



## Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

**Nombre del estudio en inglés:** Technical analysis on the proposed Panama Canal Post Panamax navigation channel

**Nombre del estudio en español:** Análisis técnico del cauce de navegación de dimensiones Pospanamax propuesto para el Canal de Panamá

**Fecha del informe final:** Marzo de 2006

**Fecha de la traducción:** 5 de julio de 2006

**Nombre del consultor:** Autoridad del Canal de Panamá

### INFORME FINAL



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PARÁMETROS UTILIZADOS PARA DESARROLLAR LAS DIMENSIONES Y EL DISEÑO POSPANAMAX DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
2.1	BUQUE PROTOTIPO DE DISEÑO .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2.2	LINEAMIENTOS PARA EL ENSANCHE DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN .....	3
2.3	REQUERIMIENTOS DE LÍNEA DE VISIBILIDAD .....	3
2.4	CALADO EN AGUA DULCE Y SALADA.....	3
2.5	PROFUNDIDAD Y ESPACIO LIBRE BAJO QUILLA MÍNIMOS EN EL CAUCE .....	3
2.6	ANCHO DEL CAUCE .....	3
2.7	RADIO DE GIRO EN LAS CURVAS DEL CAUCE .....	3
2.8	DISTANCIA DEL CAUCE ENTRE CURVAS SUCESIVAS.....	3
2.9	TRANSICIÓN DE SECCIONES RECTAS DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN A CURVAS.....	3
<b>3</b>	<b>DISEÑO Y DIMENSIONES PROPUESTOS PARA EL CAUCE DE NAVEGACIÓN DE LAS ESCLUSAS POSPANAMAX .....</b>	<b>3</b>
3.1	CONDICIONES EXISTENTES Y MEJORAS QUE SE ESTÁN IMPLEMENTANDO ACTUALMENTE..	3
3.1.1	<i>Entrada del Atlántico.....</i>	3
3.1.2	<i>Lago Gatún y Corte Culebra .....</i>	3
3.1.3	<i>Entrada del Pacífico .....</i>	3
3.1.4	<i>Cauces de aproximación de las nuevas esclusas.....</i>	3
3.1.5	<i>Resumen de las condiciones de los cauces de navegación existentes: .....</i>	3
3.2	DISEÑO GENERAL PROPUESTO .....	3
3.3	ALINEAMIENTO DE LOS NUEVOS CAUCES DE APROXIMACIÓN PARA LAS ESCLUSAS POSPANAMAX .....	3
3.4	ANCHOS MÍNIMOS REQUERIDOS PARA LOS CAUCES DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX .....	3
3.4.1	<i>Entradas del Atlántico y el Pacífico .....</i>	3
3.4.2	<i>Corte Culebra .....</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.3	<i>Lago Gatún .....</i>	3
3.4.4	<i>Nuevos cauces de aproximación.....</i>	3
3.5	CALADOS MÍNIMOS PERMITIDOS PARA LOS CAUCES POSPANAMAX .....	3
3.5.1	<i>Salidas de mar del Canal.....</i>	3
3.5.2	<i>Cauces internos del Canal.....</i>	3
3.6	PROFUNDIDAD MÍNIMA PARA LOS CAUCES POSPANAMAX.....	3
3.7	RESUMEN DEL ANCHO Y LA PROFUNDIDAD PROPUESTOS PARA LOS CAUCES DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX .....	3
<b>4</b>	<b>ESTIMADOS DE VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURAS.....</b>	<b>3</b>
4.1	PARÁMETROS GENERALES UTILIZADOS PARA ESTIMAR LOS VOLÚMENES .....	3
4.2	ESTIMADOS DE LOS VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN .....	3
4.2.1	<i>Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico.....</i>	3



4.2.2	<i>Corte Culebra</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3	<i>Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Pacífico</i> .....	3
4.3	ESTIMADO DE VOLÚMENES DE PERFORACIÓN Y VOLADURAS .....	3
4.3.1	<i>Entrada del Atlántico</i> .....	3
4.3.2	<i>Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico</i> .....	3
4.3.3	<i>Lago Gatún</i> .....	3
4.3.4	<i>Escenario del Corte Culebra a 9.14 m PLD con 218 m de ancho en el cauce</i> .....	3
4.3.5	<i>Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Pacífico</i> .....	3
4.3.6	<i>Entrada del Pacífico</i> .....	3
4.4	ESTIMADOS DEL VOLUMEN DE DRAGADO.....	3
4.4.1	<i>Entrada del Atlántico</i> .....	3
4.4.2	<i>Cauce de aproximación de las nuevas esclusas en el Atlántico</i> .....	3
4.4.3	<i>Lago Gatún</i> .....	3
4.4.4	<i>Corte Culebra</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.5	<i>Cauce de aproximación de las nuevas esclusas en el Pacífico</i> .....	3
4.5	RESUMEN DE LOS VOLÚMENES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, EXCAVACIÓN Y DRAGADO.....	3
<b>5</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN DEL CANAL .....</b>	<b>3</b>
5.1	PRINCIPALES TIPOS DE SUELO HALLADOS A LO LARGO DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN DEL CANAL .....	3
5.2	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN DEL CANAL .....	3
5.2.1	<i>Caracterización geológica general del cauce de navegación del Canal</i> .....	3
5.2.2	<i>Cauce de navegación de la entrada del Atlántico</i> .....	3
5.2.3	<i>Cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas en el Atlántico</i> .....	3
5.2.4	<i>Cauce de aproximación del sur de las nuevas esclusas del Atlántico</i> .....	3
5.2.5	<i>Lago Gatún</i> .....	3
5.2.6	<i>Corte Culebra</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.7	<i>Cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas del Pacífico</i> .....	3
5.2.8	<i>Cauce de aproximación del sur de las nuevas esclusas del Pacífico</i> .....	3
5.2.9	<i>Cauce de navegación de la entrada del Pacífico</i> .....	3
5.3	VOLUMEN ESTIMADO DE PERFORACIÓN SEGÚN LA CONDICIÓN GEOLÓGICA .....	3
5.4	VOLÚMENES DE DRAGADO SEGÚN LA CONDICIÓN GEOLÓGICA.....	3
<b>6</b>	<b>CONDICIONES DE TRABAJO EN EL CANAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX.....</b>	<b>3</b>
6.1	IMPACTO SOBRE LAS OPERACIONES ACTUALES DEL CANAL .....	3
6.2	LIMITACIONES DE LAS ÁREAS DE LOS CAUCES DE NAVEGACIÓN.....	3
6.3	VARIACIONES DE LAS MAREAS EN LAS ENTRADAS DE MAR DEL CANAL .....	3
6.3.1	<i>Variaciones de las mareas en la entrada del Atlántico</i> .....	3
6.3.2	<i>Variaciones de las mareas en la entrada del Pacífico</i> .....	3
6.4	SITIOS DE DEPÓSITO .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>



<b>7 EQUIPOS PROPUESTOS PARA EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURAS PARA LOS TRABAJOS DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX .....</b>	<b>3</b>
7.1 EFECTIVIDAD DE LAS DRAGAS EN AGUAS DEL CANAL SEGÚN LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS .....	3
7.2 CAUCE DE NAVEGACIÓN DE LA ENTRADA DEL ATLÁNTICO .....	3
7.2.1 <i>Dragado</i> .....	3
7.3 CAUCES DE APROXIMACIÓN DEL NORTE Y DEL SUR DE LAS NUEVAS ESCLUSAS DEL ATLÁNTICO .....	3
7.3.1 <i>Excavación</i> .....	3
7.3.2 <i>Dragado</i> .....	3
7.4 CAUCE DE NAVEGACIÓN DEL LAGO GATÚN .....	3
7.4.1 <i>Perforación y voladura subacuática</i> .....	3
7.4.2 <i>Dragado</i> .....	3
7.5 CAUCE DE NAVEGACIÓN DEL CORTE CULEBRA .....	3
7.5.1 <i>Excavación</i> .....	3
7.5.2 <i>Perforación y voladura subacuática</i> .....	3
7.5.3 <i>Dragado</i> .....	3
7.6 CAUCE DE APROXIMACIÓN DEL NORTE DE LAS NUEVAS ESCLUSAS EN EL PACÍFICO .....	3
7.6.1 <i>Excavación</i> .....	3
7.6.2 <i>Perforación y Voladura terrestre</i> .....	3
7.6.3 <i>Dragado desde tierra firme</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.6.4 <i>Perforación y voladora subacuática</i> .....	3
7.6.5 <i>Dragado</i> .....	3
7.7 CAUCE DE APROXIMACIÓN SUR DE LAS NUEVAS ESCLUSAS DEL PACÍFICO .....	3
7.7.1 <i>Perforación y voladura</i> .....	3
7.7.2 <i>Dragado</i> .....	3
7.8 CAUCE DE NAVEGACIÓN DE LA ENTRADA DEL PACÍFICO .....	3
7.8.1 <i>Perforación y voladura subacuática</i> .....	3
7.8.2 <i>Dragado</i> .....	3
7.9 EQUIPO DE APOYO .....	3
7.10 RESUMEN DE EQUIPOS PROPUESTOS PARA LOS TRABAJOS EN EL CAUCE POSPANAMAX .....	3
<b>8 ESTIMADOS DE LOS VOLÚMENES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, Y DRAGADO SEGÚN EL TIPO DE EQUIPO.....</b>	<b>3</b>
8.1 VOLUMEN DE EXCAVACIÓN SECA .....	3
8.2 ESTIMADO DEL VOLUMEN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA SEGÚN EL TIPO DE EQUIPO .....	3
8.3 ESTIMADO DEL VOLUMEN DE DRAGADO SEGÚN EL TIPO DE EQUIPO .....	3
8.4 ESTIMADO DE VOLÚMENES PARA LOS ESQUIPOS DE LA ACP Y DE LOS CONTRATISTAS EXTERNOS .....	3
<b>9 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LOS COSTOS ESTIMADOS POR UNIDAD DE EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURA .....</b>	<b>3</b>
9.1 ESTIMADO DE PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS PARA LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURA .....	3



9.2	ESTIMADO DE COSTOS PARA LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, Y DRAGADO ..	3
9.3	ESTIMADO DE LOS COSTOS UNITARIOS .....	3
9.3.1	<i>Costo unitario de los trabajos de excavación.....</i>	<i>3</i>
9.3.2	<i>Costo unitario de los trabajos de perforación y voladura.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
9.3.3	<i>Costo unitario de los trabajos de dragado .....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>10</b>	<b>ESTIMADOS PORCENTUALES DE LOS COSTOS INDIRECTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>11</b>	<b>ESTIMADO DE COSTOS DEL APOYO DE LA ACP A LOS CONTRATISTAS EXTERNOS.....</b>	<b>3</b>
<b>12</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE EQUIPO PARA DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURAS EN MESES-DRAGA .....</b>	<b>3</b>
<b>13</b>	<b>PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS EN EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX .....</b>	<b>3</b>
<b>14</b>	<b>MANO DE OBRA REQUERIDA PARA EJECUTAR EL PROGRAMA DE AMPLIACIÓN DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX.....</b>	<b>3</b>
<b>15</b>	<b>COSTO BASE DEL PROGRAMA DE AMPLIACIÓN DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX .....</b>	<b>3</b>
<b>16</b>	<b>ESTIMADO PROBABILÍSTICO DEL COSTO DE LA CONTINGENCIA.....</b>	<b>3</b>
<b>17</b>	<b>FLUJO DE CAJA APROXIMADO PARA LOS TRABAJOS EN EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX .....</b>	<b>3</b>



# ANÁLISIS TÉCNICO SOBRE EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX PROPUESTO PARA EL CANAL DE PANAMÁ

## 1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

La construcción de un nuevo juego de esclusas Pospanamax para el Canal de Panamá requiere la ejecución de mejoras a los cauces de navegación existentes del Canal, lo que involucraría trabajos de profundización y ensanche para garantizar el tránsito seguro y expedito de los buques Pospanamax a través de la vía acuática. Los análisis preliminares de las operaciones del Canal han demostrado que el método de tráfico en semi-convoy que se utiliza en la actualidad es más eficiente en términos de capacidad de tránsitos de buques Pospanamax y Panamax; por ende, se presume que tanto el Corte Culebra como ambas entradas al Canal requerirán no menos de un cauce diseñado para el tráfico uni-direccional de buques Pospanamax, mientras que el lago Gatún requerirá una configuración para tráfico de buques Pospanamax en dos direcciones. Además, si se llegaran a eliminar algunas de las restricciones de operación vigentes una vez que culmine el programa de enderezamiento y ensanche del Corte, se podría permitir tránsitos di-direccionales a través de las entradas del Canal y el Corte a ciertos buques tipo Panamax.

Este informe contiene un análisis técnico para la ampliación y el enderezamiento de los cauces de navegación existentes en el Canal, y la creación de nuevos cauces de acceso para las nuevas esclusas en el Atlántico y Pacífico. Este análisis incluye una evaluación de la alineación y las dimensiones de los cauces, los volúmenes de excavación y dragado, requerimientos de perforación y voladuras, las condiciones geológicas de los cauces, la selección de equipos y métodos de dragado, los sitios de depósito de materiales disponibles y potenciales, tiempos estimados de ejecución, costos totales, la planificación de los trabajos de excavación y dragado, el estimado de contingencias y desarrollo del flujo de caja, entre otros.

La evaluación técnica para la construcción de las nuevas esclusas y el nuevo cauce de aproximación en el Pacífico, entre el Corte Culebra y el tapón intermedio, se presenta en un informe por separado.

## 2 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA DESARROLLAR LAS DIMENSIONES Y EL DISEÑO POSPANAMAX DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN

### 2.1 Buque prototipo de diseño

- El buque prototipo de diseño seleccionado para establecer la configuración del cauce de navegación Pospanamax tal como se muestra en el Apéndice No.1, es el buque



portacontenedores que se utilizó para desarrollar el diseño conceptual de las nuevas esclusas Pospanamax y cuenta con las siguientes características:

- Eslora: 360 m (1,180 pies)
- Manga: 46 m (152 pies)
- Calado inicial: 13.7 m (45 pies)
- Como parte del Programa de Ampliación del Canal, la vía acuática espera poder ofrecer un calado mínimo de 13.1 m (43 pies) y un máximo de 15.2 m (50 pies) ADT<sup>1</sup>, dependiendo de los niveles mínimos de operación del lago Gatún y la elevación del fondo del cauce. Estos niveles estarían sujetos a las condiciones climáticas; luego de la estación lluviosa, cuando el lago haya acumulado suficiente agua, los buques podrían transitar con mayor profundidad de calado mientras que, luego de la estación seca, cuando no se haya embalsado volúmenes adicionales de agua en el lago, sería necesario imponer restricciones mínimas de calado.
- Los estudios de mercadeo de la ACP muestran que cada año aumenta el número de nuevas construcciones de buques portacontenedores Pospanamax y que se espera que la carga transportada en contenedores se convierta en el segmento de mercado que transitará el mayor volumen de carga a través de las nuevas esclusas.
- Como se puede ver en el Apéndice No.1, durante los últimos años el Canal existente ha experimentado un rápido crecimiento en el número de tránsitos de portacontenedores tipo Panamax con esloras que superan los 274 m (900 pies). Se espera que esta tendencia aumente en el futuro.

## 2.2 Lineamientos para el ensanche del cauce de navegación

- La ACP se apoyó en su experiencia previa en la construcción de cauces de navegación, al igual que en los lineamientos emitidos por otras dos organizaciones, para determinar el ancho real requerido para permitir el tránsito seguro de los buques Pospanamax, a saber:
- El documento titulado “*Approach Channels, A Guide for Design*” (Guía para Diseño de Canales de Aproximación), de junio de 1997, preparado por un equipo formado por representantes de la Asociación Internacional Permanente de Congresos sobre Navegación (PIANC, por sus siglas en inglés), y la Asociación Internacional de Puertos y Muelles (IAPH, por sus siglas en inglés), en cooperación con la Asociación Internacional de Prácticos (IMPA, por sus siglas en inglés), y la Asociación Internacional de Autoridades de Faros (IALA, por sus siglas en inglés).

---

<sup>1</sup> ADT significa Agua Dulce Tropical. Se presume que el calado de un buque aumenta de 0.3 m a 0.5 m (1 a 1.5 pies) al pasar de agua salada tropical a agua dulce tropical.



- Otro documento titulado “Safe Waterways, A User’s Guide to the Design, Maintenance and Safe Use of Waterways, Guidelines for the Safe Design of Commercial Shipping Channels” (“Vías Acuáticas Seguras: Guía para el Diseño, Mantenimiento y Uso Seguro de Vías Acuáticas, Lineamientos para el Diseño Seguro de Cauces de Navegación Comercial”) de Fisheries and Oceans, Canadá.
- Además de las guías mencionadas arriba, para rediseñar el cauce del Corte Culebra se adoptaron los requerimientos de visibilidad de la Organización Marítima Internacional (OMI) emitidos en 1998 a través del Convenio Internacional sobre la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS, por sus siglas en inglés).
- Todos los lineamientos aplicables a los cauces de navegación del Canal se discutieron con personal de Operaciones Marítimas de la ACP, incluyendo prácticos administrativos y el director del departamento, hasta llegar a un consenso para la selección del diseño adecuado del cauce para el tráfico combinado de buques Pospanamax en una vía y buques con manga tipo Panamax.

### 2.3 Requerimientos de línea de visibilidad

- El Reglamento 22, Capítulo V de OMI SOLAS establece que los puentes de todos los buques con esloras superiores a los 45 m deben estar diseñados de forma tal que la línea de visibilidad del buque sea igual a dos veces el largo del buque desde la proa ó 500 m, lo que sea menor. En otras palabras, el capitán y todos los oficiales a bordo del puente del buque deben poder ver por lo menos 500 m o el equivalente a dos esloras del buque hacia adelante de la proa del buque, tal como se muestra en el Apéndice No 2.
- El diseño propuesto para el cauce Pospanamax cumple con el requerimiento de la línea de visibilidad de 500 m, basado en un buque portacontenedores Pospanamax navegando por la línea central (centerline) del cauce, más 1/3 de la eslora del buque, conocido como punto de pivote en el punto de intersección (PI) de la curvatura del cauce, tal como se muestra en el Apéndice No.2.
- Aunque el buque comienza a girar antes de llegar al PI del cauce de navegación, se utilizó la situación más crítica posible para establecer la línea de visibilidad de 500 m requerida para que un buque navegue con seguridad, colocando entonces el punto de pivote del buque sobre el PI.

