



## CAPÍTULO 6

# Ampliación para Aprovechar la Demanda

## 6.1 Introducción

Una vez completado el programa de mejoras del Canal, detallado en el Capítulo 5, el Canal tendrá suficiente capacidad para captar la demanda pronosticada, hasta entre el AF 2010 y AF 2012. De los análisis se concluye que cualquier inversión en el Canal para incrementar su capacidad más allá del AF 2012, que no incluya un nuevo juego de esclusas, tendrá resultados marginales, de muy bajo rendimiento y rentabilidad. Esto se debe a que una vez que el Canal actual maximice el uso de sus esclusas, especialmente la de Pedro Miguel, cualquier mejora adicional de los otros componentes del sistema sólo aumentará exiguamente la capacidad del Canal. Por esta razón, para aprovechar el crecimiento de la demanda más allá del AF 2012, el Canal tendrá que implementar un programa de ampliación que permita aumentar la capacidad del Canal más allá de lo que permiten las esclusas existentes. La ampliación del Canal con un tercer juego de esclusas es la medida lógica después de haber aumentado la capacidad del Canal actual a su límite máximo posible.

### 6.1.1 Los impulsores de la ampliación

La propuesta de ampliación que plantea este Plan Maestro se fundamenta en tres factores fundamentales:

- **La necesidad de mantener la competitividad, valor de la ruta y beneficios a Panamá a largo plazo.** Sin el fortalecimiento de su posición competitiva y una continua y oportuna adaptación del Canal a los cambios en los patrones del comercio mundial, éste no podrá enfrentar exitosamente el reto de continuar siendo el motor de desarrollo del país. Para lograr este objetivo, el Canal tendrá que continuar creciendo como eslabón clave y preferido de las rutas comerciales a las cuales sirve, manteniendo niveles de servicio convenientes para sus usuarios. Sólo así mantendrá abierta la opción de crecimiento y desarrollo, tanto para el Canal como para el país.



- **La oportunidad de aprovechar la demanda originada por los crecientes volúmenes de carga pronosticados para la ruta del Canal.** La demanda<sup>1</sup> de tránsitos por el Canal aumentará en términos de toneladas CPSUAB, a partir de las 279 millones de toneladas CPSUAB que transitaron por el Canal durante el AF 2005, hasta los casi 508 millones de toneladas CP SUAB estimadas para el AF 2025. Esto representará un crecimiento de más del 80% (para el caso más probable) y un rango de crecimiento del 50% al 110% para los casos de demanda pesimistas y optimistas, respectivamente.
- **El aumento en el uso de buques portacontenedores pospanamax.** El acelerado aumento de la flota de buques portacontenedores pospanamax y su creciente utilización en rutas comerciales arteriales este-oeste<sup>2</sup> que compiten con el Canal, indica que para mantener su competitividad este tendrá que permitir el tránsito de estos buques por la vía. El uso de buques pospanamax se acrecienta porque los navieros buscan minimizar los costos de operación de sus flotas en rutas relativamente largas con altos volúmenes de carga, como lo son la ruta transpacífica, la ruta de Asia a Europa y la ruta del noreste de Asia a la costa este de Estados Unidos.

Con el fin de fortalecer la posición competitiva, operativa y estratégica del Canal, a largo plazo, el Plan Maestro propone un programa de ampliación de la capacidad del Canal. Esta propuesta permitirá el tránsito de un mayor volumen de carga transportada en buques de mayor tamaño, combinando de forma sinérgica proyectos de infraestructura, métodos operativos y políticas administrativas que interactúan de manera integral, con alta eficiencia operativa.

### 6.1.2 Los objetivos de la ampliación

El programa de ampliación propuesto en el Plan Maestro, denominado programa de tercer juego de esclusas, tiene como meta proveer al Canal de la capacidad necesaria para captar la creciente demanda con niveles de servicio competitivos. Igualmente, busca aumentar el valor de la ruta al permitir el tránsito de buques pospanamax. De esta manera se mantendrá la competitividad y el valor de la ruta a largo plazo, generando de forma sostenible mayores ingresos y beneficios para Panamá.

- **Mantener la rentabilidad del Canal y sus aportes al país a largo plazo.** El tercer juego de esclusas es un proyecto rentable<sup>3</sup> que garantiza crecientes aportes al país y estimula el crecimiento y desarrollo del conglomerado de servicios. Sin una ampliación, el Canal dejará de ser motor del crecimiento sostenible del país, viéndose relegado a una participación reducida dentro de las rutas comerciales a las que sirve. El

<sup>1</sup> Esta demanda fue presentada en detalle en los capítulos 3 y 4.

<sup>2</sup> Ver Capítulo 4, Sección 4.8 "El reto de los buques pospanamax"

<sup>3</sup> Ver Capítulo IX para un análisis detallado del rendimiento e impacto económico de la ampliación.



tercer juego de esclusas abre la opción de crecimiento continuo del Canal, a través de mejoras continuas a la vía, asegurando así la continuidad de sus aportes al país.

- **Mantener la competitividad y el valor de la ruta.** La construcción de un tercer juego de esclusas permitirá al Canal mantener su competitividad y reafirmará el valor de la ruta a largo plazo. La puesta en funcionamiento de un Canal ampliado disuadirá la entrada de posibles nuevos competidores y fortalecerá la posición competitiva del Canal ante la competencia existente. Sin embargo, para mantener su competitividad después de entrar en operación el tercer juego de esclusas, la ACP tendrá la responsabilidad de continuar implementando mejoras oportunas a toda la infraestructura del Canal, así como la de mantener el proceso de análisis continuo de su entorno competitivo y proseguir con el programa de mantenimiento.
- **Aumentar la capacidad para captar la creciente demanda de tránsitos con niveles de servicio adecuados para cada segmento.** El tercer juego de esclusas dotará al Canal de la capacidad necesaria para atender la demanda, con niveles de servicio competitivos, con un alto grado de seguridad a la navegación y con una alta confiabilidad de calado. De esta manera, el Canal brindará un buen servicio a todos los segmentos de mercado, sin discriminación, manteniendo, así, una base diversificada de clientes y usuarios.
- **Permitir el tránsito de buques mayores que los Panamax para aumentar la productividad del Canal.** El permitir el paso de buques pospanamax tendrá el efecto positivo de reducir el número de tránsitos necesarios para transportar los volúmenes de carga pronosticados<sup>4</sup>. Esto, a su vez, reducirá los costos operativos, el consumo de agua relativo a las esclusas existentes y permitirá al Canal mantener holgura en su capacidad durante un mayor espacio de tiempo. Asimismo, los usuarios del Canal podrán utilizar buques que les permitan desarrollar las economías de escala más apropiadas para sus rutas. El Canal mantendrá así la competitividad de la ruta, en especial frente la competencia del sistema intermodal de Estados Unidos y el canal de Suez.

Otro objetivo de la ampliación es el de añadir holgura en la capacidad operativa para efectuar trabajos de mantenimiento que requieran cierres de vía prolongados en el Canal actual. En la medida en que el Canal opere más cerca de su máxima capacidad sostenible, se dificultarán y encarecerán los cierres de vía por mantenimiento y se afectará adversamente la calidad del servicio a los usuarios. El Canal necesita de holgura operativa para que los trabajos de mantenimiento que requieren cierres de vías sean más eficientes y se minimice el impacto negativo sobre la calidad del servicio.

<sup>4</sup> De ampliarse el Canal con esclusas tamaño Panamax el mismo se vería copado en poco tiempo (3 a 5 años) después de su entrada en operaciones, debido a la mayor cantidad de tránsitos requeridos para transportar los volúmenes de carga pronosticados.



