

La eliminación de los muros de aproximación superior e inferior y la reducción de .5m en su altura y de 2m en el ancho de la losa superior se debe al uso de remolcadores en lugar de locomotoras para el sistema de posicionamiento del buque. El uso de remolcadores se consideró como una opción viable para el sistema de posicionamiento del buque en las nuevas esclusas propuestas, después de celebrar varios talleres para considerar el uso de remolcadores en lugar de locomotoras. La necesidad de muros de aproximación es inherente en el sistema de posicionamiento de naves por locomotoras, pero no así por remolcadores. Con la eliminación de locomotoras, el ancho de la losa superior podría reducirse ya que se previó que parte del ancho alojaba la locomotora y los rieles de retorno. La reducción en la altura del muro obedece a la eliminación de los puentes que se necesitan sobre las ranuras para las compuertas, para permitir el paso de las locomotoras.

La reducción de 6m en el ancho de la cámara de la esclusa responde a la reducción en el tamaño del buque de diseño. La reducción en el ancho de la cámara de la esclusa afectó el volumen de excavación, el tamaño de las tinas de reutilización de agua, al igual que el tamaño de las compuertas de las esclusas y las ranuras para las compuertas.

La reducción de 1.5m en la profundidad de la cámara se basa también en la reducción del tamaño del buque de diseño. Los elementos afectados por esta reducción son el volumen de excavación, el tamaño de los muros de las esclusas y el tamaño tanto de las compuertas como de las ranuras.



La reubicación de los servicios públicos y la secuencia de actividades permanecen iguales que para el ejercicio de estimación de costos del diseño conceptual. Refiérase al Apéndice I.1 para un resumen de la reubicación de los servicios públicos. El programa de trabajos para la terminación de la construcción de la esclusa no sufrió impacto significativo por razón de estos cambios. La eliminación del muro de aproximación redujo el volumen de concreto que se colocará, pero en vista de que esta tarea no era parte de la vía crucial, el programa de trabajos no se vio afectado. La reducción en el volumen de concreto para los muros de las cámaras y de las ranuras no era suficiente para causar un efecto perceptible en el programa de trabajos.

Los parámetros para la vía de acceso cambiaron igualmente para que reflejaran los cambios hechos a los diseños conceptuales. La Tabla E-2 a continuación indica los cambios principales entre el diseño conceptual y el diseño propuesto.

Sitio	Diseño conceptual	Diseño propuesto
	Pacífico	Atlántico
Ancho del cauce	220m	218m
Elevación del fondo del cauce	7.16m	10.4m
Nivel máximo de operación del lago	26.7m	26.7m
Nivel mínimo de operación del lago	23.9m	23.9m
Manga del buque	55m	45.6m
Eslora del buque	385m	335m
Calado del buque	15.2m	13m

**Tabla E-2. Diseño conceptual vs. Diseño propuesto – vía de acceso**

Los cambios indicados en la tabla anterior dieron como resultado una reducción en el volumen de excavación de la vía de acceso. Hubo igualmente un cambio en el volumen de excavación para la esclusa y la vía de acceso debido a cambios en la posición del dique intermedio (entre la esclusa y el canal de acceso).

Además de los cambios indicados anteriormente, el costo total del proyecto se vio afectado igualmente por cambios en el programa de trabajos de la obra, jornales, gastos generales y en el cálculo de los costos del propietario. Los programas de trabajos de la obra cambiaron, de turnos diarios de 2 – 10 horas, 6 días por semana, a turnos diarios de 3 – 8 horas, 6 días por semana. Este cambio produjo una reducción en costos de mano de obra reflejado en la reducción de pago por horas extraordinarias, pero causó un aumento en la fuerza laboral por agregarse un turno por día. No obstante, el turno adicional redujo el tiempo total de ejecución. La actividad que se vio más afectada por la reducción de tiempo fue la excavación de la esclusa y del canal de acceso.

El cambio en el cálculo de los factores aplicados para los jornales de base produjo un aumento en los jornales por hora de los trabajadores. También se hizo un ajuste al factor de cuota social aplicado a los empleados locales que reciben un salario mensual, lo cual produjo un aumento en el costo. Estos ajustes se introdujeron igualmente en la estimación del diseño conceptual y por consiguiente, no son considerados como aumento en el costo.