### 2.4 Calado en agua dulce y salada

- El lago Gatún y el Corte Culebra constituyen los cauces internos de agua dulce del Canal, mientras que los cauces externos de agua salada los forman las entradas del Canal en el Atlántico y el Pacífico.
- Por ende, debido a la diferencia de densidad del agua en el océano y el lago, el calado de un buque aumenta de 0.3 a 0.5 m (1 a 1.5 pies) al navegar de agua salada hacia agua dulce.



- Para evitar confusiones, este informe se referirá al calado en agua dulce, excepto cuando se especifique lo contrario.

## 2.5 Profundidad y espacio libre bajo quilla mínimos en el cauce

- La profundidad mínima del cauce depende de muchos factores, entre ellos el calado máximo del buque detenido, el empopamiento, las mareas, el oleaje, el tipo de fondo del cauce, la densidad del agua y otros.
- Según PIANC<sup>2</sup>, se recomienda un radio mínimo de profundidad/calado de 1.10 en aguas internas<sup>2</sup>. Por ende, el calado máximo de 15.2 m (50 pies) propuesto para el lago Gatún y el Corte Culebra requeriría una profundidad mínima de 16.76 m (55 pies), lo que incluye un espacio libre bajo la quilla<sup>3</sup> (UKC) de un mínimo de 1.5 m (5 pies).

## 2.6 Ancho del cauce

- Los parámetros para el ancho del cauce dependen de los siguientes factores:
- Carril base de maniobrabilidad y tolerancias para vientos, corrientes, olas, tipo de fondo, profundidad de la vía, etc.
- Espacio libre en el banco del cauce
- En el caso de las curvas, se requiere un ancho adicional conocido como ancho de barrida del eje de circulación del buque, el cual se establece de acuerdo al ángulo de mando del buque y la profundidad del cauce.
- Ancho adicional para tránsito en doble vía (en el caso del tráfico Pospanamax en una vía, este ancho adicional es cero).
- Para establecer el ancho mínimo del cauce de navegación Pospanamax, se discutió con los prácticos del Canal y personal relacionado, y se tomó en cuenta la experiencia en construcción de cauces de la ACP.
- Para permitir el tránsito de los buques Pospanamax y Panamax en las secciones rectas, la ACP estableció anchos de 218 m, 225 m y 280 m en el Corte Culebra y los accesos de las nuevas esclusas, las entradas del Canal y el lago Gatún, respectivamente. El Apéndice No.2 incluye un cuadro que indica varios escenarios con el ancho mínimo a lo largo de los cauces de navegación del Canal.
- Siguiendo las recomendaciones de PIANC para las curvas, el cauce debe tener un ancho adicional de 1.2 veces la manga del buque a un ángulo de mando de 20 grados y una relación de profundidad / calado de 1.13. Es decir, 38m para los buques

---

<sup>2</sup> “Approach Channels, A Guide for Design” (Guía para Diseñar Cauces de Aproximación), PIANC, Junio de 1997, Página 20.

<sup>3</sup> El espacio libre bajo la quilla es el espacio disponible debajo de la quilla o el fondo más bajo del buque.



Panamax y 55 m para el buque prototipo de diseño Pospanamax. El Apéndice No.2 incluye una copia del diagrama de PIANC que muestra el ancho adicional recomendado, con ángulos de mando y relación de profundidad / calado diferentes.

## 2.7 Radio de giro en las curvas del cauce

- El radio de giro en las curvas del cauce para obtener el ancho adicional en las curvas del cauce se calcula con base en la habilidad del buque para girar y la relación de profundidad / calado del cauce. Generalmente este radio se expresa en términos de la cantidad de esloras del buque.
- El Apéndice No.2 incluye el diagrama de PIANC utilizado para establecer el radio de giro mínimo en el cauce. En el caso del tráfico Pospanamax en una vía, el radio de giro mínimo es de 7.25 veces la eslora del buque ó 2,610 m. Sin embargo, se utilizó un radio de giro mínimo de 2,800 m para buques de 385 m, lo que constituye el diseño máximo del buque para las nuevas esclusas.

## 2.8 Distancia del cauce entre curvas sucesivas

- Según PIANC, la distancia mínima de tangente entre curvas sucesivas debe ser mayor que 5 esloras del buque, tal como se muestra en el Apéndice No.2.
- En el caso de un cauce de navegación Pospanamax uni-direccional, 5 esloras de buque equivalen a 1,800 metros. Mientras que la mayoría de los cauces de navegación cumplen con esta guía, existen algunos que no cumplen con la distancia mínima de 1,800 m porque para hacerlo requerirían excavaciones masivas adicionales.
- Para compensar por la falta de cumplimiento con la distancia mínima entre las curvas sucesivas, se agregaron metros adicionales de ancho o un radio mayor de giro en las curvas.

## 2.9 Transición de secciones rectas a curvas en el cauce de navegación

- Según las recomendaciones de Canadá, la transición de una sección recta a una curva en el cauce no debe ser menor que una relación de 10:1 (largo/ancho adicionales).
- Para proporcionar un giro más suave y compensar por las fuerzas asimétricas ocasionadas por el buque al entrar o salir del giro en el cauce, se requiere la transición de una sección recta al ancho aumentado de la curva.
- El Apéndice No.2 incluye un diagrama que muestra la transición adecuada para una curva paralela ensanchada en el cauce.
-



### 3 DISEÑO Y DIMENSIONES PROPUESTOS PARA EL CAUCE DE NAVEGACIÓN DE LAS ESCLUSAS POSPANAMAX

#### 3.1 Condiciones existentes y mejoras que se están implementando actualmente

##### 3.1.1 Entrada del Atlántico

- La entrada del Canal en el Atlántico tiene un ancho mínimo de 198 m (650 pies), y una elevación en el fondo del cauce de  $-14.29$  m ( $-46.9$  pies) PLD, o una profundidad de 14.17 m (46.5 pies) MLW<sup>4</sup>.
- El programa de profundización y ensanche de la entrada del Atlántico se terminó en abril del 2005, e involucró el ensanche de su cauce de 175 m (575 pies) a 198 m (650 pies), y la profundización de 0.60 m (2 pies) para obtener una elevación de 14.17 m MLW en el cauce.

##### 3.1.2 Lago Gatún y Corte Culebra

- El ancho del cauce del lago Gatún va desde 254 m (830 pies) a 305 m (1000 pies) con una elevación de 11.3 m (37pies) PLD en el fondo. El ancho mínimo en el cauce del Corte Culebra y la Bordada Gamboa es de 192 m (630 pies) en las rectas y 222 m (730 pies) en las curvas.
- Actualmente se están dragando el lago Gatún y el Corte Culebra hasta una elevación de 10.4 m (34 pies) PLD, para aumentar su capacidad de almacenamiento de agua a 362.9 millones de metros cúbicos, que equivalen a 5.8 esclusajes diarios. Esta profundización permitirá bajar el nivel mínimo operativo del lago en 0.91 m para proporcionar capacidad adicional de almacenamiento de agua al tiempo que se mantiene el calado máximo del Canal de 12.04 m (39.5 pies) para los buques Panamax. Este programa se inició a finales del 2001 y su culminación está programada para el 2006. El apéndice No.3 contiene un diagrama del Canal de Panamá que muestra las elevaciones de las esclusas y los cauces a lo largo del Canal.
- También se está enderezando el Corte para cumplir con los requerimientos de visibilidad de SOLAS, y para permitir el tránsito seguro de los buques Panamax con las siguientes dimensiones máximas: 294 m (965 pies) de eslora y 32.3 m (106 pies) de manga. Este proyecto ayudará a minimizar los ángulos de desviación y facilitará la navegación de los buques a través del Corte. El enderezamiento se inició en el 2003 y está programado para culminar en el 2007.

---

<sup>4</sup> MLW son las siglas en inglés para “mean low water”, que es el promedio de todas las mareas bajas en la entrada del Atlántico, equivalente a  $-0.12$  m ( $-0.38$  ft) PLD.



- En agosto del 2005, la ACP decidió convertir el programa de de enderezamiento del Corte en el programa de ensanche del Corte a 218 m para permitir el tránsito bi-direccional de buques Panamax, especialmente de los más largos, de 260 m (850 pies). Esta configuración del cauce mejoraría la seguridad de la navegación al proporcionar espacio libre adicional. El programa de enderezamiento está programado para culminar en el 2010.
- Otro proyecto de mejora para optimizar la infraestructura existente del Canal es la instalación de barreras alrededor de los brazos hidráulicos de las esclusas para prevenir la entrada de agua en los cuartos de maquinarias de las esclusas. La elevación del nivel mínimo operativo del lago Miraflores en 0.3 m (1 pie) permitirá a la ACP aumentar el calado máximo actual del Canal de 12 m (39.5 pies) a 12.3 m (40.5 pies).

### 3.1.3 Entrada del Pacífico

- El ancho del cauce en la entrada del Canal en el Pacífico tiene entre 213 m (700 pies) y 366 m (1,200 pies) al sur del Puente de las Américas, y 192 m (630 pies) al norte del Puente de las Américas. La elevación del fondo del cauce es de 15.88 m (-52.1 pies) PLD, o profundidad 13.56 m (44.5 pies) MLWS.<sup>5</sup>
- Se está profundizando esta entrada desde enero del 2005 para bajar el nivel del fondo del cauce a 16.49 m (54.1 ft) PLD, o a la profundidad de 14.17 m (46.5 pies) MLW, y el proyecto está programado para culminar en junio del 2006.

### 3.1.4 Cauces de aproximación de las nuevas esclusas

- Los cauces de aproximación de las nuevas esclusas requerirán nuevos cauces de navegación. Las áreas seleccionadas para este proyecto están ubicadas cerca del área excavada para el antiguo proyecto del tercer juego de esclusas –iniciado por los EE.UU. en 1939 y suspendido en 1942 debido a cambios en los planes de estrategia militar.
- El nuevo cauce de aproximación del Atlántico estaría ubicado al este de las esclusas existentes, mientras que el del Pacífico se ubicaría al oeste de las actuales esclusas.

### 3.1.5 Resumen de las condiciones de los cauces de navegación existentes:

- A continuación se presenta un cuadro que resume las condiciones de los cauces de navegación existentes:

---

<sup>5</sup> MLWS es el nivel medio de las mareas bajas de Sicigia, que es el promedio de las mareas bajas durante la marea de Sicigia en la entrada del Pacífico. La medida es -2.32 m (-7.6 pies) PLD.



CONDICIONES EXISTENTES DE LOS CAUCES DE NAVEGACIÓN				
Áreas	Elevación existente del cauce (m PLD)	Ancho existente del cauce (m)	Calado máximo (m)	
1	Cauce de navegación en la entrada del Atlántico <sup>1</sup>	-14.29	198	12.65
2	Cauce de aproximación Pospanamax al norte del Atlántico	N/A		
3	Nuevas esclusas Pospanamax del Atlántico	N/A		
4	Cauce de aproximación Pospanamax al sur del Atlántico	NONE		
5	Bordada Gatún hasta bordada Juan Grande	10.40	254 a 305	12.00
6	Corte Gaillard y cruce de bordadas Gamboa y Chagres	10.40	192 a 222	12.00
7	Cauce a aproximación Pospanamax al norte del Pacífico	N/A		
8	Nuevas esclusas Pospanamax del Pacífico	N/A		
9	Cauce de aproximación Pospanamax al sur del Pacífico	N/A		
10	Bordada Balboa en entrada del Pacífico <sup>1</sup> Cauce de navegación en la entrada del Pacífico <sup>1</sup>	-16.49	192 213 a 366	12.65
Notas:				
1. Se presumieron las condiciones existentes luego del ensanche y profundización de ambas entradas.				
2. El Corte será ensanchado a 218 m como mínimo a partir del 2005, y este proyecto podría culminar durante la ejecución del programa de ampliación propuesto para el Canal, si se realiza.				

Cuadro No.1. Dimensiones existentes de los cauces de navegación del Canal

### 3.2 Diseño general propuesto

- Todos los parámetros explicados en la Sección 2 se aplicaron para establecer el diseño óptimo y más factible para permitir el tránsito de los buques Pospanamax por el Canal.



- El diseño del nuevo cauce Pospanamax permitiría el tránsito en una vía de los buques Pospanamax por el Corte Culebra y la construcción de los nuevos cauces de acceso del norte y sur de las esclusas de 218 m de ancho. Entretanto, con sus 225 m de ancho, las entradas en el Atlántico y el Pacífico permitirían el paso simultáneo de buques de manga Pospanamax con buques de menor tamaño. El lago Gatún será ensanchado de 280 a 366 m para permitir el tránsito en doble vía de los buques Pospanamax. También se están considerando tránsitos de buques Panamax en doble vía por el Corte y en las entradas del Canal. Esta operación dependería en gran parte de la programación, y de los tránsitos y la mezcla de buques.
- El Apéndice No.4 incluye una ilustración del diseño general del cauce de navegación existente con las nuevas dimensiones propuestas, fusionado con los nuevos cauces de aproximación de las esclusas Pospanamax.
- El Apéndice No.5 contiene detalles de cada área de los cauces de navegación, incluyendo los alineamientos propuestos para los cauces de aproximación de las nuevas esclusas y el Apéndice No.6 muestra el detalle de los cuatro puntos de intersección de los nuevos cauces de acceso con los cauces existentes.

### **3.3 Alineamiento de los nuevos cauces de aproximación para las esclusas Pospanamax**

- El alineamiento A-1 movido 38 m al oeste y el alineamiento PMD-1 fueron seleccionados como las mejores opciones para tránsitos Pospanamax en el Atlántico y el Pacífico, respectivamente.

### **3.4 Anchos mínimos requeridos para los cauces de navegación Pospanamax**

#### **3.4.1 Entradas del Atlántico y el Pacífico**

- Para poder llevar a cabo los tránsitos bi-direccionales propuestos de buques Pospanamax y Panamax, se estableció el ancho mínimo para las entradas del Canal en el Atlántico y Pacífico en 225 m en las rectas y 260 m en las curvas. Estas dimensiones de los cauces se adoptaron siguiendo las recomendaciones de PIANC.
- Inicialmente se estableció que las entradas del Canal deberían tener un ancho mínimo de 218 m a todo lo largo en vez de 225 m en las secciones rectas y 260 m en las curvas. Sin embargo, la diferencia en costo entre ambas opciones era de \$8 a \$10 millones. Por ende, se propuso modificar las entradas del Canal a 225 m en las rectas y 260 m en las curvas para garantizar mayor seguridad en la navegación y mayor capacidad de tránsito en el Canal.
- Los anchos propuestos para las entradas del Canal en el océano constituyen requerimientos mínimos ya que muchas áreas como las áreas rectas de la entrada del Pacífico y las curvas del nuevo cauce de aproximación contarían con cauces más anchos de lo especificado para compensar por la falta de cumplimiento con la distancia mínima del cauce entre curvas sucesivas.



### 3.4.2 Corte Culebra

- Dado que inicialmente se estableció que el Corte Culebra debería permitir el paso de buques Pospanamax en una vía, se propuso un ancho mínimo de 218 m para el cauce, en toda su extensión. Esto también permitiría el encuentro de buques tipo Panamax con eslora menor que 275 m durante las horas del día.
- Tal como se explicó anteriormente, existen planes de ensanchar el Corte a 218 m en el año fiscal 2006 para brindar mayor flexibilidad para los tránsitos de buques Panamax en doble vía.
- El ancho de 218 m propuesto para el cauce de navegación se estableció con base en la experiencia previa del Canal en cuanto a los tránsitos a través del Corte Culebra. El Corte es la sección más angosta y crítica del Canal debido a que crea fuerzas hidrodinámicas en los bancos, y a la inestabilidad de los mismos. El ancho de 152 m (500 pies) que tenía anteriormente el Corte Culebra, permitía que los buques Panamax transitaran con seguridad en una vía o dirección. La relación entre el ancho mínimo del Corte y la manga de un buque es de 152 m a 32.3 m, ó 4.72 veces. Se utilizó esta cifra para calcular el ancho mínimo del cauce para un buque Pospanamax con 46 m (152 pies) de manga, lo que dio un resultado de aproximadamente 218 m (46 m x 4.72).

### 3.4.3 Lago Gatún

- Se prevé que, bajo el escenario de la ampliación del Canal, el lago Gatún permitirá el paso bidireccional irrestricto de los buques Pospanamax al igual que el Canal existente permite el tránsito irrestricto de los buques Panamax en doble vía.
- Para permitir esos tránsitos Pospanamax, se debe ensanchar el lago, como mínimo, a 280 m en las secciones rectas y 366 m en las curvas. Estas dimensiones también cumplen con las recomendaciones de PIANC.

### 3.4.4 Nuevos cauces de aproximación

- Al igual que con el Corte Culebra, los nuevos cauces de aproximación permitirían inicialmente el tráfico de buques Pospanamax en una vía; por ende, el ancho mínimo del cauce sería de 218 m en toda su extensión.



### 3.5 Calados mínimos permitidos para los cauces Pospanamax

#### 3.5.1 Salidas de mar del Canal

- Ambas entradas de mar y los nuevos cauces de aproximación de las esclusas del lado del mar serán dragados para permitir un calado máximo de 13.7 m (45 pies) AST<sup>6</sup>; presumiendo un espacio libre bajo la quilla de 1.83 m (6 pies). Sin embargo, se ha sugerido que este espacio libre bajo la quilla se puede bajar a 1.52m (5 pies) para un calado máximo de 14 m (46 pies) en AST ó 14.3 m (47 pies) en ADT.
- Dependiendo de si el nivel de operación del lago permite un rango de calado entre 13.1 m y 15.2 m, los cauces de mar podrían constituir el factor limitante del calado pues la profundización propuesta permitiría un calado de entre 13.7 m y 14 m. Sin embargo, los cauces de mar podrían ser dragados en fases subsiguientes.