## 6.2 Propuestas y conceptos de ampliación

En el proceso de desarrollo del Plan Maestro y de los estudios que lo sustentan, la ACP evaluó una amplia gama de opciones y de esquemas para ampliar la capacidad del Canal, a fin de permitir el tránsito de más buques y de buques de mayor tamaño. También se estudiaron múltiples opciones para el ahorro, suministro y reutilización de agua. Muchas de las opciones estudiadas para ampliar la capacidad del Canal provinieron de partes interesadas externas a la ACP. Entre estas opciones se consideraron alternativas de ampliación en dos esquemas principales: (1) un nuevo canal con cauces de navegación independientes a los actuales y al nivel del mar y (2) un canal con nuevas esclusas similares a las actuales, funcionando en combinación con las esclusas y cauces existentes. La ACP tomó en cuenta planteamientos y estudios previos de canales a nivel del mar con múltiples variantes, las cuales incluían, entre otras: ensenadas, esclusas de control de mareas, etc., todas con cauces de navegación separados de los del Canal actual. Además se evaluaron alternativas para una ampliación con esclusas adicionales, con variantes de uno, dos y tres escalones o niveles; y con esclusas de igual tamaño a las actuales, así como con esclusas de mayor tamaño. Asimismo se consideraron sistemas de elevadores sincronizados, los cuales demostraron ser inconvenientes dado que la tecnología disponible es apropiada apenas para manejar buques relativamente pequeños, menores a 30,000 toneladas de peso muerto.

A continuación, se plantean y discuten las propuestas más relevantes analizadas por la ACP, incluyendo aquellas presentadas voluntariamente por personas o empresas no relacionadas con la ACP. La ACP analizó cada una de las propuestas para determinar su viabilidad, así como la conveniencia de estudiarlas en mayor profundidad.

### 6.2.1 Propuestas genéricas para un Canal a Nivel

De los análisis de capacidad, operaciones y factibilidad de construcción se desprende que, por su naturaleza, los planteamientos para la ampliación del Canal con cauces a nivel del mar resultarían en dos canales separados entre sí: uno, a nivel del mar (el nuevo) y otro, de esclusas (el actual).

Se determinó que todas las opciones de canales a nivel tendrían un impacto ecológico adverso por la mezcla de las biotas interoceánicas, posiblemente causando la devastación de hábitat, tales como el de los corales del mar Caribe. Las propuestas de mitigación con el uso compuertas de mareas o el lavado con agua dulce de los lagos no serían mitigantes eficaces. Estas alternativas también tendrían costos de inversión y mitigación ambiental varias veces mayores que los de un Canal con esclusas que compartiera los cauces de navegación con el Canal existente. Además, los planteamientos de un canal a nivel suponen costos de operación superiores a otras alternativas, al eliminar la posibilidad de compartir re-



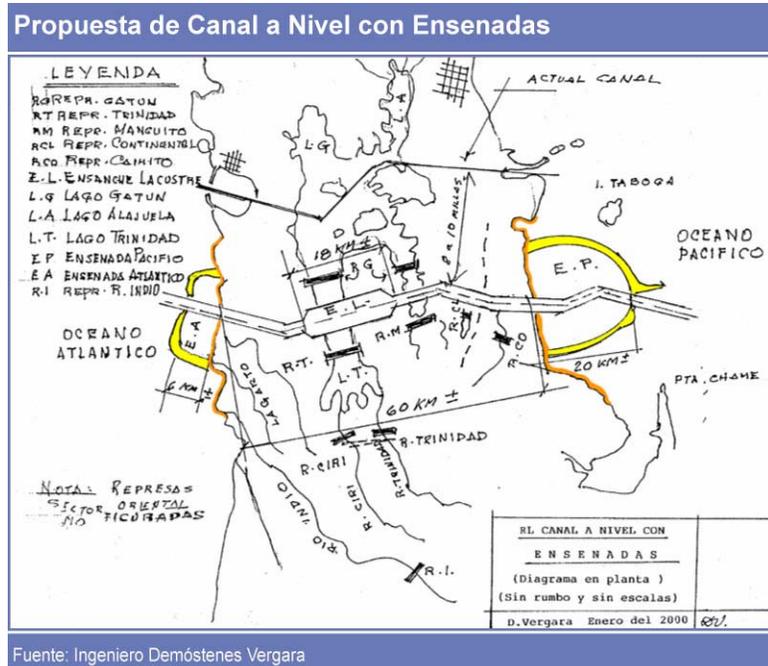
cursos y operar cauces, sistemas e infraestructuras como un sistema integrado al Canal actual.

Se determinó que para obtener la misma capacidad de tránsito resulta más rentable desarrollar un sistema integrado de esclusas, compartiendo cauces y otros recursos con el Canal actual, que operar dos sistemas aislados, uno a nivel del mar y otro con esclusas. Las conclusiones del análisis de la ACP sobre las alternativas de un Canal a nivel concuerdan con las del Estudio Tripartito de Alternativas del Canal de 1993, realizado por la Comisión de Estudio de las Alternativas al Canal de Panamá, en el cual la propuesta de un Canal a nivel fue analizada y descartada<sup>5</sup>.

## 6.2.2 Propuesta de un Canal a nivel con ensenadas

Esta propuesta plantea la construcción de un canal a nivel para buques de más de 250,000 toneladas de peso muerto como solución al problema de ampliación del Canal<sup>6</sup>. Propone la construcción de un nuevo canal a nivel por la Ruta 10, ubicada al oeste del Canal actual. El nuevo Canal tendría 65 Km. de longitud desde Puerto Caimito en el Pacífico hasta el Río Lagarto en el Atlántico e incluiría una ensenada de mar de 30,000 hectáreas en la entrada marítima por el Pacífico y una ensenada menor en la entrada Atlántica (ver figura 6-1). El concepto propuesto no utilizaría compuertas de mareas. El canal de navegación propuesto tendría inicialmente 300m de ancho, 450m para tránsito en doble vía, y una profundidad de 23m. La propuesta requeriría la excavación de 2 billones de metros cúbicos de material.

Los Estudios de Alternativas del Canal de 1993 consideraron 37 alternativas de ampliación del Canal, de las cuales 19 eran opciones con esclusas y 18 opciones de canales a nivel. La propuesta del ingeniero Vergara es una variante de la opción de canal a nivel con ensenadas analizada en este estudio. El estudio recomendó la opción de un canal con esclusas y determinó que la



Fuente: Ingeniero Demóstenes Vergara

**Figura 6-1** Canal a nivel con ensenadas presentado por el Ing. Vergara Stanzola

<sup>5</sup> "Canal Alternative Study" efectuado por Panamá, Japón y Estados Unidos, cuyos resultados finales fueron presentados en 1993.

<sup>6</sup> La propuesta de un Canal a nivel con Ensenadas fue presentada a la ACP por el Ingeniero Demóstenes Vergara Stanzola.



opción de canal a nivel tendría un costo 50% superior al canal con esclusas<sup>7</sup>.

El estudio también utilizó un modelo matemático para estudiar los efectos de las mareas y las velocidades de corrientes que se producirían en un canal a nivel. El modelo indicó que, debido a diferencias entre las mareas de ambos océanos, un canal a nivel con ensenadas tendría corrientes superiores a 2 nudos en sus cauces. Esto crearía un riesgo inaceptable de seguridad en la navegación, por lo que sería necesario en esta opción el uso de compuertas de marea, tal como fueron recomendadas para las otras opciones de canal a nivel.

En conclusión, se determinó que al igual que con la propuesta de un canal separado por la ruta Bayano-Cartí, la propuesta de un canal a nivel con ensenadas, no encaja con el enfoque de desarrollo de la ruta por Panamá, por su separación del conglomerado de servicios de tránsito ni constituye un sistema integrado de tránsito con el Canal actual. Por ende, su rendimiento económico es adverso y se considera que generaría impactos significativos de índole socioambiental, los cuales no serían mitigables.