En la estimación del diseño conceptual, los costos del propietario se calcularon como un porcentaje del costo total. Este método producía un aumento en los costos del propietario, si los costos del proyecto aumentaban, y bajaban con la disminución en el costo del proyecto. En vista de que los costos del



propietario consisten principalmente en costos fijos que no fluctúan mucho al darse cambios en el costo total, no se consideró adecuado el uso de porcentajes para estos cálculos. Esta estimación calcula los costos del propietario con base en **requerimientos** estimados y se considera un método más confiable para obtener estos costos. Este método para calcular los costos del propietario produjo una reducción sustancial en los mismos.

La Tabla E-3 presenta un resumen de costos para la vía de acceso y la esclusa en el Pacífico. La Gráfica E1 presenta el programa de trabajos para la esclusa del Pacífico con la secuencia de actividades que causan el efecto mayor en el costo y terminación del proyecto.



DESCRIPCIÓN		TOTAL (\$ 000)
OBRA CIVIL - ESCLUSAS		711,400
MECÁNICA - ELÉCTRICA - ARQUITECTÓNICA		239,573
<b>TOTAL - ESCLUSAS</b>		<b>950,974</b>
OBRA CIVIL - <b>CANAL</b> DE ACCESO		362,932
TRABAJO DE DRAGADO (SUBCONTRATADO)		-
<b>TOTAL - <b>CANAL</b> DE ACCESO</b>		<b>362,932</b>
<b>COSTO TOTAL LADO PACÍFICO (IMPREVISTOS EXCLUIDOS)</b>		<b>1,313,905</b>
<b>RESERVA PARA IMPREVISTOS</b>		
OBRA CIVIL - ESCLUSAS	15%	106,710
MECÁNICA/ELÉCTRICA/ARQUITECTÓNICA	10%	23,957
<b>TOTAL IMPREVISTOS - ESCLUSAS</b>		<b>130,667</b>
OBRA CIVIL-CANAL DE ACCESO	20%	72,586
TRABAJO DE DRAGADO	25%	-
<b>TOTAL IMPREVISTOS - <b>CANAL</b> DE ACCESO</b>		<b>72,586</b>
<b>TOTAL RESERVA PARA IMPREVISTOS</b>		<b>203,254</b>
<b>COSTO TOTAL ESCLUSAS (RESERVA PARA IMPREVISTOS INCLUIDO)</b>		<b>1,081,641</b>
<b>COSTO TOTAL <b>CANAL</b> DE ACCESO (RESERVA PARA IMPREVISTOS INCLUIDO)</b>		<b>435,518</b>
<b>COSTO TOTAL (RESERVA PARA IMPREVISTOS INCLUIDO)</b>		<b>1,517,159</b>
<b>COSTOS DEL PROPIETARIO</b>		
ADMINISTRACIÓN	1.0%	9,769
INGENIERÍA	1.0%	30,326
GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	1.0%	25,851
DERECHO DE SERVIDUMBRE	1	232
MITIGACIÓN AMBIENTAL	1	16,825
<b>Costo total del propietario - Esclusas</b>	<b>7.7%</b>	<b>83,002</b>
ADMINISTRACIÓN	1.0%	2,171
INGENIERÍA	1.0%	6,518
GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	1.0%	1,728
DERECHO DE SERVIDUMBRE	1	-
MITIGACIÓN AMBIENTAL	1	6,025
<b>Costo total del propietario - Vía de acceso</b>	<b>3.8%</b>	<b>16,442</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROPIETARIO</b>	<b>6.6%</b>	<b>99,444</b>
<b>COSTO TOTAL ESCLUSAS EN EL PACÍFICO</b>		<b>1,164,643</b>
<b>COSTO TOTAL VÍA DE ACCESO DEL PACÍFICO</b>		<b>451,960</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO EL EN LADO PACÍFICO</b>		<b>1,616,603</b>



Tabla E-3. Resumen de Costos para el Lado Pacífico



**Gráfica E-1. Programa de trabajos de construcción de las esclusas en el Pacífico.**  
**- Refiérase al documento original en inglés.**

## 1.2 Lado Atlántico

Los requisitos para las instalaciones de las oficinas del contratista, talleres, depósitos y demás infraestructura para operaciones no se vieron afectados por el cambio en el tamaño o diseño de la esclusa.

La estimación para las esclusas del Atlántico se sustentó en una modificación del Estudio Conceptual de Tres Niveles del Pacífico con tres tinajas de reutilización de agua por nivel, que el CPP diseñó para el sitio del Pacífico, al igual que otros elementos definidos como necesarios para el éxito de la ejecución del proyecto, tales como todos los costos asociados con el transporte de agregado del lado Pacífico hacia el sitio Atlántico. Al evaluar los resultados de la estimación de costos debe quedar claro que la estimación está fundada en una modificación de un diseño para el sitio Pacífico y debe ser validado con un diseño conceptual o preliminar para el sitio Atlántico.