#### 3.5.2 Cauces internos del Canal

- El lago Gatún, el Corte Culebra y el cauce de aproximación de las nuevas esclusas en el lago serían dragados para permitir un calado mínimo de 13.6 m (44.5 pies) y máximo de 15.2 m (50 pies) para las naves en tránsito, dependiendo de las opciones de elevación del cauce de navegación.
- El escenario propuesto incluye profundizar el área del lago a 9.14 m (30 pies) PLD para permitir un rango de calado de 13.6 m (44.5 pies) a 15.2 m (50 pies) según la fluctuación del nivel del lago Gatún, que puede variar entre 24.2 m (79.5 pies) PLD y 25.9 m (85 pies) PLD.
- Además de este incremento en el calado, la opción de 9.14 m PLD se convertiría en un proyecto hídrico ya que proporcionaría un suministro adicional de agua.

### 3.6 Profundidad mínima para los cauces Pospanamax

- Como se mencionó con anterioridad, el espacio libre bajo la quilla sería de un mínimo de 1.5 m (5 pies); sin embargo, se está considerando un espacio libre bajo la quilla de 1.8 m (6 pies) para los cauces de mar.
- En consecuencia, la profundidad mínima para los cauces del Canal en el lago y el Corte estarían entre 15.1 m (49.5 pies) y 16.8 m (55 pies) para un calado variable de 13.6 m (44.5 pies) a 15.2 m (50 pies).

---

<sup>6</sup> AST significa agua salada tropical. Un buque con calado de 13.7 m en AST tendría un calado de 14.1 m en el lago.



- La profundidad mínima de los cauces de mar del Canal sería de 15.5 m (51 pies). En otras palabras, el calado máximo en agua salada en las entradas del Canal sería de 13.7 m (45 pies) en AST, ó 14 m (46 pies) en ADT.

### 3.7 Resumen del ancho y la profundidad propuestos para los cauces de navegación Pospanamax

- A continuación se presenta un cuadro que resume los diferentes largos, anchos y calados propuestos para el tráfico de buques Pospanamax en el Canal:

<b>DIMENSIONES PROPUESTAS PARA EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX</b>				
<b>Escenario: esclusas de 427 m x 55 m x 16.8 m</b>				
Áreas	Largo aprox.(km)	Ancho mínimo (m)	Profundidad (m)	Elevación mínima del fondo del cauce (m PLD)
1 Cauce de navegación de la entrada del Atlántico	9.80	225 a 260	15.50	-15.66
2 Cauce de aproximación Pospanamax al norte del Atlántico	4.00	218	15.50	-15.66
3 Nuevas esclusas Pospanamax del Atlántico	1.70	55		
4 Cauce de aproximación Pospanamax al sur del Atlántico	4.00	218	14.6 to 16.8	9.14
5 Lago Gatun hasta bordada Juan Grande	38.00	280 a 366	14.6 to 16.8	9.14
6 Corte Gaillard y cruce de bordadas Gamboa y Chagres	18.00	218	14.6 to 16.8	9.14
7 Cauce de aproximación Pospanamax al norte del Pacífico	5.50	218	14.6 to 16.8	9.14
8 Nuevas esclusas Pospanamax del Pacífico	1.70	55		
9 Cauce de aproximación Pospanamax al sur del Pacífico	2.00	218	15.50	-17.86
10 Cauce de navegación de la entrada del Pac. Entrance Navigation Channel	16.00	225 a 260	15.50	-17.86

**Nota:** Presumiendo un espacio libre bajo la quilla de 1.5 m en cauces internos y 1.8 en entradas.

Cuadro No.2. Dimensiones propuestas para el cauce de navegación Pospanamax

## 4 ESTIMADOS DE VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURAS

### 4.1 Parámetros generales utilizados para estimar los volúmenes

- Para estimar los volúmenes de excavación y dragado del cauce de navegación Pospanamax, se utilizaron la última información batimétrica y topográfica disponible, y el programa computarizado de ingeniería INROADS.



- Se calcularon los estimados de volumen para los diferentes anchos y calados requeridos para el cauce.
- Los volúmenes de excavación para el Corte Culebra se estimaron utilizando como base taludes de entre 3H:1V y 1H:4V, para todo el material de excavación por encima de 27.5 m (90') PLD de elevación. Los parámetros de taludes utilizados para el dragado estuvieron entre 1H:1V ó 2H:3V, dependiendo de las condiciones geológicas a lo largo del cauce de navegación del Corte Culebra.
- Los estimados de los volúmenes de dragado y excavación para los cauces de aproximación de las nuevas esclusas incluyen los mismos parámetros de los taludes utilizados para estimar los volúmenes del Corte Culebra.
- Todos los volúmenes de dragado incluyen 0.61 m (2 pies) de tolerancia por debajo del diseño del fondo del cauce, y una tolerancia horizontal de 7.62 m (25 pies) en cada cauce, excepto en el área estrecha cercana al Puente de las Américas en la entrada del Pacífico. Vea el Apéndice No.4.
- Los volúmenes de perforación y voladura subacuática se estimaron en 1.83 m (6 pies) por debajo de la línea de tolerancia ó 2.44 m (8 pies) por debajo de la elevación del fondo del cauce de diseño. Vea el Apéndice No.4.
- Se requerirán varios tapones para realizar la fase de construcción en seco de los nuevos cauces de aproximación y la infraestructura de las nuevas esclusas. Estos también serían excavados y dragados en fases una vez que ciertos componentes del cauce y las esclusas estén listos para ser llenados de agua. Estos tapones se construirían con tierra sacada del sitio o, si fuera necesario, reforzados utilizando materiales competentes tomados de la excavación seca. Se requerirán estudios adicionales para finalizar el diseño de los tapones.
- En el Atlántico se requerirán dos tapones para realizar el dragado y la excavación del cauce de aproximación de las nuevas esclusas y de las áreas base de las nuevas esclusas; mientras que para el área del Pacífico se requerirán otros tres tapones debido al largo adicional del cauce de aproximación del norte.

## 4.2 Estimados de los volúmenes de excavación

- Se requerirá excavación principalmente en el nuevo cauce de aproximación del Atlántico, el Corte Culebra y el nuevo cauce de aproximación del Pacífico.

### 4.2.1 Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico

- Antes de proceder con las operaciones de dragado, el cauce de aproximación del norte en el Atlántico, el tapón del norte en el Atlántico y el tapón del sur en el Atlántico requerirán la excavación de 900 K, 160 K y 400 K de metros cúbicos de material seco, respectivamente.



#### 4.2.2 Corte Culebra

- La profundización a 9.14 m PLD requerirá de la excavación de 2.5 millones de metros cúbicos de material para estabilizar los taludes de los bancos a lo largo del Corte Culebra.

#### 4.2.3 Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Pacífico

- El cauce de aproximación del Pacífico, del norte del tapón del Corte Culebra, requerirá la excavación de 7.18 millones de metros cúbicos de material.
- Los volúmenes de excavación del tapón del Corte Culebra y el tapón intermedio del Pacífico se estimaron en 17 K y 13 K, respectivamente.

### 4.3 Estimado de volúmenes de perforación y voladuras

- Los estimados de volúmenes de perforación y voladura se basaron en el porcentaje del área que requiere fragmentación, multiplicado por la profundidad de la perforación subacuática.

#### 4.3.1 Entrada del Atlántico

- Según la experiencia previa del Canal, no se requerirá perforación ni voladura en el área del Atlántico pues la mayor parte del material está formado por sedimento, arcilla, lodo y arena.

#### 4.3.2 Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico

- Al igual que para la entrada del Atlántico, no se prevé la necesidad de perforación ni voladura para el cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico. Sin embargo, como el material encontrado en el cauce sería más duro que el hallado en la entrada del Atlántico, debe ser dragado con una draga más poderosa.

#### 4.3.3 Lago Gatún

- También se estima que un 10% del área del cauce del lago Gatún requerirá perforación y voladura antes del ensanche a 280 y 366 m (918 y 1,200 pies), y profundización a 9.14 m PLD.
- El estimado del 10% incluye el área del cauce del lago que no ha sido volada por la draga Thor, la cual ha realizado fragmentaciones en varias partes del cauce del lago hasta una elevación de 6.7 m (22 pies) PLD como parte del programa de profundización del lago a 10.4 m PLD, y sería suficiente para los trabajos de dragado a la elevación de 9.14 m PLD.
- Bajo este escenario, los volúmenes de perforación y voladura en el lago Gatún se estiman en 3.35 millones de metros cúbicos.



- A continuación se presenta un cuadro que muestra el porcentaje del área del lago que requeriría perforación y voladura:

Áreas del lago Gatún	Área de profundización (m <sup>2</sup> )	Área de ensanche (m <sup>2</sup> )	% estimado de área con material duro	Perforación y voladura de áreas de profundizac. (m <sup>2</sup> )	Perforación y voladura de áreas de ensanche (m <sup>2</sup> )
Bordada Gatun	1,010,406	150,022	0%	-	-
Bordada Peña Blanca	2,320,851	209,508	0%	-	-
Bordada Bohío	911,723	167,121	10%	91,172	16,712
Bordada Buena Vista	1,449,305	206,672	20%	289,861	41,334
Bordada Tabernilla	1,570,389	197,101	0%	-	-
Bordada San Pablo	1,368,906	391,780	10%	136,891	39,178
Bordada Mamei	487,100	116,006	60%	292,260	69,604
Bordada Juan Grande	235,571	92,678	10%	23,557	9,268
<b>TOTAL</b>	<b>9,354,251</b>	<b>1,530,888</b>		<b>833,741</b>	<b>176,096</b>

Cuadro No.3. Estimado de áreas con material duro que requeriría perforación y voladura en el lago Gatún

▪

#### 4.3.4 Escenario del Corte Culebra a 9.14 m PLD con 218 m de ancho en el cauce

- Los estimados de perforación y voladura para el Corte Culebra a 9.14 m PLD se separaron en 2 estimados de volúmenes:
  - Perforación y voladura dentro del cauce de navegación existente de 192 m (630 pies)
  - Perforación y voladura en áreas de ensanche a 218 m (715 pies)

##### 4.3.4.1 Dentro del cauce de navegación de 192 m

- Se estima que aproximadamente 30% del área del Corte requeriría perforación y voladura para la profundización de los cauces a 9.14 m PLD. Este 30% representa el área del Corte que no ha sido volada por la Thor. Como se mencionó anteriormente, actualmente la Thor realiza voladuras hasta la elevación de 6.7 m (22 pies) PLD como parte del programa actual de profundización a 10.4 m PLD. Estas voladuras servirán para planes futuros de dragado para bajar el fondo del cauce a 9.14 m PLD.
- Los volúmenes de perforación y voladura dentro del cauce de 192 m se estiman en 3.65 millones de metros cúbicos. Sin embargo, se podría utilizar una draga de corte succión con una cortadora de 2 Kw. para remover el 50% del material del Corte, sin necesidad de perforación ni voladura previas. En consecuencia, el volumen neto de perforación y voladura se podría estimar en 1.83 millones de metros cúbicos.



Áreas en el Corte Gaillard	Área de profundizac. (m <sup>2</sup> )	Porcentaje estimado de material duro	Perf. y voladura de áreas de profundización (m <sup>2</sup> )
Bordada Gamboa	1,038,515	10%	103,852
Cruce Chagres	307,018	65%	199,562
Bordada Bas Obispo	600,587	58%	348,340
Bordada Cascadas	347,381	27%	93,793
Bordada Cunette	150,238	100%	150,238
Bordada Empire	329,029	92%	302,707
Bordada Culebra	478,849	0%	-
Bordada Cucaracha	389,176	0%	-
Bordada Paraiso	121,359	0%	-
Bordada Pedro Miguel	-	0%	-
<b>TOTAL</b>	<b>3,762,152</b>		<b>1,198,491</b>

Cuadro No.4. Estimado de áreas con material duro que requerirían perforación y voladura en el Corte Gaillard para llevar el fondo del cauce de diseño a 9.14 m PLD. Se omitió la bordada Pedro Miguel pues esta no será parte del cauce Pospanamax.

▪

#### 4.3.4.2 Ensanche de áreas a 218 m

- El programa de ensanche del Corte Culebra a 218 m y para aumentar su elevación a 10.4 m PLD se inició en agosto del 2005.
- Para llegar a la elevación proyectada de 9.14 m PLD como parte del programa de ampliación del Canal, se deberá perforar y volar aproximadamente 1.58 millones de metros cúbicos de material. Sin embargo, si se utilizara una draga de corte succión con una cortadora de 2 Kw. para dragar el 50% del área en el Corte Culebra sin necesidad de perforación y voladura, los volúmenes requeridos de perforación y voladura se reducirían entonces a 792,000 metros cúbicos.

#### 4.3.4.3 Resumen de volúmenes de perforación y voladura requerido para el Corte Culebra

- El volumen requerido de perforación y voladura para bajar el fondo del cauce a 9.14 m PLD en el Corte Culebra se estima en 2.62 millones de metros cúbicos, lo que incluye 1.83 millones de metros cúbicos dentro del cauce de 192 m y 792,000 metros cúbicos de las áreas que se ensancharán a 218 m.



#### 4.3.5 Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Pacífico

- Se prevé que la mayor parte del área en el cauce de aproximación del Pacífico requerirá perforación y voladura, principalmente con equipos terrestres hasta 2.44 m (8 pies) por debajo de la elevación del fondo del cauce de diseño.

##### 4.3.5.1 Cauce de aproximación del norte del tapón del Corte Culebra

- Para el cauce de aproximación del norte del tapón del Corte Culebra, el volumen de perforación y voladura se estima en 3.23 millones de metros cúbicos en el escenario de 9.14 m PLD, trabajo que sería ejecutado completamente con equipos terrestres. Sin embargo, podría ser difícil para una draga remover algunos de los materiales duros. Por ende, el equipo terrestre ejecutaría el 90% de la perforación y voladura, y el 10% restante se realizaría utilizando una perforadora flotante.

##### 4.3.5.2 Tapón del Corte Culebra del norte del Pacífico

- El volumen de perforación y voladura para el tapón del Corte Culebra se estima en 620,000 metros cúbicos para el escenario a 9.14 m PLD, y sería ejecutado utilizando equipo de perforación terrestre.

##### 4.3.5.3 Tapón intermedio del Pacífico

- El volumen de perforación y voladura para el tapón intermedio del Pacífico ubicado al norte del área de base de las nuevas esclusas del Pacífico se estima en 495,000 metros cúbicos en el escenario a 9.14 m PLD, que también sería ejecutado con equipo terrestre.

##### 4.3.5.4 Tapón del sur del Pacífico

- El volumen de perforación y voladura para el tapón del sur del Pacífico ubicado al sur del área base de las nuevas esclusas del Pacífico se estima en 730,000 metros cúbicos, y también sería ejecutado con equipo terrestre.

##### 4.3.5.5 Cauce de aproximación del sur del Pacífico

- El volumen de perforación y voladura para el cauce de aproximación del sur del Pacífico ubicado al sur del tapón sur del Pacífico se estima en 1.41 millones de metros cúbicos. Esta área no está acondicionada para colocar perforadoras terrestres ni una perforadora flotante de tamaño regular, lo que constituye un reto de perforación y voladura. En consecuencia, la perforación y voladura tendrá que realizarse utilizando perforadoras terrestres montadas en pequeñas barcas.



#### 4.3.6 Entrada del Pacífico

- Según el análisis de reflexión sísmica realizado en diciembre de 1999 y las investigaciones sobre perforaciones realizadas por compañías internacionales de dragado que participaron en una licitación de la ACP para profundizar la entrada del Pacífico a 12.6 m de calado, se prevé que aproximadamente el 30% del área de la entrada del Pacífico podría requerir perforación y voladura, lo que representa 4.36 millones de metros cúbicos.

### 4.4 Estimados del volumen de dragado

#### 4.4.1 Entrada del Atlántico

- Con un ancho de 225 m y una profundidad de 15.5 m, el volumen de dragado estimado para la entrada del Atlántico es de 6.95 millones de metros cúbicos.

#### 4.4.2 Cauce de aproximación de las nuevas esclusas en el Atlántico

- El cauce de aproximación de las nuevas esclusas en el Atlántico y el tapón del norte requerirían el dragado de 6.55 y 0.61 millones de metros cúbicos, respectivamente.
- Entretanto, el volumen de dragado estimado para el tapón del sur en el Atlántico es de 0.79 millones de metros cúbicos.

#### 4.4.3 Lago Gatún

- El ensanche del cauce del lago Gatún a 280 m en las secciones rectas y 366 m en las curvas requeriría la remoción de 16.03 millones de metros cúbicos de material de dragado en el escenario de 9.14 m PLD de elevación.

#### 4.4.4 Corte Culebra

- El dragado del Corte Culebra a una elevación del fondo del cauce de 9.14 m PLD implica la remoción de 3.88 millones de metros cúbicos del cauce de 192 m de ancho, y un volumen adicional de 2.14 millones de metros cúbicos del cauce de 218 m de ancho.
- El volumen total de dragado para una profundidad de 9.14 m PLD y 218 m de ancho en el Corte Culebra sería de 6.02 millones de metros cúbicos.



#### 4.4.5 Cauce de aproximación de las nuevas esclusas en el Pacífico

##### 4.4.5.1 Cauce de aproximación del lado norte en el Pacífico, al norte del tapón del Corte Culebra

- Bajo el escenario de 9.14 m PLD, el estimado de dragado es de aproximadamente 2.82 millones de metros cúbicos para obtener un ancho mínimo de 218 m en el cauce.

##### 4.4.5.2 Tapón del Corte Culebra

- El tapón del Corte Culebra requeriría la remoción de 0.50 millones de metros cúbicos de material.