### 6.2.3 Propuesta de un Canal de esclusas en la ruta Bayano-Cartí

Esta propuesta recomienda la construcción de un Canal de esclusas por la ruta denominada Bayano-Cartí, atravesando las aguas del lago Bayano, localizado a 80 kms hacia el este de la ruta del Canal actual<sup>8</sup>. Las dimensiones propuestas permitirían el tránsito de buques de hasta 250,000 toneladas de peso muerto<sup>9</sup>. Tendría 60 kms de largo, 19 metros de calado, 400 metros de ancho en sus cauces y su nivel más alto estaría a 22 metros sobre el nivel del mar. Habría que excavar cerca de 2,700 billones de metros cúbicos para su construcción, con un costo de construcción superior a B/.10,000 millones. La propuesta también recomienda que el proyecto se financie mediante una concesión administrativa.

Esta propuesta requiere la construcción de nuevos cauces por estar ubicada lejos del Canal existente, desaprovechando así la oportunidad de compartir los cauces en el Canal existente (ver figura 6-2). Al estar distantes, ambos canales tendrían menos oportunidad de compartir recursos, generar sinergias u optimizar costos. En esencia serían dos canales sepa-

<sup>7</sup> Entre las poblaciones que serían afectadas por la Ruta 10 de un canal a nivel, a ubicarse al oeste del Canal existente, que fue evaluado en el "Canal Alternative Study" efectuado por Panamá, Japón y Estados Unidos, se encuentran: Puerto Caimito, La Chorrera, Vista Alegre, Quebrada del Carmen, San José, Fuente del Chase, Loma Alta, Río Congo, Ahoga Yegua, Bernardino, Río Pescado, Cerro Viejo, Caño Quebrado, Quebrada Lagarto, Calabacito, Pueblo Nuevo, La Laguna, Lagartera, Escobal, Palmas Bellas, Mateo Arriba, Paulina, Las Cruces y Los Negros entre otras.

<sup>8</sup> La propuesta de un Canal a esclusas en la ruta Bayano-Cartí fue hecha por el Ingeniero Jorge Young. El proyecto propuesto para la ruta Bayano Cartí, que incluye un lago sobre el Cauce del Río Bayano, afectaría las poblaciones de El Llano, Platanares, Cartí y La Loma, entre otras.

<sup>9</sup> Los buques cisternas denominados *Very Large Crude Carriers* (VLCC) que transportan petróleo crudo son usualmente buques de 250,000 toneladas de peso muerto. Los buques portacontenedores de 10,000 TEUs no exceden 120,000 toneladas de peso muerto. Panamá no es una ruta de significativa de transporte de crudo.



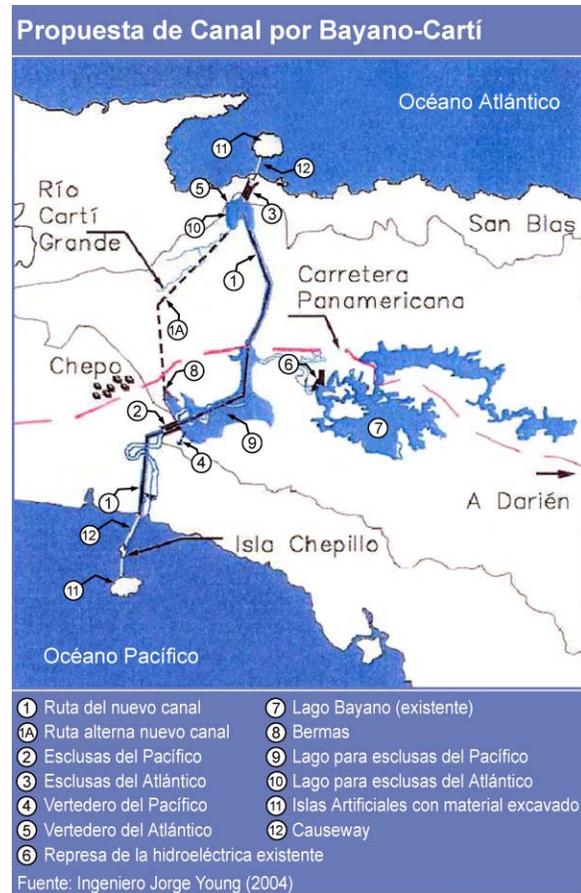
rados con poco aprovechamiento de economías de escala o de ámbito, por lo que no podrían operar como un sistema integrado. Además, este proyecto requeriría duplicar en el nuevo sitio mucha de la infraestructura, servicios y recursos ya disponibles en la ruta del Canal actual. El canal en la ruta propuesta estaría separado de los otros componentes del conglomerado de servicios de tránsito, tales como puertos, ferrocarril y nodo aéreo, que complementan la ruta por Panamá y conforman integralmente el sistema económico de tránsito de Panamá

Las dimensiones propuestas para esclusas y cauces apuntan a que esta propuesta está diseñado para buques cisternas de gran tamaño como los tanqueros VLCC que transportan crudo y los graneleros de alto calado. Se ha determinado que el crecimiento relevante para la ruta por Panamá estará liderado por los buques portacontenedores de hasta 12,000 TEUs que constituirán el mercado de mayor rentabilidad e intensidad para el Canal. Panamá no es ni será ruta importante e intensa para buques cisterna VLCC o graneleros de alto calado y, por lo tanto, la propuesta de esclusas por Bayano está sobredimensionada en términos del mercado que sería rentable para una ampliación del Canal. En este sentido, la inversión propuesta de B/.10,000 millones es significativamente superior a la inversión necesaria para explotar la demanda y por lo tanto no resulta rentable; y los análisis indican que tendría un rendimiento económico adverso, aparte de los problemas ambientales y socioeconómicos que acarrearía.

En conclusión, se determinó que esta propuesta tendría un rendimiento económico adverso y se anticipa que generaría impactos socio ambientales dramáticos. Las razones principales de su inviabilidad apuntan a que el canal objeto de esta propuesta no constituye un sistema integrado de tránsito con el Canal actual y que, por su separación del conglomerado de servicios de tránsito, no encaja con el enfoque de desarrollo de la ruta de Panamá.

#### 6.2.4 Propuesta de esclusa giratoria con compuertas circulantes

La ACP también considero la propuesta de utilizar esclusas giratorias de un sólo nivel con cuatro cámaras radiales cada una<sup>10</sup>. Esta propuesta in-



**Figura 6-2** Propuesta Bayano Cartí presentada por el Ingeniero Jorge Young.

<sup>10</sup> La propuesta de esclusa giratoria con compuertas circulantes fue presentada por el Ingeniero Renaud de STI Engineering.

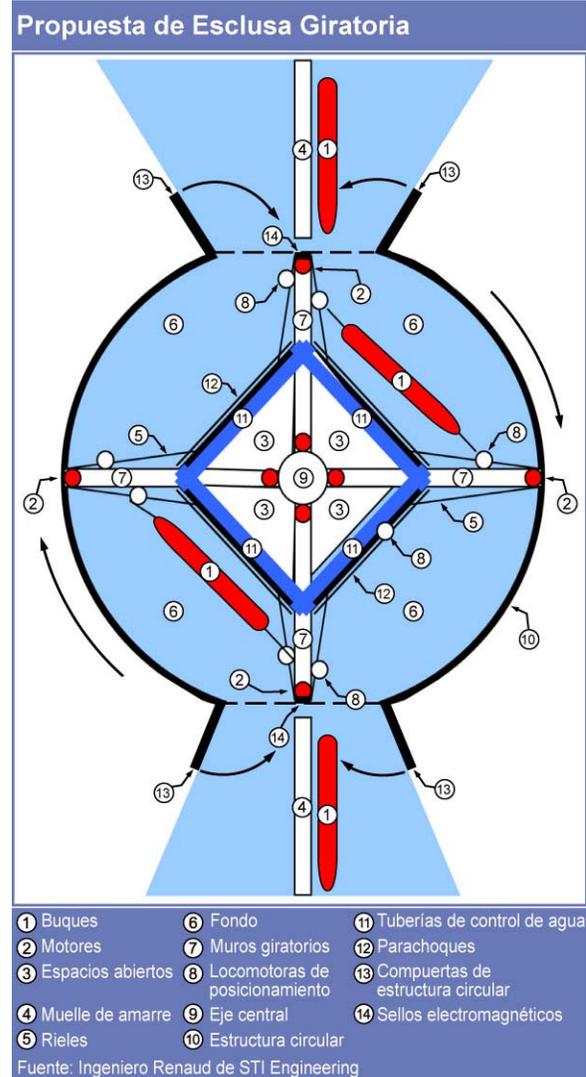


cluye el uso de trenes automatizados que asistirían a los buques en el posicionamiento dentro de las cámaras y un sistema de llenado transversal. Además implica evaluar el uso de bolsas de aire para reducir la utilización de agua. Considera varias opciones de sellos para las compuertas, entre los cuales menciona: platos electromagnéticos, sellos de caucho y cuñas. Sugiere lavar o desplazar el agua salada vertiendo agua dulce mientras el sistema está en movimiento circular. Propone que el sistema opere con buques entrando y saliendo de la cámara simultánea y continuamente (ver figura 6-3).