Las modificaciones al diseño del CPP incluyen:

- Eliminación de los muros de aproximación superior e inferior
- Reducción del ancho de la cámara de la esclusa por 6 metros
- Reducción de la profundidad de la cámara por 1.5m
- Reducción de la altura del muro por .5m y del ancho de la losa superior por 2m
- El uso de una modificación del diseño empleado para el área con la formación La Boca en el sitio Pacífico para toda la esclusa en el sitio Atlántico

La eliminación de los muros de aproximación superior e inferior, la reducción de 6m en el ancho de la cámara, la reducción de 1.5m en la profundidad de la cámara y las modificaciones por razón de la eliminación de locomotoras como sistema de posicionamiento del buque, son conceptos similares a los descritos para el sitio Pacífico. La decisión se tomó para sustentar la estimación del diseño del CPP con compuertas rodantes para ambos sitios de esclusas, lo cual permitió la evaluación de la diferencia en costo de las esclusas que se debía a las condiciones del sitio. En vista de que no se contaba con un diseño para el sitio Atlántico, se hizo modificaciones al diseño Pacífico. La formación Gatún tiene propiedades que son similares a la formación La Boca en el sitio Pacífico, y por tanto, el diseño del CPP para esta área fue modificado y aplicado al Atlántico. La modificación consistió en aumentar la fundación de los muros de la esclusa por ser el sitio Atlántico una zona con más riesgo sísmico.

Las dimensiones de las compuertas en el Atlántico son similares a las del sitio Pacífico, por lo que se emplearon los mismos tamaños de compuertas, excepto para las del nivel inferior. La marea en el sitio Atlántico cambia mucho menos que en el Pacífico, lo cual permitió el uso de las mismas compuertas en los niveles intermedio y superior.

La Tabla E-4 indica el costo estimado de la esclusa en el sitio Atlántico con base en el diseño del CPP modificado.



DESCRIPCIÓN		TOTAL (\$ 000)
OBRA CIVIL - ESCLUSAS		799,441
MECÁNICA - ELÉCTRICA - ARQUITECTÓNICA		239,127
<b>TOTAL - ESCLUSAS</b>		<b>1,038,568</b>
<b>COSTO TOTAL LADO ATLÁNTICO (IMPREVISTOS EXCLUIDOS)</b>		<b>1,038,568</b>
<b>RESERVA PARA IMPREVISTOS</b>		
OBRA CIVIL - ESCLUSAS	15%	119,916
MECÁNICA/ELÉCTRICA/ARQUITECTÓNICA	10%	23,913
<b>TOTAL IMPREVISTOS - ESCLUSAS</b>		<b>143,829</b>
<b>TOTAL RESERVA PARA IMPREVISTOS</b>		<b>143,829</b>
<b>COSTO TOTAL ESCLUSAS (RESERVA PARA IMPREVISTOS INCLUIDO)</b>		<b>1,182,397</b>
<b>COSTO TOTAL (RESERVA PARA IMPREVISTOS INCLUIDO)</b>		<b>1,182,397</b>
<b>COSTOS DEL PROPIETARIO</b>		
ADMINISTRACIÓN	1.0%	9,769
INGENIERÍA	1.0%	30,326
GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	1.0%	25,851
DERECHO DE SERVIDUMBRE	1.0%	21,024
MITIGACIÓN AMBIENTAL	1.0%	19,011
<b>Costo total del propietario</b>	<b>9.0%</b>	<b>105,980</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN EL LADO ATLÁNTICO</b>		<b>1,288,377</b>

Tabla E-4. Costo total del lado Atlántico

La Tabla E-5 resume el costo de la esclusa en el Atlántico, de la esclusa en el Pacífico y de la vía de acceso en el Pacífico.

Cifras en miles de dólares

	Esclusas – Pacífico (3N + 3TAA)	Cauce en el Pacífico	Esclusas – Atlántico (3N * 3TAA)
Costos directos	950,974	362,932	1,038,568
Imprevistos	130,667	72,586	143,829
Costos del propietario	83,002	16,442	105,980
<b>total</b>	<b>\$ 1,164,643</b>	<b>\$ 451,960</b>	<b>\$ 1,288,377</b>

N = Nivel TAA = Tinas de reutilización de agua

Tabla E-5. Resumen

**La gráfica E-2 indica el programa de trabajos para la terminación de la esclusa en el Atlántico.  
- Refiérase al documento original en inglés.**