##### 4.4.5.3 Tapón intermedio en el Pacífico

- El volumen de dragado para el tapón intermedio del Pacífico se estima en 0.39 millones de metros cúbicos.

##### 4.4.5.4 Tapón del sur en el Pacífico

- El tapón del sur en el Pacífico requeriría que se dragara 0.63 millones de metros cúbicos de material para una profundidad del cauce de 15.5 m MLWS.

##### 4.4.5.5 Cauce de aproximación del sur en el Pacífico

- La construcción de este cauce requeriría la remoción de 2.51 millones de metros cúbicos de material de dragado para obtener un ancho de cauce de 218 m y una profundidad de 15.5 m.

#### 4.5 Resumen de los volúmenes de perforación y voladura, excavación y dragado

- A continuación se presenta un cuadro que resume los volúmenes de perforación y voladura, excavación y dragado requeridos para modificar el cauce existente y crear nuevos cauces de aproximación para dar cabida a los buques Pospanamax. Los volúmenes presentados en el cuadro que aparece a continuación no incluyen los volúmenes de los programas de modernización del Canal para extender su capacidad, tales como la profundización del lago Gatún y el Corte Culebra a 10.4 m (34 pies) PLD; el programa de enderezamiento del Corte Culebra; el programa de ensanche del Corte Culebra a 218 m; la profundización de la entrada del Pacífico a 14.2 m MLWS; o el ensanche de la entrada del Atlántico a 198 m (650 pies) ni su profundización a 14.2 m MLW.



**VOLUMEN DE EXCAVACIÓN, DRAGADO Y PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA EL CAUCE POSPANAMAX (millones de metros cúbicos)**

Área	Calado (m)	Ancho del cauce (m)	ESCENARIO A 9.14 m PLD		
			Excavación seca	Perforación y voladura	Dragado
Cauce de nav. de la entrada del Atlántico	13.7	225 a 260			6.95
Cauce de aprox. Norte del Atlántico	13.7	218	0.90		6.55
Tapón norte del Atlántico	13.7	218	0.16		0.61
Nuevas esclusas del Atlántico		55			
Tapón sur del Atlántico	13.1 a 15.2	218	0.40		0.79
Lago Gatún	13.1 a 15.2	280 a 366		3.35	16.03
Corte Gaillard	13.1 a 15.2	218	2.50	2.62	6.03
Cauce de aproximación norte del Pacífico al norte del tapón del Corte Gaillard	13.1 a 15.2	218	7.18	3.23	2.82
Tapón del Corte Gaillard o norte del Pacífico	13.1 a 15.2	218	0.17	0.62	0.39
Cauce de aproximación norte del Pacífico entre el tapón del Corte Gaillard y el tapón intermedio	13.1 a 15.2	218			
Tapón intermedio del Pacífico	13.1 a 15.2	218	0.13	0.50	0.30
Nuevas esclusas del Pacífico		55			
Tapón sur del Pacífico	13.1 a 15.2	218		0.73	0.63
Cauce de aproximación sur del Pacífico	13.7	218		1.41	2.51
Cauce de nav. de la entrada del Pacífico	13.7	225 a 366		4.36	6.51
<b>Volumen total de trabajos en el cauce</b>			<b>11.44</b>	<b>16.82</b>	<b>50.12</b>

Notas:

1. El volumen de excavación y dragado en celeste corresponde al estudio de los trabajos para las nuevas esclusas.
2. Los volúmenes no incluyen programas de dragado en progreso como la profundización de Gatún y el Corte Gaillard a 10.4 m PLD, el enderezamiento del Corte, el ensanche del Corte a 218, la profundización de la entrada del Pacífico a 12.61 m de calado ni el ensanche de la entrada del Atlántico a 198 m

**Cuadro No.5. Volúmenes estimados de excavación, perforación y voladuras, y dragado para los trabajos del cauce de navegación Pospanamax**

## 5 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN DEL CANAL

### 5.1 Principales tipos de suelo hallados a lo largo del cauce de navegación del Canal

- El área del Canal se caracteriza por su diversa y compleja composición geológica, la cual se puede dividir en cinco tipos principales de materiales:
- Sedimento, arcilla, lodo y arena



- Grava y arcilla
- Roca suave con resistencia menor que 15 MPa
- Roca medio dura con resistencia entre 15 y 50 MPa
- Roca dura con resistencia superior a 50 Mpa

## 5.2 Caracterización geológica del cauce de navegación del Canal

### 5.2.1 Caracterización geológica general del cauce de navegación del Canal

- A continuación se presenta un cuadro que muestra una caracterización geológica general para cada área del Canal que requiera trabajos para el cauce de navegación Pospanamax:

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GENERAL DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX					
Áreas	Sedimento, arcilla, lodo y arena	Grava y arcilla	Roca suave < 15 Mpa	Roca medio dura 15 a 50 Mpa	Roca dura > 50 Mpa
1 Cauce de navegación de la entrada del Atlántico	X				
2 Cauce de aproximación Pospanamax norte del Atlántico			X		
3 Nuevas esclusas Pospanamax del Atlántico			X		
4 Cauce de aproximación Pospanamax sur del Atlántico			X		
5 Lago Gatún hasta bordada Juan Grande		X		X	
6 Corte Gaillard Cut y bordadas Gamboa y Cruce de Chagres			X	X	X
7 Cauce de aproximación Pospanamax norte del Pacífico				X	X
8 Nuevas esclusas Pospanamax del Pacífico				X	X
9 Cauce de aproximación Pospanamax sur del Pacífico				X	X
10 Cauce de navegación de la entrada del Pacífico			X	X	X

Cuadro No.6. Caracterización geológica general del cauce de navegación y cauce de aproximación de las nuevas esclusas



- El Apéndice No.8 contiene un informe de la caracterización geológica de cada área del cauce de navegación del Canal y los cauces de aproximación de las nuevas esclusas, preparado por la Sección de Geotecnia de la ACP. También incluye una descripción de las diferentes formaciones geológicas.
- A excepción del Corte Culebra y los cauces de aproximación de las nuevas esclusas donde se efectúan numerosos muestreos de núcleo, existe muy poca información disponible sobre el tipo de material hallado en la entrada del Atlántico, el lago Gatún y especialmente la entrada del Pacífico. La mayor parte de la información disponible está basada en hechos proporcionados por los capitanes de dragas del Canal y experiencia previa de dragado en el Canal.

### 5.2.2 Cauce de navegación de la entrada del Atlántico

- La mayor parte del material encontrado en el cauce de navegación de la entrada del Atlántico consiste de lama del Atlántico, formación Gatún y un relleno muy delgado y heterogéneo que consiste de tierra suave y rocas. La lama del Atlántico es un material de cobertura que va de muy suave a mediano, mientras que la formación Gatún está compuesta de roca suave a mediana-suave, arenisca, limolita, conglomerados y toba medio suave a medio dura.
- El área específica que se va a dragar en la entrada del Atlántico está ubicada entre las estaciones 2K+700 m y 7K+100 m, donde la mayor parte del material encontrado sería formación Gatún con RH-1 a RH-2<sup>7</sup>; o sea, roca suave a medio suave.

### 5.2.3 Cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas del Atlántico

- En el cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas del Atlántico hay lama del Atlántico y formación Gatún con RH-2 a RH-3.

### 5.2.4 Cauce de aproximación del sur de las nuevas esclusas del Atlántico

- El cauce de aproximación del sur de las nuevas esclusas del Atlántico está compuesto de formación Gatún.

### 5.2.5 Lago Gatún

- El lago Gatún está compuesto por diversas formaciones que incluyen Gatún, Caimito, Bohío y Bas Obispo. También se puede encontrar algo de basalto cerca de las bordadas de Bohío y Tabernilla.

---

<sup>7</sup> RH es la abreviación para la dureza de la roca, siendo que RH-5 es la roca más dura y RH-1 roca muy suave. El rango de RH2 va de 25 a 50 Mpa (3,600 a 7,200 psi), y RH3 va de 50 a 100 Mpa (7,250 a 14,500 psi)



- Cada una de estas formaciones está compuesta por diferentes materiales, como se describe a continuación:
  - La formación Gatún consiste de arenisca, limolita, conglomerados y toba pumícea medio suave a medio dura.
  - La formación Caimito está compuesta por toba medio dura, limolita, arenisca, conglomerado y caliza.
  - La formación Bohío está compuesta por arenisca y conglomerados clasificados como material mediano a duro.
  - La formación Bas Obispo consiste de conglomerado formado por fragmentos duros de basalto y andesita.
- Se espera que la condición geológica en el lago se torne más dura a medida que las dragas se acercan al área sur o cerca del Corte Culebra.

### 5.2.6 Corte Culebra

- Casi el 50 por ciento del área del cauce de navegación del Corte Culebra tiene roca con una dureza por encima de RH-3, clasificada como roca medio dura a muy dura y el resto del área tiene niveles de dureza por debajo de RH-3, clasificada como roca suave a media dura. Por ende, se requerirán trabajos de perforación y voladura substanciales antes de iniciar la excavación y el dragado.
- Si dividimos el Corte Culebra en tres secciones para propósitos de clasificación, encontraremos varios tipos de formaciones rocosas medio duras y duras, tales como Bas Obispo, Las Cascadas, La Boca, Pedro Miguel, Culebra y Cucaracha en la sección más al norte del Corte; y roca medio dura a medio suave como las formaciones La Boca y Pedro Miguel; y medio suave a suave como Culebra y Cucaracha en los dos tercios restantes del Corte. Usualmente se encuentra basalto en las cimas de la mayoría de los cerros a lo largo del Corte Culebra.
- La formación Las Cascadas está compuesta de aglomerados suaves a duros, toba aglomerada con andesita, grava, y clastos basálticos y tobáceos. Variablemente, esta formación es dura a medio suave.
- La formación La Boca consiste de arenisca, limolita, caliza y aglomerados.
- La formación Culebra consiste de arenisca y limolita suaves y tobáceas, y arcilla.
- La formación Cucaracha consiste de esquisto arcilloso débil y una capa de ignimbrita medio dura (flujo de cenizas).
- La formación Pedro Miguel consiste de aglomerados duros a medio duros formados principalmente por clastos basálticos y tobáceos que varían en tamaño de rocas pequeñas a grandes. Se pueden encontrar toba y pizarras delgadas y débiles medio suaves entre los aglomerados, al igual que grandes rocas basálticas y capas moderadamente gruesas de basalto.



### 5.2.7 Cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas del Pacífico

- El cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas del Pacífico está compuesto por formaciones Culebra, Cucaracha, Pedro Miguel y La Boca, al igual que basalto.

### 5.2.8 Cauce de aproximación del sur de las nuevas esclusas del Pacífico

- El cauce de aproximación sur de las nuevas esclusas del Pacífico está compuesto por formación La Boca y basalto.

### 5.2.9 Cauce de navegación de la entrada del Pacífico

- Con base en la experiencia previa de dragado en el Canal, el estudio de reflexión sísmica de 1999 y las investigaciones sobre perforaciones del 2004, se estima que el 50% del material que debe ser dragado es sedimento, 20% roca medio dura que podría no requerir voladura si se utiliza una cortadora de roca y 30% material duro que requeriría perforación y voladura.
- El área ubicada al norte del Puente de las Américas está compuesta por formación La Boca con RH-2 a RH-5 y basalto con RH-4 a RH-5.
- El área ubicada al sur del Puente de las Américas está compuesta por formación La Boca, algo de dacita con RH-4 a RH-5, formación Panamá con RH-2 a RH-5, basalto con RH-4 a RH-5 y sedimento en los 4 kilómetros más al sur de la bordada hacia la entrada del Pacífico.

## 5.3 Volumen estimado de perforación según la condición geológica

- Como se mencionó anteriormente, no será necesario realizar trabajos de perforación ni voladura en el área del Atlántico.
- El material que requiere perforación y voladura en el lago Gatún está en el rango de roca mediana a dura.
- En el Corte Culebra, 50% del material que se debe perforar y volar está dentro de la categoría de roca medio dura, mientras que el 50% restante se considera material duro.
- En el área del Pacífico, la mayoría del material que requiere perforación y voladura se considera roca dura, excepto el tapón intermedio, donde la mayor parte del material está compuesto por formación La Boca, que no requiere perforación ni voladura.
- A continuación se presenta un cuadro que muestra los volúmenes requeridos de perforación y voladura para ambos escenarios de profundización del lago Gatún:



**VOLUMEN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA EL CAUCE  
POSPANAMAX**

Volumen en millones de metros cúbicos

Área	ESCENARIO A 9.14 m PLD		
	Roca medio dura 15 a 50 Mpa	Roca dura > 50 Mpa	Volumen total
Cauce de nav. de entrada del Atlántico			
Cauce de aprox. Norte del Atlántico			
Tapón norte del Atlántico			
Tapón sur del Atlántico			
Lago Gatún	3.02	0.34	3.36
Corte Gaillard	1.31	1.31	2.62
Cauce de aprox. Norte del Pacífico al norte del tapón del Corte Gaillard	1.62	1.62	3.24
Tapón del Corte Gaillard o tapón norte del Pacífico	0.31	0.31	0.62
Tapón intermedio del Pacífico	0.25	0.25	0.50
Tapón sur del Pacífico		0.73	0.73
Cauce de aprox. Sur del Pacífico	0.71	0.71	1.42
Cauce de nav. de la entrada del Pacífico		4.36	4.36
<b>Volumen total de trabajos en el cauce de navegación</b>	<b>7.22</b>	<b>9.63</b>	<b>16.85</b>

Cuadro No.7. Volumen estimado de perforación y voladura según condición geológica

**5.4 Volúmenes de dragado según la condición geológica**

- Utilizando las composiciones geológicas descritas anteriormente para cada área del cauce de navegación Pospanamax, el siguiente cuadro resume los volúmenes de dragado según condición geológica:



## VOLUMEN DE DRAGADO PARA EL CAUCE DE POSPANAMAX

Volumen en millones de metros cúbicos

Área	ESCENARIO A 9.14 m PLD					Volumen total
	Sedimento, arcilla, lodo y arena	Grava y arcilla	Roca suave < 15 Mpa	Roca medio dura 15 a 50 Mpa	Roca dura > 50 Mpa	
Cauce de nav. de entrada del Atlántico	6.95					6.95
Cauce de aprox. Norte del Atlántico			6.55			6.55
Tapón norte del Atlántico			0.61			0.61
Tapón sur del Atlántico			0.79			0.79
Lago Gatún		14.43		1.60		16.03
Corte Gaillard				3.02	3.02	6.04
Cauce de aprox. Norte del Pacífico al norte del tapón del Corte Gaillard				1.41	1.41	2.82
Tapón del Corte o tapón norte del Pacífico				0.20	0.20	0.39
Tapón intermedio del Pacífico				0.15	0.15	0.30
Tapón sur del Pacífico					0.63	0.63
Cauce de aprox. Sur del Pacífico				1.26	1.26	2.52
Cauce de nav. de la entrada del Pacífico			3.26	1.30	1.95	6.51
<b>Volumen total para trabajos en el cauce de navegación</b>	<b>6.95</b>	<b>14.43</b>	<b>11.21</b>	<b>8.94</b>	<b>8.62</b>	<b>50.14</b>

Cuadro No.8. Volumen estimado de dragado según condición geológica para trabajos en el cauce Pospanamax

## 6 CONDICIONES DE TRABAJO EN EL CANAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX

### 6.1 Impacto sobre las operaciones actuales del Canal

- Se espera que las operaciones normales del Canal continúen sin que los trabajos de mejoras requeridos para los cauces de navegación Pospanamax y la construcción de los cauces de aproximación de las nuevas esclusas ocasionen interrupciones
- La construcción de nuevos cauces de aproximación tendrá poco impacto sobre las operaciones actuales del Canal ya que estos cauces no estarán ubicados dentro del área de infraestructura existente del Canal. El ruido, el movimiento de materiales de construcción y los aspectos visuales podrían afectar a las áreas adyacentes al Canal, especialmente aquellas ocupadas por su personal.



- Con respecto a las mejoras a los cauces de navegación existentes, los trabajos de excavación, dragado, y perforación y voladura se deben realizar de forma tal que no interrumpan el tráfico existente. Se implementarán medidas de seguridad y coordinación para evitar accidentes e impactos negativos en las operaciones del Canal.
- La planificación de las mejoras a los cauces de navegación existentes reflejan interrupciones en las operaciones de dragado, y perforación y voladuras para mantener el flujo del tráfico por el Canal. Estas interrupciones se incluyeron en el estimado de horas reales de trabajo para los equipos de dragado, y perforación y voladuras.

## 6.2 Limitaciones de las áreas de los cauces de navegación

- El Canal tiene varias limitaciones que afectarían los trabajos de dragado, y perforación y voladuras.
- Como se mencionó anteriormente, el tráfico de buques por el Canal existente tiene prioridad sobre todas las operaciones de dragado, y perforación y voladuras. Por ende, los trabajos de dragado y perforación serían interrumpidos si afectaran la navegación de los buques.
- Sólo se permitirán detonaciones o voladuras entre las 06:00 y las 18:00 hrs, siempre y cuando los buques en tránsito se encuentren a una distancia mínima de 500 m del área de voladura. Esta distancia aumentará a 610 m para los buques que lleven cargas peligrosas.
- Sólo algunas dragas, perforadoras flotantes y ciertos tamaños de barcazas de desecho pueden trabajar de manera eficaz en el Canal. Por ejemplo, las mangas de las dragas y perforadoras flotantes no deben ser tan grandes que puedan arriesgar el tráfico de buques por el Canal, especialmente en las áreas más angostas como el Corte Culebra y algunas otras áreas del Atlántico y Pacífico. Las mangas de las barcazas de desecho no deben ser tan grandes ya que deben trabajar cerca de las dragas de cucharón, y las cortadoras de rocas grandes no trabajarían de manera eficaz en el Corte pues sus anclas se expanden muy lejos para esta área limitada y son muy pesadas para maniobrar.
- Sólo unos pocos equipos de dragado podrían trabajar simultáneamente en el Corte y otras áreas limitadas del Canal.