La ACP evaluó esclusas de uno, dos y tres niveles. Determinó que las esclusas de un sólo nivel utilizan más agua, generan mayor intromisión de agua de mar hacia el lago Gatún y tienen gran incertidumbre tecnológica por las enormes compuertas de más de 27 metros (150') de altura que necesitan. El análisis de opciones concluyó que las esclusas de tres niveles eran más favorables que las de menos niveles, en términos de rendimiento costo-beneficio, riesgo tecnológico, impacto ambiental y utilización de agua.

En conclusión, la propuesta de una esclusa giratoria está esbozada como una idea que requiere de significativos estudios, ensayos y pruebas para desarrollarla hasta una etapa razonable de previa factibilidad. En este sentido, quedan incertidumbres relevantes de factibilidad de construcción, operabilidad, durabilidad, tecnología, capacidad, redundancia, seguridad y costo por resolverse. Entre otros temas importantes irresueltos en esta propuesta destacan los altos montos de inversión y recursos requeridos para su realización.

En vista de que el concepto presentado se fundamenta en una esclusa con un sólo nivel y que la ACP pudo determinar, mediante extensos estudios, que la esclusa de un nivel tendría un desempeño inferior a la de dos y tres niveles, se concluyó que la idea de una esclusa giratoria no amerita seguirse desarrollando.



**Figura 6-3** Propuesta de esclusas giratorias de un sólo nivel con cuatro cámaras radiales presentada por STI.



### 6.2.5 Propuesta de Canal de esclusas de un nivel con tinajas apiladas para ahorro de agua

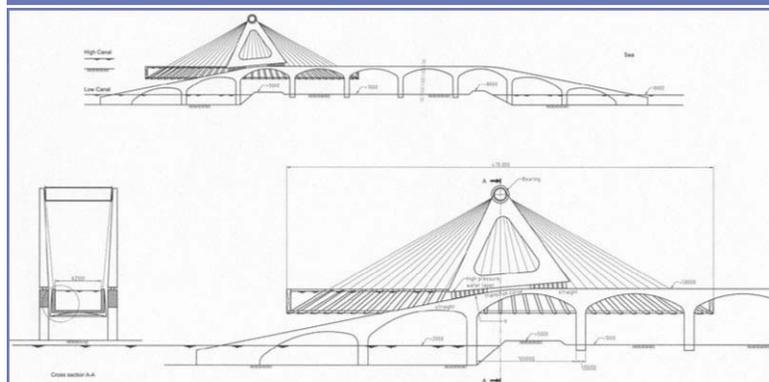
Esta propuesta consiste de un sistema de esclusas de un solo nivel, para mover los buques entre el nivel del lago Gatún y el nivel del mar, con tinajas de reutilización apiladas una sobre otras paralelas a la cámara de las esclusas<sup>11</sup>. Los análisis de la ACP respecto a esta propuesta señalaron que las esclusas de un nivel utilizan más agua, introducen mayor salinidad al lago y tienen riesgos tecnológicos superiores que las esclusas de dos o más niveles, incluso con tinajas para el ahorro del agua<sup>12</sup>. En consecuencia, con estos estudios y sus resultados, la ACP descartó la opción de esclusas de un sólo nivel en favor de estudiar con mayor profundidad complejos de esclusas de dos y de tres niveles.

La propuesta no desarrolla en detalle la configuración de piletas o tinajas apiladas ni suministra un concepto gráfico de la estructura. La ACP, no obstante, consideró la viabilidad de esquemas con una hasta tres piletas de ahorro de agua, paralelas, por cámara de esclusa. A través de un análisis de alternativas se determinó que la propuesta de un canal con esclusas de un nivel presenta desventajas con respecto a complejos de esclusas de dos o tres niveles. Los detalles de este análisis son presentados en la sección 6.4 de este capítulo.

### 6.2.6 Propuesta de tina elevadora de buques

Esta propuesta consiste en un gran elevador mecánico que porta una tina llena de agua la que, a su vez, transportaría los buques entre el nivel del océano y el nivel del lago Gatún<sup>13</sup>. El concepto utilizaría un muelle o tina de hormigón de 470 metros (1,541') de largo, colgado de torres de hormigón por cables de acero. Los buques entrarían a la tina llena de agua y la tina se movería a través de un plano inclinado entre el nivel del océano y el del lago. La tina de hormigón, similar a una cámara de esclusa, tendría compuertas a ambos extremos y sería basculante, de tal manera que la tina se mantendría horizontal cuando la torre suba o baje por la rampa (ver figura 6-4).

#### Propuesta de Canal con Elevador



Fuente: Van Driel Mechatronics (2002)

Figura 6-4 Propuesta de elevadores de buques de VDM.

<sup>11</sup> La propuesta de un Canal de esclusas de un nivel con tinajas apiladas para ahorro de agua fue presentada por el Ingeniero Paul Folberth.

<sup>12</sup> Para mayores detalles sobre el análisis del consumo de agua con esclusas de distintos niveles ver la Sección 6.4.2, de este capítulo.

<sup>13</sup> Por la empresa Van Driel Mechatronics



Esta propuesta presenta retos estructurales, operativos y de tecnología de alta incertidumbre que requieren significativos análisis y ensayos adicionales. De relevancia particular, queda por resolverse la velocidad de ciclo y el tiempo promedio entre fallas para determinar la durabilidad y capacidad que aportaría el sistema. En conclusión, esta propuesta representa una opción pionera de alto riesgo cuyos retos de ingeniería son significativos al ser comparados con otras opciones de menor riesgo tecnológico evaluadas por la ACP.

### 6.2.7 Propuesta de elevador de banda para buques

Esta propuesta supone que el Canal use un transportador de bandas o fajas para mover buques de menor tamaño entre el nivel del lago Gatún y el nivel del mar<sup>14</sup>. Proponen este sistema para embarcaciones menores, principalmente yates y botes recreativos de menor tamaño. Los transportadores como el propuesto son utilizados usualmente en marinas para sacar los botes del agua para darles mantenimiento en seco o para resguardarlos fuera del agua. Este sistema, según lo propuesto, se utilizaría para evitar los tránsitos de estas embarcaciones menores en esclusajes tandem con buques de mayor tamaño.

Esta propuesta no aporta capacidad adicional a la actual para el tránsito de buques de alto calado, ya que las embarcaciones menores transitan según exista espacio en los esclusajes de buques de mayor tamaño. En conclusión, los transportadores de banda no aportarían un incremento relevante en la capacidad del Canal y, por lo tanto, se han eliminado como opción viable para ampliar la capacidad del Canal.

### 6.2.8 Otras tecnologías propuestas

Además de las propuestas recibidas por la ACP sobre esquemas alternativos de ampliación, se han recibido propuestas de tecnologías específicas que complementarían la alternativa de una ampliación con esclusas, las cuales no han sido incorporadas en la propuesta de la ACP. A continuación se describen algunas de estas propuestas:

- **Propuesta de bolsas de aire para economizar agua en las esclusas**

La propuesta consiste en el uso de bolsas de aire o de agua ubicadas dentro de las cámaras de las esclusas para elevar o bajar los buques dentro de las cámaras<sup>15</sup>. La propuesta tiene por objeto reducir o hasta eliminar el uso de agua de los lagos para efectuar las operaciones de esclusaje (ver figura 6-5).

<sup>14</sup> La propuesta de un elevador de banda para buques fue presentada por la empresa Seahawk.

<sup>15</sup> La propuesta de bolsas de aire para economizar agua en las esclusas fue presentada por Saso Turk en el 2004.



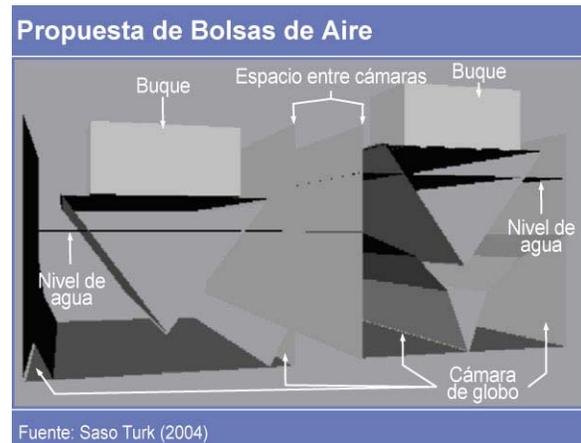
Esta propuesta fue presentada a nivel conceptual básico y no ofreció suficiente análisis sobre las variables clave que sustentan la viabilidad de la idea. El análisis de la ACP ha determinado un alto grado de incertidumbre y riesgo en variables significativas de este proyecto, tales como la energía necesaria para inflar las bolsas, el riesgo de que las bolsas sean perforadas por las hélices de los buques, la capacidad de soporte para levantar los buques, el impacto en la operación por los ciclos de inflar y desinflar, la vida útil de las bolsas, los ciclos de mantenimiento de las bolsas, y la posible intromisión de agua salada en el lago Gatún.

En conclusión, la propuesta de bolsas de aire requiere de mayor análisis, un período prolongado de pruebas y modelos hasta llegar a una etapa de factibilidad que demuestre rigurosamente su viabilidad técnica y operativa. Dado el nivel de riesgo inherente a esta propuesta y a la alta incertidumbre sobre los beneficios que podría brindar, la ACP concluyó que era más conveniente enfocar el análisis en otras opciones de ahorro de agua con factibilidad demostrada.

- **Propuesta de un sistema electromagnético de posicionamiento de buques**

Esta propuesta recomienda un sistema de electroimanes para posicionar los buques dentro de la cámara de las esclusas (ver figura 6-6)<sup>16</sup>. El Canal actual utiliza locomotoras para asistir, guiar y ubicar los buques dentro de las cámaras durante las operaciones de esclusaje. En otras esclusas alrededor del mundo, se utilizan remolcadores para asistir y posicionar a los buques durante los esclusajes.

En 1999, la ACP contrató a la Universidad de Texas A&M para que evaluara ideas innovadoras para asistir y posicionar buques en las esclusas. La propuesta de sistemas con electroimanes fue evaluada junto con otras 40 tecnologías propuestas. El resultado de este análisis determinó que los cascos de los buques están diseñados para resistir fuerzas compresivas del agua mientras que el sistema propuesto impartiría fuerzas de tensión sobre el casco. El efecto en los cascos de los buques de estas fuerzas electromagnéticas es desconocido y debe ser estudiado en profundidad y podría resultar en la necesidad de rediseñar algunas estructuras de los buques.



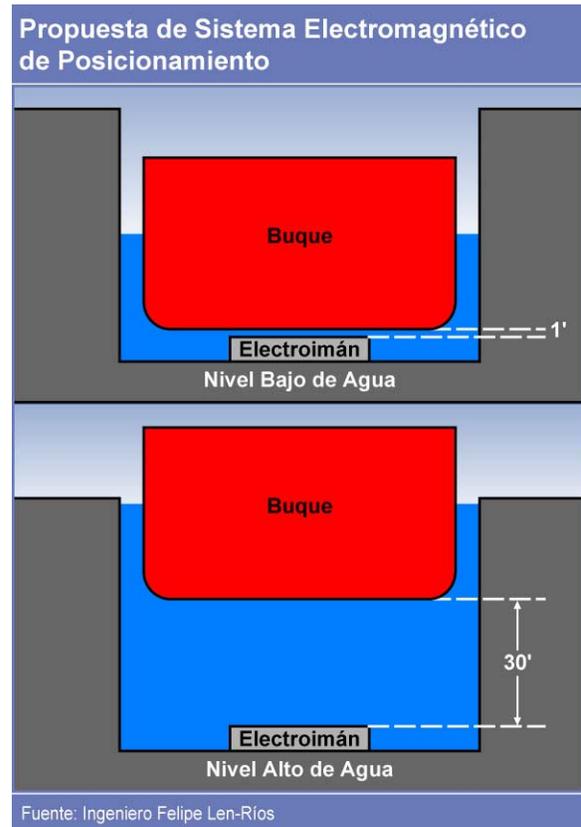
**Figura 6-5** Propuesta de bolsas de aire para economizar agua en las esclusas presentada por Saso Turk.

<sup>16</sup> La propuesta de un sistema electromagnético de posicionamiento de buques fue presentada por el Ingeniero Felipe Len-Ríos



Los estudios señalaron que el sistema de imanes propuesto desarrollaría campos magnéticos variables y de altas magnitudes con elevados requerimientos de energía. Estos campos magnéticos podrían afectar los sistemas electrónicos del Canal y de los buques, y hasta podría afectar la carga que fuese sensible a campos magnéticos. El sistema sólo operaría con buques con cascos ferrosos. El estudio de Texas A&M recomendó apenas 6 de las 41 alternativas analizadas para mayor estudio, y el sistema de posicionamiento electromagnético no fue incluido entre estas.

En conclusión, el sistema de posicionamiento propuesto tiene temas tecnológicos de gran incertidumbre que no han sido resueltos satisfactoriamente a nivel conceptual y, por lo tanto, se considera como una opción de alto riesgo, al ser comparada con otros sistemas de posicionamiento de menor costo y de experiencia comprobada. Además, queda pendiente de solución en este proyecto el posible impacto que tendrían estos campos magnéticos en la salud de las personas que laborarían dentro de su ámbito de influencia.



**Figura 6-6** Propuesta de un sistema de electro imanes para posicionar los buques dentro de la cámara de las esclusas, presentada por el ingeniero Felipe Len Ríos.

### 6.2.9 La ampliación como parte de un sistema integral de tránsito

Los estudios de demanda indican que todos los segmentos de mercado que operan en rutas marítimas por Panamá continuarán utilizando buques que puedan transitar por las esclusas actuales. Se ha estimado que con el Canal ampliado, cerca del 60% de la demanda de tránsito estará constituida por buques Panamax o menores. Por esta razón, el Canal actual, con un programa de mantenimiento adecuado, continuará siendo un activo útil y rentable por muchos años. La ampliación debe entenderse como una adición integral al Canal actual con el objetivo de potenciar las sinergias entre la infraestructura actual y la nueva. La ampliación de la capacidad del Canal no debe considerarse, por tanto, como reemplazo o sustituto del sistema actual de esclusas y cauces. La pauta del análisis establece que el programa de ampliación debe ser rentable por sus propios méritos económicos y debe poder operar en forma integrada con el sistema actual de cauces y esclusas de tal manera que optimice la capacidad total. Con esta premisa como base, el análisis de las alternativas evidenció que un sistema de tránsito integrado provee mayor capacidad por



unidad de inversión que la alternativa de dos sistemas o canales separados.