## 6.3 Variaciones de las mareas en las entradas de mar del Canal

### 6.3.1 Variaciones de las mareas en la entrada del Atlántico

- A diferencia del amplio rango de mareas en la entrada del Pacífico, la entrada del Atlántico tiene muy pocas variaciones de mareas, tal como se muestra en el Diagrama de Elevaciones del Canal Panamá en el Apéndice No.3. La marea más



alta es de 0.56 m (+1.85 pies) PLD<sup>8</sup> y la extrema baja es de -0.38 m (-1.25 pies), lo que resulta en una variación en la marea de 0.94 m (3.10 pies).

- Según el siguiente cuadro, el alcance mínimo de las dragas y perforadoras flotantes debe ser de 16.5 m para remover con eficacia el material del fondo del cauce hasta alcanzar los 15.5 m MLW en la entrada del Atlántico, y lograr el ancho y la profundidad requeridos para la vía acuática.
- Para efectos informativos, el siguiente cuadro muestra una comparación del alcance de la draga requerido para la obra versus la capacidad máxima de alcance de la draga de corte succión MINDI, propiedad de la ACP, y los botes de perforación y voladuras. Como ya se ha mencionado, no se prevé la necesidad de perforación ni voladuras para el material del fondo del cauce en la entrada del Atlántico.

**ALCANCE BAJO EL AGUA DE LAS DRAGAS DE LA ACP EN METROS PARA LA PROFUND. DE LA ENTRADA DEL ATLÁNTICO A 15.5 m MLW**

Todas las cifras en metros

ALCANCE	Marea alta	Nivel medio del mar	Nivel medio de mareas bajas
<b>Requerido para calado de 13.7 m</b>	<b>16.39</b>	<b>15.89</b>	<b>15.71</b>
Draga MINDI de corte succión	21.94	21.94	21.94
Puntales de la MINDI	25.30	25.30	25.30
Barcaza de P&V THOR	22.86	22.86	22.86
Puntales de barcaza de P&V THOR	17.68	17.68	17.68
Nueva barcaza de P&V	25.91	25.91	25.91
Puntales de nueva barcaza de P&V	24.38	24.38	24.38

Notas: el equipo de la ACP cumple con los requerimientos mínimos para la profundización propuesta de la entrada del Atlántico a 15.5 m MLW.

**Cuadro No.9. Capacidad de alcance de las dragas en la entrada del Atlántico**

### 6.3.2 Variaciones de las mareas en la entrada del Pacífico

- Tal como lo muestra el Diagrama de Elevaciones del Canal de Panamá en el Apéndice No.3, la entrada del Pacífico tiene un amplio rango de mareas. La marea más alta es de +3.6 m (+11.8 pies) PLD, y la marea más baja es de -3.44 m

<sup>8</sup> El Diagrama de Clearance del Canal de Panamá muestra las cámaras de las esclusas, el lago y las elevaciones de las mareas referenciados con el nivel preciso del mar (PLD), que es una línea de referencia utilizada por la ACP para medir todas las elevaciones del Canal. Este PLD se acerca al nivel medio del mar en el Pacífico y Atlántico.



(-11.3 pies), lo que resulta en una variación de 7.04 m (23.11 pies) entre las mareas.

- Según el Cuadro No.10, el alcance mínimo de las dragas y perforadoras flotantes debe ser de 19.5 m para remover de manera eficaz el material del fondo del cauce hasta alcanzar los 15.5 m MLWS en la entrada del Pacífico, y lograr el ancho y la profundidad requeridos en la vía acuática. Este cuadro se debe usar como referencia para comparar la capacidad de los equipos de dragado del Canal cuando sea necesario realizar obras de dragado en la entrada del Pacífico.
- Sin embargo, las dragas podrían trabajar durante períodos de nivel medio del mar y marea baja. Como parte de los trabajos de dragado para la entrada del Pacífico a 15.5 m MLWS, se estima que la draga de cucharón RMC<sup>9</sup> podría realizar el dragado casi el 40% del tiempo durante el nivel medio del mar y la marea baja; y la barcaza de perforación THOR podría realizar, si sus puntales tienen el alcance, un 85% ó 95% si su escalera lo permite,.
- La draga de cucharón RMC no podría operar adecuadamente en los trabajos del cauce de navegación de la entrada del Pacífico para obtener 15.5 m MLWS. La draga de corte succión MINDI podría realizar el trabajo de dragado requerido si su capacidad para remover el material del fondo del cauce en esta entrada es efectiva; de otra forma, se requerirá de otros equipos de dragado.

**ALCANCE SUBACUÁTICO DE DRAGAS DE ACP EN metros PARA LA PROFUNDIZACIÓN DE LA ENTRADA DEL PACÍFICO A 15.5 m MLWS**  
Cifras en metros

ALCANCE	Marea alta	Nivel medio del mar	Nivel medio de mareas bajas
<b>Requerido para calado de 13.7 m</b>	<b>19.43</b>	<b>16.13</b>	<b>13.51</b>
Draga de cucharón CHRISTENSEN	18.29	18.29	18.29
<b>Puntales de la CHRISTENSEN</b>			
Draga de corte succión MINDI	21.94	21.94	21.94
<b>Puntales de la MINDI</b>	<b>25.30</b>	<b>25.30</b>	<b>25.30</b>
Barcaza de P&V THOR	22.86	22.86	22.86
<b>Puntales de barcaza de P&amp;V THOR</b>	<b>17.68</b>	<b>17.68</b>	<b>17.68</b>
Nueva barcaza de P&V	25.91	25.91	25.91
<b>Puntales de nueva barcaza de P&amp;V</b>	<b>24.38</b>	<b>24.38</b>	<b>24.38</b>

Notas: Las cifras en rojo indican que el equipo no cumple con los requerimientos de capacidad.

**Cuadro No.10. Capacidad de alcance requerido para las dragas en la entrada del Pacífico**

<sup>9</sup> RMC es la abreviatura de la draga de cucharón Rialto M. Christensen, propiedad de la ACP.



## 6.4 Sitios de depósito

- Los sitios de depósito representan el aspecto más crítico en el manejo del material de excavación seco y húmedo debido a las implicaciones ambientales, el número limitado de sitios disponibles, su capacidad limitada, la distancia y los costos de acarreo, y las grandes cantidades de material de excavación y dragado.
- A través de los consultores externos Moffatt & Nichol (M&N) y Louis Berger Group (LBG), el Canal evaluó varias opciones para la disposición de material de excavación y dragado de los trabajos de construcción del canal Pospanamax. Dichos estudios se terminaron entre mayo y agosto del 2004, y están disponibles en el Departamento de Ingeniería y Proyectos, y el Departamento de Seguridad, Administración del Medio Ambiente y Protección del Canal de la ACP.<sup>10</sup>
- A través de su División de Proyectos de Capacidad del Canal y la División de Administración Ambiental, el Canal preparó informes técnicos y ambientales<sup>11</sup> que proponen diversas opciones factibles desde el punto de vista técnico y ambiental para acomodar el material resultante de la excavación y dragado del canal Pospanamax. Para más detalles o la descripción de las opciones de disposición propuestas, refiérase a estos informes. El Apéndice No.9 incluye gráficas que muestran la ubicación de los sitios de depósito propuestos.
- A continuación se presenta un cuadro que muestra las recomendaciones del Canal para los sitios de depósito de material de dragado y excavación como parte del programa de ampliación del Canal para acomodar a los buques Pospanamax:

---

<sup>10</sup> Moffatt & Nichol Engineers, Louis Berger Group, Golder Associates, “Pacific Side Excavation & Dredging Material Disposal Alternatives Evaluation” (Evaluación de las Alternativas de Disposición de Material de Excavación y Dragado en el Sector Pacífico), Informe Final, 3 Volúmenes, marzo del 2004.

Moffatt & Nichol Engineers, Louis Berger Group, Golder Associates, “Feasibility Study for Artificial Island Development at the Pacific Entrance of the Panama Canal” (Estudio de Factibilidad del Desarrollo de una Isla Artificial en la Entrada del Pacífico del Canal de Panamá), Informe Final, 4 Volúmenes, mayo del 2004.

Louis Berger Group, “Environmental Evaluation of Options for the Construction of New Locks and Deepening of the Atlantic and Pacific Entrance to the Panama Canal” (Evaluación Ambiental de las Opciones de la Construcción de Nuevas Esclusas y la Profundización de las Entradas del Atlántico y el Pacífico, en el Canal de Panamá), agosto del 2004.

<sup>11</sup> Autoridad del Canal de Panamá, Departamento de Ingeniería y Proyectos, “Technical Analysis on Disposal Sites for Proposed Panama Canal Post Panamax Navigation and New Locks Construction Work” (Análisis Técnico de los Sitios de Depósito para los Trabajos de Construcción para la Navegación Pospanamax y Nuevas Esclusas Propuestas para el Canal de Panamá), Versión (última), agosto del 2004. Autoridad del Canal de Panamá, Departamento de Seguridad, Administración Ambiental y Protección de Canal, División de Administración Ambiental, “Environmental Evaluation of Disposal Sites for Proposed Panama Canal Post Panamax Navigation and New Locks Construction Work” (Evaluación Ambiental de los Sitios de Depósito para los Trabajos de Construcción para la Navegación Pospanamax y Nuevas Esclusas Propuestas para el Canal de Panamá) Versión (última), septiembre del 2004.



**SITIOS DE DEPÓSITO PROPUESTOS PARA LOS TRABAJOS DE DRAGADO Y EXCAVACIÓN DEL CAUCEN DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX - Escenario: Lago Gatún a 9.14 m PLD**

Áreas	Dragado (M m <sup>3</sup> )	Excavación (M m <sup>3</sup> )	Sitio propuesto para depósito de material dragado		Sitio propuesto para depósito de material excavado	
			Área	Capacidad (banco M m3)	Área	Capacidad (banco M m3)
1	Cauce de navegación de la entrada del Atlántico <sup>1</sup>	6.95	Rompeolas del Noroeste	6.31	N/A	
2	Cauce de Aproximación Norte Nuevas Esclusas del Atlántico	6.55	Sherman	7.69	Isla Represa, sitio de depósito	24.62
3	Tapón Norte de las nuevas esclusas del Atlántico	0.61	Sherman	7.69	Isla Represa, sitio de depósito	24.62
4	Tapón Sur de las nuevas esclusas del Atlántico 10.4 m PLD	0.79	Isla Represa, sitio de depósito	24.62	Isla Represa, sitio de depósito	24.62
5	Ensanche del lago Gatún Lake a 280m y 366 m a 9.14 m PLD	16.03	Lago Gatún		N/A	
6	Corte Culebra 218 m a 9.14 m PLD	6.03	Frijoles	8.46	Sitio E2 Sitio T2 Sitio T3 Sitio T5	16.69 18.33 13.15 3.25
7	Cauce de Aproximación Norte Nuevas Esclusas del Pacífico, al norte del Tapón del Corte Culebra, 10.4 m PLD	2.82	Frijoles	8.46	Sitio UXO	59.26
8	Corte Culebra o tapón del norte	0.39	Frijoles	8.46	Sitio UXO	59.26
9	Tapón intermedio de las nuevas esclusas del Pacífico	0.30	Frijoles	8.46	N/A	
10	Tapón sur de las nuevas esclusas del Pacífico	0.63	Velasquez Farfan	1.76 2.82	Sitio UXO	59.26
11	Cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Pacífico	2.51	Tortolita Tortolita Sur	5.84 7.35	Sitio UXO	59.26
12	Cauce de navegación de la entrada del Pacífico	6.51	Tortolita Sur	7.35	N/A	
<b>TOTAL</b>		<b>50.12</b>	<b>11.44</b>	<b>64.85</b>	<b>135.29</b>	

Notas: 1. El sitio de depósito del rompeolas del noroeste podría ser ampliado para poder recibir todo el material del ensanche y la profundización de la entrada del Atlántico a 225 m y 15.5 m MLW.

**Cuadro No.11. Opciones de sitios propuestos para depósito de materiales del cauce de navegación Pospanamax y nuevos cauces de aproximación en el escenario del lago Gatún a 9.14 m PLD**



## 7 EQUIPOS PROPUESTOS PARA LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURAS DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX

### 7.1 Efectividad de las dragas en aguas del Canal según las condiciones geológicas

- Existen varios tipos de dragas tales como las retroexcavadoras, las de corte succión, dragas tolvas, dragas de cucharón de almejas, dragas mecánicas de cucharón o dragas de líneas, dragas de succión de ruedas y otras. Sin embargo, sólo ciertas dragas, incluyendo las dragas de cucharón, las de corte succión y las dragas tolvas han demostrado trabajar de manera eficaz en aguas del Canal.
- El siguiente cuadro muestra la efectividad de los diferentes tipos de dragas para cada tipo de material. Las filas resaltadas incluyen a aquellas dragas recomendadas para realizar el dragado del cauce de navegación del Canal. El Apéndice No.10 incluye fotos de las dragas propuestas para el programa de ampliación del cauce de navegación del Canal.

**Efectividad de las dragas para diferentes tipos de material**

Draga	Prof. en metros	Sedimento y arena	Grava	Arcilla y lodo	Roca suave <15 mpa	Roca mediana 15-50 mpa	Roca dura +50 mpa
Draga tolva mediana (5-10k m <sup>3</sup> )	60	●	+	-			
DCS - mediana(cortadora de 1 a 2k kW)	20	+/-	+/-	+/-	-		
DCS cortadora de roca med (2 a 3k kW)	25	+	●	●	+	+/-	
DCS cortadora de roca med (3 a +5k kW)	30	+	●	●	●	+	
Draga retroexcavadora	18		-	-	-		
Draga de cucharón y P&V	18		-	-	+	+/-	+/-
Draga de cucharón y P&V(ent. Pac.)	20+		-	-	+	+/-	-

Efectividad (producción y costo):

Muy buena	●
Buena	+
Moderada	+/-
Baja	-

**Cuadro No.12. Dragas recomendadas para los diferentes tipos de material**

### 7.2 Cauce de navegación de la entrada del Atlántico

#### 7.2.1 Dragado

- Las dragas de corte succión como la MINDI han sido utilizadas con anterioridad para dragar el cauce de navegación de la entrada del Atlántico. En el pasado se ha requerido realizar perforaciones y voladura en muy pocas ocasiones, y se espera que no será necesario para la profundización y ensanche del cauce Pospanamax en



la entrada del Atlántico. El siguiente cuadro muestra un resumen de la productividad de la MINDI en esa área.

**PRODUCCIÓN DE LA DCS "MINDI" DE LA ACP EN ENTRADA DEL ATLÁNTICO DE OCT. '94 A FEB. '96**

Bordada de entrada del Atlántico	Producción	Metros cúbicos de banco x hora	Metros cúbicos de banco x día	Metros cúbicos de banco x semana
	Menor		408	5,100
Promedio		868	10,850	<b>75,950</b>
Mayor		1,523	19,038	133,263
Bordada de aprox. de Gatún	Menor	426	5,325	37,275
	Promedio	780	9,750	<b>68,250</b>
	Mayor	1,288	16,100	112,700

**Cuadro No.13. Resumen de la producción de dragado de la draga de corte succión MINDI en el cauce de navegación de la entrada del Atlántico.**

- La compañía Jan der contratada para el dragado del ensanche terminado recientemente en la entrada del Atlántico a 198 m y profundización a 14.2 MLW tuvo la siguiente productividad:

**PRODUCTIVIDAD DE JAN DER NUL EN ENSANCHE DE ENTRADA DEL ATLÁNTICO A 198 m Y 14.2 m MLW (Oct 2004 a abril 2005)**

Draga	Estación - 1K+036 a 10K+250 (m <sup>3</sup> por día)	Estación 10K+250 a 10K+750 (m <sup>3</sup> por día)	Promedio (m <sup>3</sup> por día)	Promedio (m <sup>3</sup> per wk)
Draga tolva FRANCESCO DE GIORGIO	14,389	17,307	14,513	<b>101,590</b>
Draga de corte succión JFJ	24,802		24,802	<b>173,614</b>

**Cuadro No.14. Resumen de la producción de las dragas en el dragado del cauce de navegación de la entrada del Atlántico.**

- La expansión de la entrada del Atlántico sólo involucra la bordada de entrada del Atlántico; o sea, el área norte de la estación 7K+000, donde la productividad de la MINDI o de una DCS similar estaría cerca de los 76,000 metros cúbicos de banco por semana. Sin embargo, una draga cortadora de roca de tamaño mediano con una cortadora de 2,000 a 3,000-Kw. podría dragar hasta 103,000 metros cúbicos del banco por semana, con un 35% adicional de productividad comparado con una draga de corte succión regular como la MINDI, con una cortadora de 671-Kw. Si una draga de corte succión con una cortadora de 6,000 Kw. como la draga JFJ de



Jan der Nul, fuera asignada a dragar la entrada del Atlántico, entonces se llegaría a la productividad de 170,000 metros cúbicos de banco en esta área.

- Como la mayor parte del material hallado en el fondo del cauce de la entrada del Atlántico está formado por sedimento, la ACP propone utilizar una draga tolva para ensanchar y profundizar este cauce con una productividad estimada de 110,500 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-7D<sup>12</sup>. Esta sería suficiente para realizar el dragado de la entrada del Atlántico a un precio competitivo. Sin embargo, dependiendo de lo atractivo del precio que se ofrezca, la ACP también podría contratar una draga de corte succión similar a la JFJ con una producción más alta.

### 7.3 Cauces de aproximación del norte y del sur de las nuevas esclusas del Atlántico

#### 7.3.1 Excavación

- La ACP propone el uso de equipo de excavación terrestre convencional, como excavadoras y camiones, para realizar los trabajos de excavación requeridos en los cauces de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico. La producción estimada es de casi 34,600 metros cúbicos de banco por semana o un promedio de 150,000 metros cúbicos de banco por mes, lo cual podría aumentar durante la estación seca y disminuir durante la estación lluviosa.
- El horario de trabajo dependería de los recursos del contratista externo y la fecha de culminación requerida por la ACP.
- Dicha tasa de productividad se basa en la experiencia del Canal en el Programa de Ensanche del Corte Culebra a 192 m (630 pies) realizado por contratistas externos.

#### 7.3.2 Dragado

- Se propone utilizar una draga de corte succión mediana con una cortadora de roca de 2,000 a 3,000-Kw. para dragar la formación Gatún y la lama del Atlántico que se encuentran en el cauce de aproximación de las nuevas esclusas del Atlántico y alcanzar una productividad estimada de 60,000 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-7D.
- A la fecha, el Canal planea adquirir una nueva draga de corte succión con una cabeza cortadora de 2,100 Kw. para reemplazar a la MINDI, construida en 1943 y con 61 años de servicio. Esta nueva draga cortadora de roca podría tener un aumento de 35% de productividad con respecto a la MINDI y estaría capacitada

---

<sup>12</sup> 3T-7D significa tres turnos de 8-horas cada uno, 7 días a la semana.



para dragar el cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas del Atlántico.

- Se reportó que la productividad de la MINDI podría ser tan baja como 30,000 metros cúbicos de banco por semana en áreas con formación Gatún con RH-2 a RH-3. La cortadora de la MINDI, de 671 Kw., puede remover la lama del Atlántico, pero no cuenta con capacidad para dragar de manera efectiva la dureza de la formación Gatún. Sin embargo, la DCS MINDI podría utilizarse como reemplazo de la draga de corte succión nueva.
- El equipo de apoyo requerido para la draga de corte succión incluye tuberías, pontones, una barcaza de ancla, una barcaza sumergible y un bote de trabajo para descarga subacuática; y tractores y tuberías para descargar material en tierra.

## 7.4 Cauce de navegación del lago Gatún

### 7.4.1 Perforación y voladura subacuática

- La ACP propone el uso de las barcasas de perforación THOR o BARÚ<sup>13</sup> para realizar las operaciones de perforación y voladura subacuática. La BARÚ es la nueva barcaza de perforación de la ACP, que tendría capacidad para perforar 16 pozos sin necesidad de moverse, para una eficiencia adicional del 25% en comparación con la THOR.
- Como parte del programa de profundización del lago a 10.4 m PLD, la productividad resultante entre abril y junio del 2004 en el lago Gatún fue de 19,400 metros cúbicos de banco por semana, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

#### PRODUCTIVIDAD DE LA PERFORADORA THOR EN EL LAGO GATÚN

Área	Fechas	Abr-04 22-29 abr	May-04 03-17 May	Jun-04 08 Jun
MAMEI	Días	3	7	1
	Volumen (m <sup>3</sup> )	17,832	20,156	580
SAN PABLO	Fechas		19-30 May	01-04 Jun
	Días		6	4
	Volumen (m <sup>3</sup> )		15,051	4,649
<b>Productividad promedio diaria =</b>		<b>2,775 m<sup>3</sup></b>		
<b>Productividad promedio semanal =</b>		<b>19,423 m<sup>3</sup></b>		

Cuadro No.15. Producción de la perforadora THOR en el lago Gatún en el programa de profundización a 10.4 m PLD

<sup>13</sup> A la fecha, la barcaza de perforación BARÚ está en construcción en la División Industrial de la ACP y debe estar lista para enero del 2005.



- Los 19,400 metros cúbicos de banco producidos por la THOR semanalmente se utilizaron para planificar los trabajos de profundización y ensanche en el lago Gatún bajo un horario completo de 3T-7D. Con un aumento del 25% de la productividad, el desempeño de la BARÚ debe ser de 24,250 metros cúbicos de banco por semana en el lago Gatún.
- El equipo de apoyo requerido para las barcasas de perforación incluye botes de trabajo y botes especiales para transportar los explosivos.

#### 7.4.2 Dragado

- La ACP propone el uso de una draga cortadora mediana para ensanchar y profundizar la mayoría de los cauces de navegación en el lago Gatún. Se estima que una de estas dragas, trabajando en horario completo de 3T-7D en el lago Gatún, con una cabeza cortadora de 2,100 Kw., podría dragar 67,500, (35% más que la MINDI) y 37,500 metros cúbicos de banco por semana en grava y material mediano a duro, respectivamente.
- Como la draga cortadora mediana podría no estar disponible durante los primeros años del programa de ampliación del Canal, se presume que la draga de corte succión MINDI dragaría el lago Gatún durante este período a un promedio de 50,000 metros cúbicos de banco por semana.
- La MINDI ha dragado el lago Gatún de manera efectiva, excluyendo la bordada Gamboa, con una productividad promedio de 50,000 metros cúbicos de banco por semana. El cuadro que se presenta a continuación resume de manera breve la productividad de la MINDI en esa área.

#### PRODUCTIVIDAD DE LA DCS MINDI EN METROS CÚBICOS DE BANCO SEMANALES EN EL LAGO GATÚN

Área \ Año	1984	1980 & 1984	1980 a 1984	1983	2001 a 2002	2003 a 2004	2005
Peña Blanca	38,669						
Bohío	36,910						
Buena Vista	29,616						43,460
Tabernilla	49,470						57,850
San Pablo		30,839				63,000	
Mamei Curve			33,890			40,100	
Juan Grande						48,100	
Gamboa				29,161	31,600		
<b>Promedio de 1980 a 1984</b>						<b>35,508</b>	
<b>Promedio de 1980 a 1985 excluyendo Gamboa</b>						<b>36,566</b>	
<b>Promedio del 2003 al 2005 - Profundización a 10.4 m PLD</b>						<b>50,502</b>	

Cuadro No.16. Productividad de la MINDI en el lago Gatún



- El equipo de apoyo requerido para la draga de corte succión incluye tuberías, pontones, una barcaza de anclaje, una barcaza sumergible y un bote de trabajo para descarga subacuática; y tractores y tuberías para descargar material en tierra.

## 7.5 Cauce de navegación del Corte Culebra

### 7.5.1 Excavación

- La ACP propone el uso de equipo convencional de excavación de tierra, tal como excavadoras y camiones, para realizar las excavaciones requeridas en el Corte Culebra con una producción semanal promedio de 34,600 metros cúbicos de banco por semana, o un promedio de 150,000 metros cúbicos de banco al mes. Esta tasa de desempeño se basa en la experiencia del Canal en el Programa de Ensanche del Corte Culebra (PECC)<sup>14</sup> a 192 m (630 pies) realizado por contratistas externos.
- Estas cifras de productividad podrían aumentar durante la estación seca y disminuir durante la estación lluviosa. El establecimiento del horario de trabajo dependerá de los recursos del contratista externo y de la fecha de culminación requerida por la ACP.

### 7.5.2 Perforación y voladura subacuática

- La ACP propone el uso de las barcasas perforadoras THOR y BARÚ para realizar las operaciones de perforación y voladura subacuática.
- La productividad de la THOR para la profundización del Corte Culebra a 9.14 m PLD debería ser de alrededor de 23,500 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-7D basado en el actual programa de profundización del lago Gatún a 10.4 m PLD, tal como se muestra en el Cuadro No.18. La productividad de la barcaza de perforación BARÚ deberá tener un margen más alto (25%) que la THOR, estimado en 29,500 metros cúbicos de banco por semana.
- La barcaza de perforación THOR a menudo utiliza un patrón promedio de 30.5 m x 15.8 m (100 pies x 52 pies) para realizar las perforaciones. Cada patrón tendría 3.8 m (12.5 pies) de espaciamiento y 4 m (13pies) de bordo, lo que resulta en 4 líneas con 8 pozos cada una, los que da un total de 32 pozos. Cada pozo tiene 6.5” de diámetro. El tamaño del patrón puede cambiar para cumplir con las necesidades de dragado y las condiciones geológicas del fondo del cauce. Por ejemplo, el espaciamiento y bordo del patrón deben ser más pequeños para el material duro.

---

<sup>14</sup> La ACP realizó el Programa de Ensanche del Corte Culebra a 192 m (630 pies) entre 1992 y el 2001.



**PRODUCTIVIDAD DE LA PERFORADORA THOR EN METROS CÚBICOS DE BANCO POR SEMANA EN EL CORTE GAILLARD PARA EL PROGRAMA DE PROFUNDIZACIÓN A 10.4 m PLD**

Área \ Año	AF 2003	AF 2004	AF 2005	PROMEDIO
Bas Obispo		29,329	25,700	27,515
Cascadas				
Emperador		33,053	15,795	24,424
Cunette				
Culebra	26,093	23,760	19,079	22,978
Cucaracha	30,651	4,963	13,105	16,240
Paraíso	31,674	18,022		24,848
Pedro Miguel				
<b>PROMEDIO</b>	<b>29,473</b>	<b>21,826</b>	<b>18,420</b>	<b>23,239</b>

Cuadro No.17. Productividad de la barcaza de perforación THOR en el Corte para la profundización a 10.4 m PLD

### 7.5.3 Dragado

- Aproximadamente un 50% de la dureza del material en el subfondo del Corte Culebra llega hasta RH3 y el 50% restante está por encima de RH3. Por ende, se propone utilizar una draga de corte succión con cabeza cortadora de 2,000 a 3,000 Kw. para dragar el material con dureza menor que RH3, sin necesidad de perforación ni voladura; luego se continuaría con la draga de cucharón RMC de la ACP para dragar el resto del material después de las operaciones de perforación y voladura.
- La productividad de dragado durante el Programa de Ensanche del Corte Culebra de enero de 1994 a junio del 2001 fue de unos 32,167 metros cúbicos por semana en promedio para una distancia máxima de acarreo de 20 km en el caso de la RMC y una distancia de 3 km de bombeo para la MINDI.
- Para los programas actuales de enderezamiento y profundización a 10.4 m (34 pies) PLD, el desempeño de la RMC es de 31,260 metros cúbicos por semana y 25,240 metros cúbicos de banco por semana, respectivamente. A continuación presentamos un cuadro que resume el desempeño de la RMC en los actuales programas de dragado en el Corte Culebra.



DESEMPEÑO DE LA DRAGA RMC EN EL CORTE GAILLARD (m <sup>3</sup> por semana)		
ÁREA	Profundización a 10.4 m PLD	Programa de enderezam.
Gamboa		32,703
Chagres X	35,514	
Bas Obispo	25,048	29,833
Cunette (dragado de mantenimiento)	32,469	
Emperador	21,986	
Cucaracha y nueva estación de amarre	11,542	
Cucaracha	26,692	
Culebra		
Paraíso	23,444	
<b>PROMEDIO</b>	<b>25,242</b>	<b>31,268</b>

Cuadro No.18. Producción de la draga de cucharón en el Programa de Profundización del Corte Culebra a 10.4 m PLD, y Enderezamiento en el 2004

- Con base en el desempeño de la draga de cucharón RMC en los programas actuales de dragado, para el programa de ampliación del Canal se espera una producción de 28,000 metros cúbicos por semana bajo un horario completo de 3T-7D.
- En el programa de profundización del Corte Culebra a 10.4 m PLD, el desempeño de la draga de corte succión se ha mantenido cerca de 34,700 m<sup>3</sup> por semana, como se muestra en el siguiente cuadro:



**PRODUCTIVIDAD DE LA DCS MINDI EN m<sup>3</sup> x semana EN EL CORTE GAILLARD**

Área	Año	2001 a 2002	2004	2005
Gamboa		31,580		
Bas Obispo				
Cascadas			21,650	
Cunnete			20,280	
Emperador			28,545	
Cucaracha			43,587	
Culebra			61,137	
Paraíso			36,057	
<b>Promedio</b>			<b>34,691</b>	

**Cuadro No.19. Desempeño de la draga de corte succión MINDI en el actual programa de profundización del Corte Culebra a 10.4 m PLD**

- La ACP propone el uso de una draga de corte succión con cortadora de 2,000 a 3,000 Kw. para remover todo el material con dureza por debajo de RH3 para la profundización del Corte Culebra a 9.14 m PLD. Presumiendo que no habría necesidad de perforación ni voladura, su productividad estaría alrededor de los 37,500 metros cúbicos por semana bajo un horario completo de 3T-7D.
- Para asistir a la draga de cucharón y a la draga de corte succión, y transferir el material dragado a los sitios subacuáticos designados para la disposición de materiales en el caso de la draga de cucharón, se requeriría equipo de apoyo como remolcadores, botes de trabajo, barcasas de desecho, lanchas de hidrografía y botes de pasajeros sería requeridos.
- Como algunos de los sitios de depósito disponibles a lo largo de las riberas del Corte Culebra están ubicados en áreas ubicadas a más de 2.5 kilómetros de las operaciones de la draga de corte succión, se requerirá de una bomba elevadora de presión para asistir a la draga en la descarga de material en tierra, salvo que se utilicen barcasas de desecho para transferir el material dragado a los sitios designados de disposición de materiales en el lago Gatún.

**7.6 Cauce de aproximación del norte de las nuevas esclusas en el Pacífico**

- Como se mencionó antes, este informe cubre los trabajos requeridos para el cauce de aproximación del norte del Corte Culebra (aproximadamente 1 km), el tapón norte y el tapón intermedio. El trabajo en el cauce norte, ubicado entre el tapón del Corte Culebra y el tapón intermedio, se incluye en un informe por separado sobre la construcción de las nuevas esclusas Pospanamax.



### 7.6.1 Excavación

- La ACP propone el uso de equipo convencional de excavación terrestre, como excavadoras y camiones, para realizar las excavaciones necesarias en el cauce norte de las nuevas esclusas en el Pacífico con una producción semanal promedio de 34,600 metros cúbicos de banco, ó 150,000 metros cúbicos de banco promedio por mes. Esta tasa de productividad se basa en la experiencia del Canal en el PECC a 192 m (630 pies) realizado por contratistas externos.
- Esta productividad podría aumentar durante la estación seca y disminuir durante la estación lluviosa, y el establecimiento del horario de trabajo dependería de los recursos del contratista externo y de la fecha de culminación establecida por la ACP.

### 7.6.2 Perforación y Voladura terrestre

- La ACP propone el uso de equipo terrestre de perforación y voladura disponible en el Canal, incluyendo, entre otros, perforadoras rotativas y percusivas. Con base en experiencia previa en el Canal, la tasa aproximada de productividad para el equipo terrestre de perforación y voladura es de 54,000 metros cúbicos de banco por semana, bajo un horario de 2 turnos diarios, 5 días por semana.

### 7.6.3 Dragado desde tierra firme

- Se requerirán operaciones de dragado desde tierra firme para remover capa superficial de tierra que constituye el 20% del total del material por dragar, en el acceso norte de las nuevas esclusas del Pacífico al norte del tapón del Corte Culebra. La remoción de esta capa de tierra permitirá a una draga retroexcavadora remover de manera eficiente cerca del 50% del material de dragado.
- Se estima que una excavadora alcanzaría una producción de 25,000 metros cúbicos por semana.

### 7.6.4 Perforación y voladora subacuática

- La ACP propone el uso de la nueva barcaza de perforación BARÚ para realizar las operaciones de perforación y voladura subacuática. La productividad de la BARÚ en el nuevo cauce de acceso norte del Pacífico sería de casi 30,000 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-7D, lo que representa un aumento del 30% con respecto a la producción de la THOR en el Corte Culebra.

### 7.6.5 Dragado

- La operación de dragado se realizaría en tres fases:



- La primera fase consistiría en el uso de equipo terrestre de dragado para excavar el 20% del material, como se explica en la sección 7.6.3.
- La segunda fase consistiría en el uso de una draga retroexcavadora para remover 50% del material de dragado con una tasa de productividad de 20,000 metros cúbicos por semana, en un horario de 3T-6D<sup>15</sup>.
- La draga de cucharón RMC, con mayor alcance que la draga retroexcavadora, removería el 30% restante del material de dragado a una tasa de productividad de 28,000 metros cúbicos por semana.

## 7.7 Cauce de aproximación sur de las nuevas esclusas del Pacífico

### 7.7.1 Perforación y voladura

- Para el tapón sur, la ACP propone el uso de equipo terrestre de perforación y voladura disponible en el Canal, como perforadoras rotativas y percusivas, durante la marea baja. La productividad estimada del equipo terrestre de perforación y voladura es baja – 30,000 metros cúbicos de banco por semana – debido a la variación en las mareas en la entrada del Pacífico.
- Para el cauce de aproximación sur, la ACP propone utilizar equipo terrestre de perforación y voladura disponible en el Canal, como perforadoras rotativas y percusivas montadas sobre barcazas. La tasa promedio de productividad para este equipo semi-acuático podría estar entre los 20,000 metros cúbicos de banco por semana.
- El tapón sur, y especialmente el cauce de aproximación sur, está sujeto a las variaciones en las mareas de la entrada del Pacífico.

### 7.7.2 Dragado

- Para el tapón sur, la ACP propone el uso de una draga retroexcavadora a una tasa de 20,000 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-6D. La draga retroexcavadora removería la mayor parte del basalto previamente volado.
- Para remover la formación La Boca del cauce de aproximación sur sin necesidad de perforación ni voladura previa, la ACP propone el uso de una draga cortadora mediana, a una tasa de 37,500 metros cúbicos por semana y bajo un horario completo de 3T-7D. Para el basalto, la ACP utilizaría la misma draga retroexcavadora hidráulica del tapón sur, con una productividad de 20,000 metros cúbicos de banco por semana y en un horario de 3T-6D. El basalto sería volado antes de removerlo con la draga retroexcavadora.

---

<sup>15</sup> 3 turnos de 8 horas 6 días por semana



## 7.8 Cauce de navegación de la entrada del Pacífico

### 7.8.1 Perforación y voldadura subacuática

- La ACP propone el uso de la nueva barcaza de perforación BARÚ para perforar y volar un 30% del cauce de navegación de la entrada del Pacífico. La productividad de la BARÚ en la entrada del Pacífico se estima en unos 30,000 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-7D, lo que representa un aumento del 30% en la productividad sobre la de la THOR, en el Corte Culebra.