La ACP analizó los posibles esquemas de ampliación con criterios estrictos de rentabilidad y costo-beneficio, así como también con sentido estratégico, comercial, y de responsabilidad ambiental y social. La demanda y el potencial de ingresos y rentabilidad que la ampliación pueda proveer condicionan la conformación y montos de la inversión que se puede hacer para satisfacerla. En este sentido, los planteamientos para la ampliación mediante cauces a nivel del mar fueron descartados a favor de conceptos con esclusas que ofrecen un rendimiento económico superior y un impacto ambiental mucho menor. En consecuencia, la propuesta de una ampliación con esclusas constituye una mejor propuesta de valor, tanto para la ACP como para Panamá. Hoy al igual que en 1904, el Canal con esclusas resulta la opción más conveniente y con mejor sentido comercial.

### 6.3 Configuración del programa de ampliación del Canal

La ampliación del Canal mediante la construcción de un tercer juego de esclusas busca dotar al Canal de la capacidad necesaria para captar la creciente demanda, ofreciendo un servicio confiable que agregue valor a las cadenas de transporte de sus usuarios, permitiéndoles aprovechar las economías de escala que les ofrece el uso de buques de mayor tamaño. De esta manera, el Canal mantendrá su condición de eslabón vital en la cadena de transporte del comercio mundial, garantizando crecientes beneficios e ingresos a Panamá.

La ampliación del Canal consistirá en la construcción de un tercer juego de esclusas, de mayor tamaño que las esclusas existentes, con sus correspondientes cauces de navegación, sistemas de suministro y ahorro de agua, así como mejoras a los cauces de navegación existentes.

- **Esclusas nuevas con sus correspondientes cauces de navegación.** Consiste de dos complejos de esclusas de tres cámaras cada uno (ver figura 6-7). Un complejo estaría ubicado en el extremo Atlántico del Canal, localizado al este de las esclusas de Gatún y, el otro, en el extremo Pacífico del Canal, localizado al oeste de las esclusas de Mira-



**Figura 6-7** Vista Isométrica de la esclusa con sus compuertas y tres tinas de reutilización de agua. Nótese la relación de tamaño entre el buque, la cámara y las tinas de reutilización de agua.

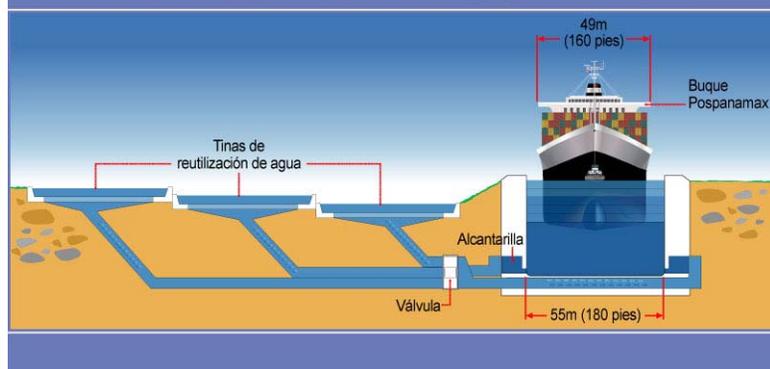


flores. Cada complejo de esclusas incluye nuevos cauces de navegación que las integran al sistema de cauces de navegación existente.

- Mejoras a los cauces de navegación existentes.** El programa incluye el ensanche y la profundización de los cauces de navegación en las entradas del Pacífico y Atlántico, la bordada de Gamboa y los cauces del lago Gatún para permitir el tránsito de buques pospanamax.
- Implementación de un programa de suministro y ahorro de agua.** Para proveer el agua necesaria para satisfacer el consumo de la población metropolitana y el funcionamiento del Canal ampliado, el programa incluye los siguientes proyectos de suministro y ahorro de agua: (1) subir el nivel máximo operativo del lago Gatún (2) profundizar los cauces de navegación del lago Gatún y (3) construir tres tinas de reutilización de agua por cada cámara de las nuevas esclusas (ver figuras 6-8 y 6-9). Los dos primeros proyectos incrementarán la capacidad de almacenamiento del lago Gatún y el tercer proyecto reducirá la cantidad de agua que utilizarán las nuevas esclusas<sup>17</sup>.

Mediante un proceso de evaluación y análisis de más de cinco años, en el cual participaron más de 150 expertos, entre ellos técnicos de la ACP y consultores, se han identificado, analizado y combinado los componentes fundamentales de cada una de las partes del programa de ampliación. Durante la etapa de diagnóstico y análisis, se consideraron numerosas opciones para cada componente y se recomendaron las opciones que ofrecen los ma-

### Sección Transversal del Nuevo Complejo de Esclusas



**Figura 6-8** Ilustración de la sección transversal de la nueva esclusa. La propuesta del Plan Maestro contempla el uso de tres tinas de agua.

### Representación Conceptual de Tercer Juego de Esclusas con Tinas de Reutilización de Agua



**Figura 6-9** Ilustración conceptual de las tres cámaras de la esclusa pospanamax, mostrando las tres tinas paralelas de reutilización de agua por cámara y las compuertas rodantes.

<sup>17</sup> El programa hídrico se analiza en detalle en el capítulo 7.



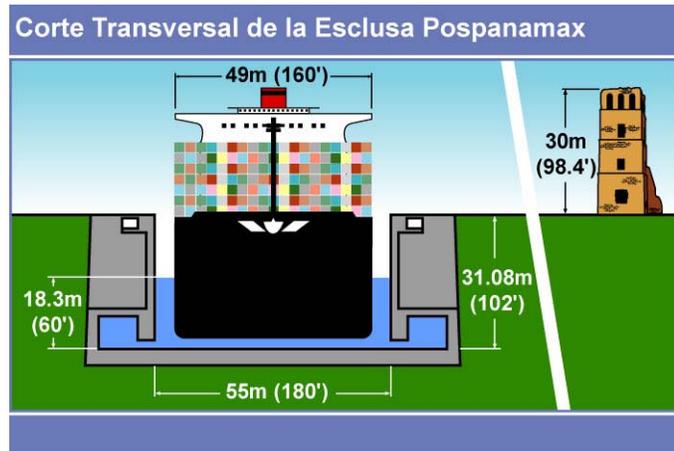
yores beneficios.

Los criterios utilizados para evaluar los beneficios que representan estos componentes fueron: (1) los beneficios para el país y el Canal, (2) las opciones futuras de crecimiento que se derivarán de la ampliación, (3) los costos de inversión, (4) los costos operativos, (5) la utilización de agua, (6) la flexibilidad operativa, (7) la seguridad de la navegación, (8) la factibilidad de construcción, (9) los impactos ambientales y (10) el riesgo tecnológico. A su vez, se determinaron los beneficios y desventajas de cada alternativa, por separado y en conjunto, como parte del proceso de selección de los componentes. El proceso de análisis y evaluación culminó con el planteamiento de la configuración fundamental del programa de ampliación, que continuará siendo evaluada y mejorada, en la medida en que avance el proceso de diseño final y se inicie su implementación.

## 6.4 Esclusas

Se propone construir esclusas con dimensiones adecuadas para manejar buques pospanamax de 150,000 a 170,000 toneladas de desplazamiento. Las cámaras serán de 55 metros (180') de ancho por 427 metros (1,400') de largo por 18.3 metros (60') de profundidad mínima (ver figura 6-10). Funcionarán con compuertas rodantes y con un sistema de llenado y vaciado por gravedad a través de conductos (alcantarillas) internos y aperturas en los muros laterales de las cámaras<sup>18</sup>.

Estas esclusas usarán remolcadores para el posicionamiento y maniobra de buques dentro de las cámaras (ver figura 6-11)<sup>19</sup>. Se construirá un complejo de esclusas de tres niveles en el extremo Atlántico del Canal y otro en el extremo Pacífico<sup>20</sup>. Las esclusas nuevas propuestas incluirán un sistema de tres tinas de reutilización de agua por cada cámara de esclusas. Las tinas de reutilización de agua se ubicarán en el Atlántico al lado este de la esclusa y, en el Pacífico, al oeste de la esclusa<sup>21</sup>.



**Figura 6-10** Sección transversal de la esclusa pospanamax a escala comparada con la Torre de Panamá Vieja. Se ilustra un buque portacontenedores pospanamax de 12,000 TEUs.