### 7.8.2 Dragado

- El desempeño de la draga de cucharón RMC en la entrada del Pacífico fue de unos 16,500 metros cúbicos por semana de material duro, mientras que la draga de corte succión MINDI dragó material suave a razón de 69,000 metros cúbicos promedio por semana. A continuación presentamos un cuadro que resume el desempeño de las dragas de la ACP en la entrada del Pacífico:

#### DESEMPEÑO DE LAS DRAGAS DE LA ACP EN EL CAUCE DE NAVEGACIÓN EN LA ENTRADA DEL PACÍFICO

DRAGA	Producción (m <sup>3</sup> x semana)		
	Menor	Promedio	Mayor
Draga de cucharón RMC de 1989 a 1994 y 1998	3,600	16,500	23,700
Draga de corte succión MINDI en 1991 y 1994	27,000	69,000	210,200

Cuadro No.20. Desempeño de las dragas de la ACP en la entrada del Pacífico.

- Para el programa de ampliación del Canal, las dragas de la ACP trabajarían principalmente en aguas internas del Canal, mientras que se contratarían servicios externos para realizar las actividades de dragado en mar abierto. El contratista Boskalis trabaja actualmente en el programa de profundización de la entrada del Pacífico a 14.2 m MLWS desde enero del 2005, utilizando una draga tolva para remover el material suave, y una barcaza de perforación y una draga retroexcavadora para el material más duro. Se espera haber terminado con esta profundización en junio del 2006. A continuación presentamos un cuadro que muestra la producción de la draga tolva de Boskalis en la entrada del Pacífico:



**PRODUCTIVIDAD DE LA DRAGA TOLVA "BARENT ZANEN" DE BOSKALIS EN EL PROYECTO DE PROFUNDIZACIÓN DE LA ENTRADA DEL PACÍFICO A 14.2 M**

Volumen de dragado	Ene a Feb 2005	Jun-05	Promedio
<b>M3 por semana</b>	180,320	141,050	160,685
<b>M3 por día</b>	25,760	20,150	22,955
<b>M3 por hora</b>	1,170	972	1,071

**Cuadro No.21. Desempeño del equipo de dragado del contratista en la profundización de la entrada del Pacífico**

- Aunque la draga tolva demostró ser efectiva en la entrada del Pacífico, se prevé que se encontrará más material de mediano a duro a mayor profundidad. Por ende, la ACP propone el uso de una draga cortadora mediana para dragar el material suave y el material de mediano a duro a una tasa de 60,000 y 37,500 metros cúbicos de banco por semana, respectivamente, bajo un horario completo de 3T-7D. No se requerirá perforación ni voladura para el material suave ni para el mediano a duro. Una draga con una cabeza cortadora de 2,000 a 3,000 Kw. podría dragar el material de mediano a duro sin necesidad de perforación ni voladura previa.
- En cuanto al material muy duro, la ACP utilizaría una draga retroexcavadora hidráulica a una tasa de 20,000 metros cúbicos de banco por semana bajo un horario completo de 3T-6D. Se requeriría perforación y voladura previas para el desempeño efectivo de la draga retroexcavadora.

### **7.9 Equipo de apoyo**

- Los cauces de navegación del Canal representan enormes retos debido a sus complejas condiciones geológicas y sus restricciones de tráfico, especialmente en el Corte Culebra; por ende, no todas las dragas pueden trabajar en el cauce de navegación del Canal. Estos factores restringen el número de dragas en el mercado que pudieran estar disponibles para realizar los trabajos de dragado en el cauce de navegación del Canal Pospanamax.
- La draga de corte succión de la ACP se podría mantener como draga alterna para la draga de corte succión principal, especialmente en el lago Gatún. Infortunadamente, debido a su capacidad limitada para dragar material de mediano a duro, la MINDI no podría asistir a la draga de cucharón RMC, a la draga retroexcavadora hidráulica ni a la draga de corte succión en el área del Pacífico.



- El uso de la MINDI como alterna disminuiría de alto a bajo (de 6 a 3 meses de demora) el impacto del equipo en los trabajos de dragado del Canal Pospanamax.
- Contrario a las dragas y las perforadoras flotantes, se prevé que la disponibilidad del equipo terrestre no tendrá mayor impacto en los trabajos del Canal Pospanamax pues existe una amplia oferta en el mercado.
- El cuadro que se presenta a continuación muestra las opciones de equipos para los diferentes trabajos de dragado:

**IMPACTO DE LOS EQUIPOS SOBRE LOS TRABAJOS DEL CANAL POSPANAMAX**

Equipo	Impacto sobre el programa de dragado	Solución alterna
Draga tolva mediana (5-10k m <sup>3</sup> )	Bajo	Fácil adquisición; amplia disponibilidad en el mercado
Draga cortadora de roca (cortadora de 2 a 3k kW)	Alto	DCS MINDI podría servir como alterna
Draga de tierra	Moderado	Adquisición de otra draga retroexcavadora o mecánica
Draga de cucharón RMC	Alto	Adquisición de draga retroexcavadora o de tierra
Draga retroexcavadora hidráulica	Moderado	Otra draga retroexcavadora
Perforadoras flotantes	Moderado	Dos perforadoras flotantes disponibles en la ACP
P&V en aguas poco profundas(<3m)	Moderado	Diseño de metodología pendiente
Perforación y voladura desde tierra	Moderado	Varias unidades disponibles en ACP

Cuadro No.22 Impacto de los equipos sobre los trabajos del cauce de navegación Pospanamax y posibles soluciones.

**7.10 Resumen de equipos propuestos para los trabajos en el cauce Pospanamax**

- A continuación presentamos un cuadro con los equipos propuestos para realizar los trabajos de mejoras en los cauces actuales de navegación del Canal y la construcción de los cauces de aproximación de las nuevas esclusas:



**ESTIMADO DE PRODUCTIVIDAD PROPUESTO PARA EQUIPOS X TIPO DE MATERIAL**

Equipo de excavación, dragado y perforación y voladura	Sedimento, arcilla, lodo y arena	Grava y arcilla	Roca suave < 15 Mpa	Roca medio dura 15 a 50 Mpa	Roca dura > 50 Mpa
Equipo terrestre convencional				34,600	
Equipo terrestre de perforación y voladura				54,000	
Perforadora flotante THOR				19,400 to 23,500	
Perforadora flotante BARÚ				24,250 to 30,000	
Excavadora hidráulica terrestre				25,000	
Perforación y voladura en aguas poco profundas < 3 m				20,000	
Draga tolva	110,500				
Draga de corte succión (1 a 2K KW)			50,000		
Draga de corte succión (2 a 3K KW)		67,500	60,000	37,500	
Draga de cucharón RMC				28,000 to 30,000	
Draga retroexcavadora hidráulica					20,000

Notas:

1. Además de las condiciones geológicas, factores como las condiciones de trabajo y la profundización requerida del cauce afectan la productividad del equipo

**Cuadro No.23 Equipo propuesto para los trabajos en el cauce de navegación Pospanamax según la condición geológica y efectividad de los equipos**

## 8 ESTIMADOS DE LOS VOLÚMENES DE PERFORACIÓN, Y VOLADURA Y DRAGADO SEGÚN EL TIPO DE EQUIPO

### 8.1 Volumen de excavación seca

- Como se muestra en el Cuadro No.5, la cantidad de material de excavación para el programa de ampliación del Canal es de 11.44 millones de metros cúbicos. La excavación seca del cauce Pospanamax se realizaría con equipo convencional terrestre de excavación.

### 8.2 Estimado del volumen de perforación y voladura según el tipo de equipo

- El siguiente cuadro muestra los volúmenes de perforación y voladura seca y subacuática según los parámetros explicados en estimados porcentuales, y según el tipo de material que podría encontrarse en el área para el subsiguiente dragado:


**TIPO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - VOLUMEN en millones de metros cúbico: SECA Y SUBACUÁTICA**

Volumen por tipo de Perforación y Voladura	Sedimento, arcilla, barro y arena	Grava y arcilla	Roca suave < 15 Mpa	Roca medio dura 15 to 50 Mpa	Roca dura > 50 Mpa	Volumen Total
<b>ESCENARIO a 9.14 m PLD</b>						
Acuática (perforadoras flotantes)				4.33	6.01	10.34
Subacuática en aguas poco profundas <3m (perforadoras de tierra montadas en barcazas)				0.71	0.71	1.42
Seca (perforadoras de tierra)				2.18	2.91	5.09
<b>Volumen Total</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>7.22</b>	<b>9.63</b>	<b>16.85</b>

Cuadro No.24 Estimado de volúmenes de perforación y voladura.

### 8.3 Estimado del volumen de dragado según el tipo de equipo

- De acuerdo con el tipo de material encontrado en las diferentes áreas, el volumen estimado de dragado que las dragas propuestas podrían excavar para ambos escenarios aparece a continuación:

**VOLUMEN SEGÚN EL TIPO DE P y V en millones de metros cúbicos: SECA Y SUBACUÁTICA**

Volumen según tipo de P y V	Sedimento, arcilla, lodo y arena	Grava y arcilla	Roca suave < 15 Mpa	Roca medio dura 15 a 50 Mpa	Roca dura > 50 Mpa	Volumen total
<b>ESCENARIO A 9.14 m PLD</b>						
Acuático (perforadoras flotantes)				4.33	6.01	10.34
Subacuática en aguas poco profundas <3m (perf. terrestres sobre barcazas)				0.71	0.71	1.42
Seca (perforadoras terrestres)				2.18	2.91	5.09
<b>Volumen total</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>7.22</b>	<b>9.63</b>	<b>16.85</b>

Cuadro No.25. Estimado del volumen según equipo de dragado para los trabajos en el cauce de navegación Pospanamax

### 8.4 Estimado de volúmenes para los equipos de la ACP y de los contratistas externos

- Debido a que los programas de excavación seca se han realizado con éxito utilizando contratistas externos y a precios competitivos, se prevé que la excavación del cauce de navegación Pospanamax sería realizada nuevamente por contratistas externos.
- Como se menciona anteriormente, las barcazas de perforación de la ACP se encargarían de los trabajos de perforación y voladura subacuática para el canal



Pospanamax. Las perforadoras terrestres de la ACP también podrían realizar la mayor parte de la perforación y voladura terrestre, y proporcionar los recursos para voladuras, pero se podría contratar parte de estos trabajos de ser necesario.

- Con respecto al dragado, se prevé que la ACP y los contratistas externos realicen el 50% de los trabajos, como se muestra en el siguiente cuadro:

**ESTIMADO DE VOLÚMENES DE DRAGADO en millones de metros cúbicos QUE PODRÍAN REALIZAR LA ACP Y LOS CONTRATISTAS EXTERNOS**

Área	9.14 m PLD	
	ACP	Contratistas externos
Cauce de navegación entrada Atlántica		
Cauce de aprox. Norte del Atlántico		6.95
Tapón norte del Atlántico		6.55
Nuevas esclusas del Atlántico		0.61
Tapón sur del Atlántico	0.79	
Lago Gatún	16.03	
Corte Culebra	6.03	
Cauce de aprox. Norte del Pacífico al norte del tapón del Corte Culebra	2.26	0.56
Tapón norte o del Corte en el Pacífico		
Cauce de aprox. norte del Pac. entre el tapón del corte y el intermedio		
Tapón intermedio del Pacífico	0.39	
Nuevas esclusas del Pacífico		
Tapón sur del Pacífico		0.63
Cauce de aprox. sur del Pacífico		2.51
Cauce de nav. de entrada del Pacífico		6.51
<b>VOLUMEN TOTAL</b>	<b>25.5</b>	<b>24.32</b>

Cuadro No.26 Estimados de volúmenes de dragado que podrían realizar la ACP y compañías externas de dragado

- A continuación presentamos un cuadro que resume en términos de porcentaje los recursos internos y externos de la ACP que se utilizarían para excavar y dragar los cauces Pospanamax.



### DISTRIBUCIÓN ESPERADA PARA LOS TRABAJOS DE DRAGADO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CANAL

Tipo de operación	ACP	Recursos Externos
Dragado	50%	50%
P y V	100%	0%
Excavación seca	0%	100%

Cuadro No.27 Estimado de recursos en porcentajes para las actividades de dragado de la ampliación del Canal

## 9 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LOS COSTOS ESTIMADOS POR UNIDAD DE EXCAVACIÓN, DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURA

### 9.1 Estimado de productividad de los equipos propuestos para los trabajos de excavación, dragado, y perforación y voladura

- Como explicamos previamente, la productividad del equipo propuesto para los trabajos en el cauce Pospanamax variarían según el tipo de material, según se muestra en el Cuadro No.23. Dicha productividad también incluye el mantenimiento del equipo, reacondicionamiento, reparaciones de emergencia, dragado de mantenimiento y cambios de cuadrillas.

### 9.2 Estimado de costos para los equipos de perforación y voladura, y dragado

- Los estimados de costos de los equipos de dragado se basaron en los costos de los equipos de la ACP durante los años fiscales 2001 al 2003. Los costos de contratación de dragas externas se basaron en los costos de los equipos de la ACP más el 10% de ganancia, y en contratos de dragado con recursos externos.
- Para estimar el costo de los equipos de dragado, y perforación y voladura, se tomaron en consideración los siguientes costos:
  - Depreciación del equipo
  - Costos de capital de las Instalaciones
  - Mantenimiento y reacondicionamiento
  - Mano de obra
  - Combustible
  - Suministros y materiales
  - Misceláneos
  - Sobrecostos de la división
  - Ganancia por servicios contratados



- Para establecer el costo del equipo se utilizaron los siguientes parámetros:
  - Tasa del 5% de interés por financiamiento de capital para el equipo externo del contratista y adquisición de nuevo equipo por parte de la ACP; y 14% para el equipo existente de la ACP.
  - Se utilizó un factor de 1.47 (\$1.25 por galón en el 2004 a \$0.85 por galón en el 2003) para actualizar los precios del combustible.
  - A excepción de la draga retroexcavadora terrestre, los salarios por mano de obra se basaron en las políticas salariales de la ACP hasta el escalón 3 para cada categoría salarial. Los salarios para la mano de obra de la draga terrestre retroexcavadora se basaron en la política salarial de CAPAC16.
- Los siguientes parámetros de prestaciones laborales se utilizaron con base en los registros de la ACP durante los últimos meses del 2003 y los primeros meses del 2004:
  - Costos indirectos del 11%, excepto para la retroexcavadora hidráulica, que son del 12%
  - Beneficios laborales del 38.67% para la mano de obra directa, que incluye el 12.45% de seguro social, 1.50% del seguro de educación, 13.65% de vacaciones y 11.07% de beneficios
  - Diferencial de los empleados del 5% por trabajar turnos
  - Tiempo extraordinario:
    - 25% para los trabajadores de la draga de corte succión de 2 a 3K Kw. y el equipo de apoyo
    - 25% para los de la draga de corte succión MINDI y el equipo de apoyo
    - 16% para la draga de cucharón RMC y el equipo de apoyo
    - 15% para la draga retroexcavadora hidráulica acuática y el equipo de apoyo
    - 25% para las barcazas de perforación THOR y BARÚ y el equipo de apoyo
    - 5% para apoyo de lanchas de reconocimiento
    - Excepto por las excavadoras hidráulicas, los costos de equipo de reacondicionamiento y mantenimiento se basaron en los registros históricos de la ACP de los años fiscales 2001 al 2003. Si el equipo fuera nuevo, entonces se presumiría que los costos de reacondicionamiento y mantenimiento serían inferiores al 50% en comparación con el equipo existente.

---

<sup>16</sup> CAPAC significa Cámara Panameña de la Construcción y es la organización que establece los requisitos mínimos de seguridad y los salarios mínimos en el ámbito de la construcción.



- Los costos de reacondicionamiento y mantenimiento de la excavadora hidráulica y el equipo terrestre de apoyo se basaron en el libro de estándares de la industria (“libro azul”).
- Se incluyó una ganancia del 10% para los servicios contratados.
- Los estimados de costos incluyen los costos de todos los equipos de apoyo, incluyendo remolcadores, lanchas de trabajo, lanchas de hidrografía y otros.
- Una vez establecido el costo anual, se estimaron las horas reales de operación por año con base en la eficiencia del equipo para obtener el costo por hora de cada equipo.

### 9.3 Estimado de los costos unitarios

#### 9.3.1 Costo unitario de los trabajos de excavación

- La información histórica de costos del PECC se utilizó para estimar los costos de la excavación seca para la profundización del Corte Culebra, el cauce de acceso norte del Pacífico y los taponés. Se sabe que los costos del actual programa de enderezamiento del Corte Culebra son muy similares y aún menores que los pagados para el PECC.
- Debido a la falta de capacidad de los sitios de depósito en el lado este, se estima que la distancia de acarreo en el lado este sería de 5 km, contrario a los 3 km estimados para el oeste.

#### 9.3.2 Costo unitario de los trabajos de perforación y voladura

##### 9.3.2.1 Perforación y voladura desde tierra

- Para estimar el costo total de fracturar el material duro para su posterior remoción, se utilizaron los costos operativos del PECC por trabajos de perforación y voladura en tierra.
- El costo estimado para la perforación y voladura en tierra incluye la operación de las perforadoras terrestres rotativas y percusivas como las P&H, DM-45, 2 TAMROCKS D55 SP y 2 Rangers 700, al igual que el equipo de apoyo que incluye un tractor D-5M, un tractor D-6, un cargador frontal CAT 924, un cargador frontal CAT 934, 2 vehículos reabastecedores de diésel, 1 vehículo de lubricación, 2 bombas de agua, 2 vehículos 4x4, un tanque de almacenamiento de diésel, 2 depósitos portátiles para explosivos y un compresor.
- El costo estimado también incluye la mano de obra, el mantenimiento del equipo y 12 % de sobrecostos, combustible, explosivos y accesorios.



### 9.3.2.2 Costo unitario de los trabajos de perforación y voladura en aguas poco profundas (< 3 m)

- Las perforaciones y voladuras terrestres se realizarían sólo con la marea baja cuando el equipo esté accesible en el tapón sur del Pacífico.
- Para acceder al área de la aproximación sur de las nuevas esclusas en el Pacífico, se podrían montar las perforadoras terrestres – como la TAMROCKS – en barcasas. Como se espera que el agua en esta área tenga menos de 3 metros de profundidad, ni la barcaza perforadora THOR ni la BARÚ podrán acceder al área para realizar estas operaciones.