### 6.4.1 Criterios utilizados para definir las dimensiones de las cámaras de la esclusa

<sup>18</sup> Las esclusas actuales operan con compuertas de inglete y sistema de llenado y vaciado por alcantarillas en el piso de la esclusa.

<sup>19</sup> Las esclusas actuales usan locomotoras para asistir y posicionar a los buques dentro de la cámara.

<sup>20</sup> Las esclusas actuales en el extremo Pacífico del Canal están conformadas en dos complejos separados. Uno de dos niveles (escalones) ubicado en Miraflores y otro de un nivel en Pedro Miguel.

<sup>21</sup> El análisis de rendimiento hídrico de las tinas de reutilización de agua se detalla en el capítulo 7.

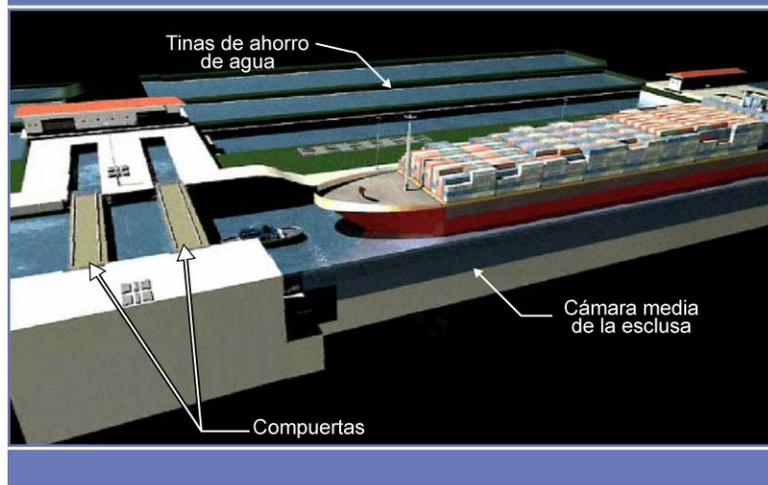


Las dimensiones de las cámaras de las esclusas propuestas manejarán eficientemente los tamaños de buques portacontenedores pospanamax existentes y futuros. Estos buques son concebidos para transportar mayores volúmenes de carga al menor costo, dentro de la ruta comercial en la que operan. Los mismos aportarán gran parte de los ingresos necesarios para hacer rendir la inversión requerida para el programa de ampliación.

Para definir el tamaño del buque de referencia utilizado para establecer las dimensiones de las cámaras de la esclusa, se hizo un análisis de alternativas utilizando tres parámetros: la manga, la eslora, y el calado del buque. Cada uno de estos tres parámetros fue dividido en tres rangos representativos, a los cuales se les aplicaron criterios de selección. A los criterios de selección, a su vez, se les asignaron pesos porcentuales. Dependiendo del valor asignado a cada criterio durante el proceso de análisis y del peso porcentual asignado, cada rango recibió puntos, los cuales se distribuyeron en una escala del uno al cinco, siendo cinco el resultado más favorable. Finalmente, esta escala se dividió en cinco partes, desde “muy favorable”, que equivale a cinco (5) en la escala, a “muy adverso” que equivale a uno (1) en la misma escala.

- La manga del buque.** Los criterios de selección utilizados para definir la manga del buque fueron: impacto sobre la demanda, monto de inversión, impacto en la capacidad, impacto en la utilización de agua y riesgo tecnológico y operativo. El criterio de “impacto sobre la demanda” define el tráfico de buques pospanamax que se captaría con los tres rangos de manga utilizados. “Monto de inversión” se refiere al costo relativo de la infraestructura necesaria para acomodar buques con estos rangos de manga. “Impacto en la capacidad” se refiere a la cantidad de buques que pueden transitar de forma sostenible en un sistema diseñado para buques dentro de los tres rangos de manga utilizados. Se presume que mientras mayores sean las estructuras del sistema (entiéndase las esclusas) mayor será la capacidad del sistema, ya que permitirá a buques con mangas menores que las de referencia maniobrar con más facilidad en menos tiempo. El criterio “impacto en la utilización de agua” presume que mientras mayor sea la manga del buque, mayores serán también las cámaras de la esclusa, lo que aumentará la utilización de agua. Finalmente, el “riesgo operativo” apunta a

#### Vista Parcial de Esclusas y Compuertas Pospanamax



**Figura 6-11** Ilustración conceptual de las tres cámaras de la esclusa pospanamax, mostrando las tres tinas paralelas de ahorro de agua por cámara, las compuertas rodantes y el sistema de posicionamiento de buques con remolcadores.



que, mientras más grande la manga del buque de referencia, mayores serán las cámaras de las esclusas, lo que disminuirá el riesgo de incidentes en las mismas para aquellos buques con tamaños menores al buque de referencia.

El análisis de alternativas para definir la manga del buque de referencia determinó que una manga de hasta 49 metros (160') es la más favorable (ver figura 6-12 y 6-13).

- **La eslora del buque.** Los criterios de selección utilizados para definir la eslora del buque de referencia fueron: impacto sobre la demanda, monto de inversión e impacto en la utilización de agua. El criterio “impacto sobre la demanda” define la demanda de buques pospanamax que se captaría con los tres rangos de eslora utilizados. “Monto de inversión” se refiere al costo de la infraestructura necesaria para acomodar buques con esloras dentro de estos rangos. El criterio “impacto en la utilización de agua” supone que mientras mayor la eslora del buque, mayor serán las cámaras de las esclusas y mayor, también, la utilización de agua.

El análisis de alternativas para definir la eslora del buque de referencia determinó que la eslora de 366 metros (1200') es la más favorable (ver figura 6-14 y 6-15).

- **El calado del buque.** Los criterios de selección utilizados para definir el calado del buque de referencia

Criterio de Selección de Ancho de Esclusas Para 3 Rangos de Manga de Buque			
Criterio de Selección*	Manga de 44m (145')	Manga de 49m (160')	Manga de 55m (180')
Impacto en la Demanda (% de buques > 107' de la demanda potencial)	70% de la demanda potencial (Regular)	98% de la demanda potencial (Muy Bueno)	100% de la demanda potencial (Muy Bueno)
Monto de Inversión (millones de Balboas)	B/. 1,121 - 100% (Muy Bueno)	B/. 1,234 - 110% (Bueno)	B/. 1,402 - 125% (Bueno)
Capacidad Máxima (esclusajes/día)	14 esclusajes/día (Muy Bueno)	15 esclusajes/día (Muy Bueno)	16 esclusajes/día (Muy Bueno)
Utilización de Agua (esclusaje equivalente)	2.0 esclusajes (Muy Bueno)	2.3 esclusajes (Bueno)	2.5 esclusajes (Regular)
Riesgo Tecnológico (alto-medio-bajo)	Bajo Riesgo (Bueno)	Bajo Riesgo (Bueno)	Bajo Riesgo (Bueno)
Riesgo Operativo (alto-medio-bajo)	Alto Riesgo (Malo)	Riesgo Moderado (Regular)	Bajo Riesgo (Bueno)

\*Con base en una esclusa de 3 niveles con eslora máxima de 366m (1,200'), calado máximo de 15.2m (50'), con compuertas rodantes, con remolcadores como sistema de posicionamiento de buques, sin tinas de reutilización de agua, realizando en promedio 10 esclusajes diarios con la demanda potencial más probable del AF 2025.

Figura 6-12 Tabla de análisis de alternativas utilizada para definir la manga del buque utilizado para el diseño de las cámaras de las nuevas esclusas.