### 9.3.2.3 Perforación y voladura subacuática

- Se prevé que las barcasas perforadoras de la ACP realicen todos los trabajos de perforación y voladura acuáticas. El costo unitario dependerá de la productividad de estas barcasas perforadoras y se prevé que el costo disminuirá con la inclusión de la nueva barcaza perforadora BARÚ.

## 9.3.3 Costo unitario de los trabajos de dragado

- El costo unitario de la draga tolva se basó en informes de consultores externos<sup>17</sup>, que indican que se han realizado trabajos con estas dragas en áreas cercanas a las instalaciones portuarias de Coco Solo con sitio de depósito marítimo de materiales a 10 km de distancia. Este costo se confirmó con el trabajo realizado por el contratista externo Jan der Nul durante la profundización de la entrada del Atlántico a 14.2 m.
- El costo unitario de la draga de corte succión en el Corte Culebra incluye una bomba reforzadora terrestre para depositar el material dragado en un sitio en tierra firme.
- Los costos unitarios de la draga de corte succión en la entrada del Pacífico incluyen el acarreo del material dragado a un sitio de depósito marítimo a través de barcasas de desecho. La distancia del cauce de aproximación sur de las nuevas esclusas del Pacífico al sitio designado de desecho en mar abierto se estima en 13 a 15 km.
- Con respecto a las dragas retroexcavadoras hidráulicas, se presume que la ACP alquilaría una para el ensanche proyectado para el Corte Culebra a 218 m, y que también se utilizaría para asistir a la draga de cucharón RMC en la culminación de parte del trabajo de dragado en el cauce norte y los tapones del Pacífico.

---

<sup>17</sup> Great Lake Dredge & Dock Company, “Análisis técnico independiente de los Estudios de Navegación”, Informe final, abril del 2004.



## 10 ESTIMADOS PORCENTUALES DE LOS COSTOS INDIRECTOS

- La ACP ha estado estimando un 11.5% y un 12% para trabajos de excavación y dragado, respectivamente, para cubrir costos indirectos asociados a proyectos recientes de excavación y dragado.
- Para corroborar estos estimados del 11.5% y 12% en costos indirectos potenciales de los trabajos de excavación y dragado para la ampliación del Canal, y así sustentar dichos costos indirectos, se utilizaron como base los costos reales del PECC a 192 m.
- A continuación presentamos un cuadro con los costos indirectos y las contingencias identificados durante trabajos previos de excavación y dragado efectuados por la ACP:

Costos indirectos	Estimado de costos totales	Estimado de costos (millones \$)	
		10.4 m PLD	9.14 m PLD
Ayudas a la navegación	\$/km <sup>1</sup>	7.98	8.98
Mitigación ambiental	2.5% to 3.0%	3.01	4.59
Diseño de ingeniería	3.00%	8.67	13.23
Administración de proyectos	3.10%	10.59	15.97
Preparación de sitios de depósito	\$0.40/m <sup>3</sup>	9.20	12.17
Preparación de sitios de depósito con UXO <sup>2</sup>	\$45,000/ha	2.00	2.00
Apoyo hidrográfico y topográfico	2%	6.83	10.30
<b>TOTAL</b>		<b>48.28</b>	<b>67.24</b>

Notas:

1. El costo aproximado de las ayudas a la navegación depende de la ubicación y condiciones del cauce de navegación: \$3,600 por km en el lago; \$55,600 por km en el Corte; \$131,550 por km en el nuevo acceso del cauce.

2. Las municiones no detonadas se conocen como UXO y son explosivos utilizados por el Ejército de EE.UU. para pruebas de armamento y actividades de entrenamiento en Panamá.

Cuadro No.28 Estimados de costos indirectos de excavación y dragado.

- Como se muestra en el Cuadro No.28, las ayudas a la navegación y la preparación de los sitios de depósito con UXO o sin ellos, se expresan en términos de \$ por kilómetro, \$ por hectárea o \$ por metro cúbico, en lugar de hacerlo mediante estimados porcentuales de los costos totales.



## 11 ESTIMADO DE COSTOS DEL APOYO DE LA ACP A LOS CONTRATISTAS EXTERNOS

- Se espera que los contratistas externos realicen casi el 50% de los trabajos de dragado para la ampliación del Canal y que requerirán del apoyo e inspección de la ACP para realizar estas actividades en aguas del Canal.
- A continuación se presenta el apoyo que se espera requerirán los contratistas externos:
- Reubicación de ayudas a la navegación
- Lanchas para transporte del personal de la ACP y el contratista
- Remolcadores de la ACP para apoyar al equipo del contratista externo
- Controladores de tráfico marítimo de la ACP para coordinar la navegación
- Prácticos, coordinadores de proyectos e inspectores de la ACP a bordo de los equipos de los contratistas
- Especialistas en contratos de la ACP y oficiales de contratos para la administración de los mismos
- Servicios de arqueo para auditar el material dragado
- El estimado de costos del apoyo de la ACP se basó en trabajos realizados con recursos de la ACP en apoyo al programa de profundización de las entradas del Atlántico y Pacífico a 14.2 m MLW, en el 2005 y el 2006.

## 12 REQUERIMIENTOS DE EQUIPO PARA DRAGADO, Y PERFORACIÓN Y VOLADURAS EN MESES-DRAGA

- Dependiendo del volumen de dragado, y de perforación y voladura al igual que del desempeño del equipo en cuanto a productividad, se requeriría el siguiente número de dragas, perforadoras flotantes y perforadoras terrestres para realizar las mejoras a los cauces de navegación existentes en el Canal, y la construcción de los cauces de acceso de las nuevas esclusas.



### NÚMERO DE EQUIPOS REQUERIDOS PARA TRABAJAR EN LOS CAUCES POSPANAMAX

Tipo de equipo	Escenario a 9.14 m PLD	
	Draga-mes o perforadora-mes	No. de dragas o perforadoras requerido
Draga tolva mediana (5-10k m <sup>3</sup> )	18.1	1
Draga de corte succión ( cortadora de 1a 2k kw)	56.7	1
Draga cortadora de roca (cortadora de 2 a 3k kW)	121.0	3
Draga terrestre	5.6	1
Draga de cucharón RMC	41.5	1
Draga retroexcavadora para lago y acceso	33.7	1
Draga retroexcavadora para entrada del Pacífico	48.0	1
Perforadoras flotantes	73.9	2
Perforadoras para aguas poco profundas	20.1	1
Perforadoras terrestres	25.1	3 a 4

Cuadro No.29 Estimado de draga-mes para realizar los trabajos en el cauce de navegación Pospanamax.

- Los recursos de la ACP incluyen a la draga de cucharón RMC, una nueva draga de corte succión disponible en el 2008, la barcaza de perforación THOR, la barcaza de perforación BARÚ-disponible en el 2005, perforadoras terrestres, y equipo de apoyo que incluye la draga de corte succión MINDI.
- Los contratistas externos proporcionarían servicios de excavación seca, y probablemente algunos servicios de perforación y voladura terrestres, dragas tolva, excavadoras hidráulicas terrestres, dragas retroexcavadoras hidráulicas y dragas de corte succión.

## 13 PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS EN EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX

- Se desarrolló un diagrama de Gantt para planificar el programa de ejecución de los trabajos en el cauce Pospanamax. Se supuso que el equipo que estaría disponibles para realizar los trabajos en el cauce bajo el escenario a 9.14 m PLD consistiría de: una draga tolva, tres dragas de corte succión, la draga de corte succión MINDI, la draga de cucharón RMC, dos dragas retroexcavadoras hidráulicas, las perforadoras flotantes THOR y BARÚ, equipo terrestre de perforación y voladura, y equipo convencional de excavación.



- El diagrama de Gantt supone la contratación de servicios externos para los trabajos de excavación y 50% del dragado, específicamente de dos dragas cortadoras de roca, una draga tolva y dos dragas retroexcavadoras hidráulicas. La ACP alquilaría una de estas dragas retroexcavadoras, la cual sería operada por su personal.
- Se presume que la nueva draga de corte succión de la ACP estaría disponible para junio del 2009.
- Como se explicó previamente, toda la productividad del equipo incluye el mantenimiento preventivo, reparaciones de emergencia, dragado de mantenimiento y relevo de cuadrillas. Sin embargo, para compensar por la amplitud del tiempo de reacondicionamiento, se presumió que todo el equipo flotante, incluyendo las dragas tolva, las dragas de corte succión, las dragas de cucharón y las perforadoras flotantes permanecerían operativas durante un mínimo de 42 semanas de las 52 que tiene el año.
- Entretanto, la disponibilidad completa de la draga retroexcavadora hidráulica se estimó en 48 semanas al año gracias a su naturaleza hidráulica y a sus piezas, que son rápidamente reemplazables. La draga retroexcavadora trabajaría 6 días a la semana al contrario de otros equipos flotantes programados para trabajar 7 días a la semana.
- En lo referente al equipo de tierra firme, que incluye las dragas retroexcavadoras terrestres, se presumió que esos equipos trabajarían durante todo el año ya que tienen reemplazos disponibles y su naturaleza no es tan crítica como la del equipo flotante.

#### 14 MANO DE OBRA REQUERIDA PARA EJECUTAR EL PROGRAMA DE AMPLIACIÓN DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX

- Para el estimado de la cantidad de mano de obra requerida para los trabajos de excavación y dragado para la expansión del Canal se utilizaron como base la mano de obra a bordo de las dragas y perforadoras flotantes de la ACP y de los contratistas externos, y el número de personas que trabaja actualmente en obras de excavación y dragado en el Corte y el programa de profundización de las entradas del Canal. A continuación presentamos un cuadro que muestra el número estimado de trabajadores para cada equipo o actividad. Para más información, refiérase al Apéndice No.11.



**CANTIDAD DE PERSONAS TRABAJANDO DIRECTAMENTE CON EQUIPOS DE DRAGADO Y EXCAVACIÓN PROPUESTOS**

Equipo	A bordo	En tierra	Apoyo	Adm.	Apoyo ACP	TOTAL
<b>Dragas de ACP</b>						
DCS MINDI	92	5	27			124
Perforadora THOR	91		16			107
Perforadora BARÚ	75		8			83
Draga retroexc.	14		77			91
Draga RMC	71		77			148
Dragado terrestre		44	4			48
Perf. terrestres		56	5			61
Perf. en aguas poco prof.		20				20
<b>TOTAL</b>						<b>682</b>
<b>Equipo de contratistas</b>						
Excavación seca		50				50
Draga tolva	33		12	9	38	92
Draga de corte suc.	44	18	21	14	64	161
Draga retroexc.	14		12	9	46	81
<b>TOTAL</b>						<b>384</b>
<b>Apoyo ACP</b>						
Talleres ACP		146				146
Div. Dragado ACP				67		67
Equipo de admin. de ampliación del Canal				15		15
<b>TOTAL</b>						<b>228</b>

**Cuadro No.30** Número aproximado de personas trabajando en cada equipo involucrado en el programa de ampliación del Canal.

- El personal que trabajaría en estas obras de excavación y dragado incluye: capitanes de draga, ayudantes, marinos de cubierta, ingenieros jefe, ingenieros de draga, mecánicos de maquinaria marítima, aceiteros, electricistas, operadores de lancha y marinos, técnicos de hidrografía, cocineros, etc.
- Según la planificación de recursos a lo largo del cauce de navegación del Canal reflejada en el diagrama Gantt, la cantidad anual de trabajadores que se requerirían para realizar las mejoras a los cauces y la construcción del nuevo cauce es la siguiente:



Personal \ Año fiscal	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Personal extranjero	0	67	93	237	200	133	165	215
Personal panameño contratado por contratistas de dragado extranjeros	150	180	240	244	86	56	204	130
Personal en dragas de ACP	336	460	521	614	586	355	538	507
Personal de apoyo de ACP	228	292	338	504	440	376	338	228
<b>TOTAL</b>	<b>714</b>	<b>999</b>	<b>1,192</b>	<b>1,599</b>	<b>1,312</b>	<b>920</b>	<b>1,245</b>	<b>1,080</b>

Cuadro No.31 Número de personas involucrado en trabajos de excavación y dragado por año.

## 15 COSTO BASE DEL PROGRAMA DE AMPLIACIÓN DEL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX

- El estimado del costo base incluye el costo indirecto de 11.5% para los trabajos de excavación y 12% para las actividades de dragado, y perforación y voladura.
- También se hizo un ajuste de combustible a los costos directos de dragado, y perforación y voladura para compensar por los aumentos en los costos del combustible. En el 2004, el costo del combustible era de \$1.25 por gallon, pero el precio aumentó a casi \$2.00 por galón en el 2005. Un análisis probabilístico de costo evaluó la posibilidad de que los precios del combustible aumentaran por encima de \$2.00 por galón.
- A continuación se presenta un cuadro que resume el costo total base, incluyendo los costos indirectos y el apoyo de la ACP a los contratistas externos para las mejoras a los cauces de navegación del Canal. El costo total base es de \$640.99 millones para el escenario a 9.14 m PLD:



### COSTO TOTAL BASE PARA LOS TRABAJOS EN EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX en millones de \$

<b>Escenario a 9.14 m PLD</b>			
Excavación seca	\$51.49	\$5.92	<b>\$57.41</b>
Perforación y voladura	\$106.60	\$12.79	<b>\$119.39</b>
Dragado	\$368.16	\$44.18	<b>\$412.34</b>
<b>Costo</b>	<b>\$526.25</b>	<b>\$62.89</b>	<b>\$589.14</b>
<b>Apoyo de ACP a contratistas externos</b>			<b>\$25.63</b>
<b>Ajuste por costo de combustible</b>			<b>\$26.22</b>
<b>COSTO TOTAL BASE para 9.14 m PLD</b>			<b>\$640.99</b>

Notas:

1. Los costos indirectos incluyen el 11.5% del total de costos de excavación y 12% de los costos de dragado y perforación y voladura.

Cuadro No.32 Costo base del programa de dragado y excavación para los cauces de navegación del Canal Pospanamax.

## 16 ESTIMADO PROBABILÍSTICO DEL COSTO DE LA CONTINGENCIA

- El proceso común para estimar la contingencia para las actividades de excavación y dragado como un porcentaje basado en registros históricos, no incluyó la probabilidad de la ocurrencia de riesgos mayores involucrados en la ejecución de un proyecto de gran envergadura.
- En el año 2005 se formó un grupo con personal de la ACP para realizar un análisis de costos estocástico o probabilístico con el fin establecer la probabilidad de la ocurrencia y los impactos de los riesgos potenciales que pudieran aumentar o retrasar el programa propuesto para la ampliación del Canal. Este modelo probabilístico mide la variabilidad de las principales variables e incertidumbres relacionadas con un proyecto específico, para producir una variedad de resultados potenciales versus un análisis estático que produce un único resultado.
- Utilizando la técnica de simulación Monte Carlo, la ACP simuló los riesgos e impactos relacionados, a través de la generación de la distribución probabilística de variables tales como cantidades de dragado, precios, fluctuaciones en el precio del diésel, y la productividad de las dragas en el caso del programa de dragado del cauce Pospanamax. Este ejercicio resultó en una distribución de probabilidad del costo total que tomó en cuenta la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de los riesgos potenciales y, por ende, produjo un nivel “aceptable” o más realista de la contingencia o del riesgo en costo, en lugar de utilizar un único porcentaje estándar de contingencia del 8.5% para la excavación seca y otro de 3% para el dragado.



- Como un buen nivel de confiabilidad estimado para el costo estimado se seleccionó el percentil 80 de la distribución del costo total del proyecto simulado por el modelo de riesgo. En otras palabras, existe 80% de probabilidad de que el costo total del proyecto sea igual o menor que el valor del percentil 80. En el caso del programa de dragado para el escenario a 9.14 m PLD, el modelo calculó, luego de 3,000 iteraciones, un costo total de \$758.1 millones al percentil 80.
- Como se muestra en el Cuadro No.32, el costo base del proyecto de dragado es de \$640.99 millones, lo que incluye los costos conocidos y cuantificables. Sin embargo, no contempla riesgos ni contingencias. El costo total de \$758.10 millones sí incluye los riesgos no cuantificables, y toma en cuenta todos los riesgos de sobrecostos y retrasos de manera simultánea. Este costo total representa casi un 18.4% del costo base.
- Para más detalles sobre el estimado probabilístico de la contingencia, refiérase al Apéndice No.12.
- A continuación presentamos el Cuadro No.33 que muestra el desglose del costo del programa de dragado para el cauce Pospanamax:

**COSTO TOTAL INCLUYENDO LA CONTINGENCIA BASADA EN RIESGOS en millones**

Componente	Escenario a 9.14 m PLD
Costo base original	\$640.99
Contingencia	\$117.11
Contingencia en porcentaje	18.4%
<b>Costo base al 80 percentil</b>	<b>\$758.10</b>

Nota: Existe el 80% de probabilidad que los costos de dragado Pospanamax sean iguales o inferiores que \$734.69 millones ó \$484.05

Cuadro No.33 Costo total del programa de dragado y excavación para los cauces de navegación Pospanamax.

## 17 FLUJO DE CAJA APROXIMADO PARA LOS TRABAJOS EN EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX

- A continuación presentamos un cuadro que resume el flujo de caja requerido.

**FLUJO DE CAJA APROX. REQUERIDO PARA EL CAUCE DE NAVEGACIÓN POSPANAMAX**

Fuentes	AF 2007	AF 2008	AF 2009	AF 2010	AF 2011	AF 2012	AF 2013	AF 2014	TOTAL
escenario a 9.14 m PLD	\$24.11	\$96.29	\$107.60	\$167.53	\$153.38	\$108.28	\$66.97	\$33.94	<b>\$758.10</b>

Cuadro No.34 Estimado del flujo de caja requerido para modificar los cauces de navegación existentes en el Canal y construir los cauces de acceso a las nuevas esclusas Pospanamax.