Resumen de Análisis de Ancho de Esclusas Para 3 Rangos de Manga de Buque						
Criterio de Selección*	Peso	Manga de 44m (145')	Manga de 49m (160')	Manga de 55m (180')		
Impacto en la Demanda	30%	2.3	4.8	5.0		
Monto de Inversión	25%	5.0	4.4	3.6		
Impacto en la Capacidad	20%	3.5	4.3	5.0		
Impacto en la Utilización de Agua	20%	5.0	3.8	2.5		
Riesgo Tecnológico y Operativo	5%	2.0	3.0	4.0		
<b>Puntaje Total</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>86%</b>	<b>82%</b>		

\*Con base en una esclusa de 3 niveles con eslora máxima de 366m (1,200'), calado máximo de 15.2m (50'), con compuertas rodantes, con remolcadores como sistema de posicionamiento de buques, sin tinas de reutilización de agua, realizando en promedio 10 esclusajes diarios con la demanda potencial más probable del AF 2025.

Figura 6-13 Resumen de la Tabla de análisis de alternativas utilizada para definir la manga del buque de referencia.



fueron: impacto sobre la demanda y monto de inversión. El criterio “impacto sobre la demanda” define la demanda de buques pospanamax que se captaría con los tres rangos de calado utilizados. “Monto de inversión” se refiere al costo relativo de la infraestructura necesaria para acomodar buques con calados dentro de estos rangos. El análisis de alternativas para definir el calado del buque de referencia determinó que el calado de 15.1 metros (50’) en agua dulce tropical (ADT) es el más favorable (ver figura 6-16).

Criterio de Selección de Largo de Esclusas Para 3 Rangos de Eslora de Buque			
Criterio de Selección*	Eslora de 305m (1,000')	Eslora de 366m (1,200')	Eslora de 396m (1,300')
Impacto en la Demanda (% de buques > 107' de la demanda potencial)	60% de la demanda potencial (Malo)	100% de la demanda potencial (Muy Bueno)	100% de la demanda potencial (Muy Bueno)
Monto de Inversión (millones de Balboas)	B/. 1,121 - 100% (Muy Bueno)	B/. 1,234 - 110% (Bueno)	B/. 1,402 - 125% (Bueno)
Capacidad Máxima (esclusajes/día)	15 esclusajes/día (Muy Bueno)	15 esclusajes/día (Muy Bueno)	15 esclusajes/día (Muy Bueno)
Utilización de Agua (esclusaje equivalente)	1.9 esclusajes (Muy Bueno)	2.3 esclusajes (Bueno)	2.5 esclusajes (Regular)
Riesgo Tecnológico (alto-medio-bajo)	Riesgo Moderado (Regular)	Riesgo Moderado (Regular)	Riesgo Moderado (Regular)
Riesgo Operativo (alto-medio-bajo)	Riesgo Moderado (Regular)	Riesgo Moderado (Regular)	Riesgo Moderado (Regular)

\*En base a una esclusa de 3 niveles, con manga máxima de 49m (160'), calado máximo de 15.2m (50'), con compuertas rodantes, con remolcadores como sistema de posicionamiento de buques, sin tinas de reutilización de agua, realizando en promedio 10 esclusajes diarios con la demanda potencial más probable del AF 2025.

Figura 6-14 Tabla de análisis de alternativas utilizada para definir la manga del buque utilizado para el diseño de las cámaras de las nuevas esclusas.

### 6.4.2 Buque de referencia

El segmento de portacontenedores se perfila como el mercado clave del crecimiento de la ruta por el Canal. El tamaño del buque definido para el diseño de las cámaras de las esclusas está condicionado por las dimensiones de los buques que se proyectan serán el tamaño estándar de buques pospanamax en ese segmento. Actualmente, los buques portacontenedores de mayor tamaño en uso son los buques de la serie 9200, de la naviera MSC (Mediterranean Shipping Company), que los emplaza en la ruta traspacífica de Asia a la costa oeste de los Estados Unidos y en las rutas de Europa a Asia. Estos buques tienen una eslora de 337 m, manga de 46 m y calado máximo de 15 m. Los buques portacontenedores pospanamax que operan actualmente están configurados con 15 a 18 filas de contenedores a lo ancho y tienen una capacidad nominal de 5,500 a 9,200 TEUs. Actualmente, el buque portacontenedor de mayor tamaño en construcción es el ordenado por la empresa naviera COSCO al astillero

Resumen de Análisis de Largo de Esclusas Para 3 Rangos de Eslora de Buque					
Criterio de Selección*	Peso	Eslora de 305m (1,000')	Eslora de 366m (1,200')	Eslora de 396m (1,300')	
Impacto en la Demanda	40%	1.0	5.0	5.0	
Monto de Inversión	30%	5.0	4.0	4.0	
Impacto en la Utilización de Agua	30%	5.0	4.0	3.0	
<b>Puntaje Total</b>	<b>100%</b>	<b>71%</b>	<b>88%</b>	<b>78%</b>	

Puntaje

Muy Favorable

Favorable

Neutro

Adverso

Muy Adverso

\*Con base en una esclusa de 3 niveles, con manga máxima de 49m (160'), calado máximo de 15.2m (50'), con compuertas rodantes, con remolcadores como sistema de posicionamiento de buques, sin tinas de reutilización de agua, realizando en promedio 10 esclusajes diarios con la demanda potencial más probable del AF 2025.

Figura 6-15 Resumen de la tabla de análisis de alternativas utilizada para definir la eslora del buque de referencia.



Hyundai Heavy Industries, en Corea del Sur, con capacidad nominal de 10,000 TEUs. Este buque estará entrando en servicio en 2008 (ver figura 6-17).

Al presente, los mayores puertos del este de Asia pueden manejar buques de 10,000 TEUs y se están adecuando para manejar buques con capacidad de 12,000 TEUs. Por su parte, los puertos de la costa este de los Estados Unidos están acondicionando su infra y superestructura, además de estar ampliando y optimizando sus redes de interconectividad terrestre, con el fin de poder manejar buques de hasta 10,000 TEUs con perspectivas a mediano plazo de recibir buques con capacidad de 11,000 a 12,000 TEUs (ver figura 6-18).

Las dimensiones de la cámara de las esclusas nuevas propuestas en este Plan Maestro permitirán el manejo rutinario del buque portacontenedores pospanamax de referencia. El buque de referencia toma en consideración tanto los beneficios que produce a los navieros como las restricciones de los puertos relevantes en la ruta del Canal<sup>22</sup>. Este buque tendrá una eslora de 366 metros (1,200'), una manga de 49 metros (160') y un calado máximo de 15 metros (50') en agua dulce tropical (ADT). En términos de carga, acomodará 19 filas de contenedores a lo ancho y tendrá una capacidad de hasta 12,000 TEUs. Las dimensiones de las esclusas nuevas propuestas, además de poder acomodar buques portacontenedores pospanamax, también permitirán el tránsito de buques de graneles secos de dimensiones *Capesize* y buques cisternas (tanqueros) de dimensiones *Suezmax*<sup>23</sup> con desplazamientos máximos de entre 150,000 y 170,000 toneladas.

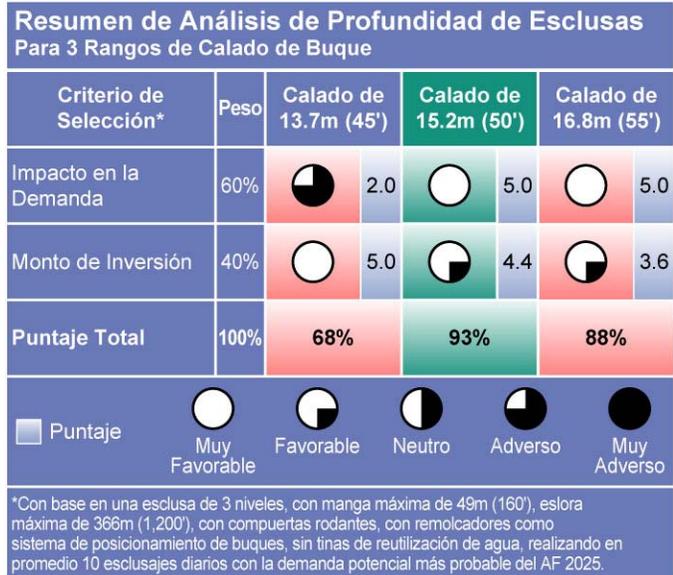


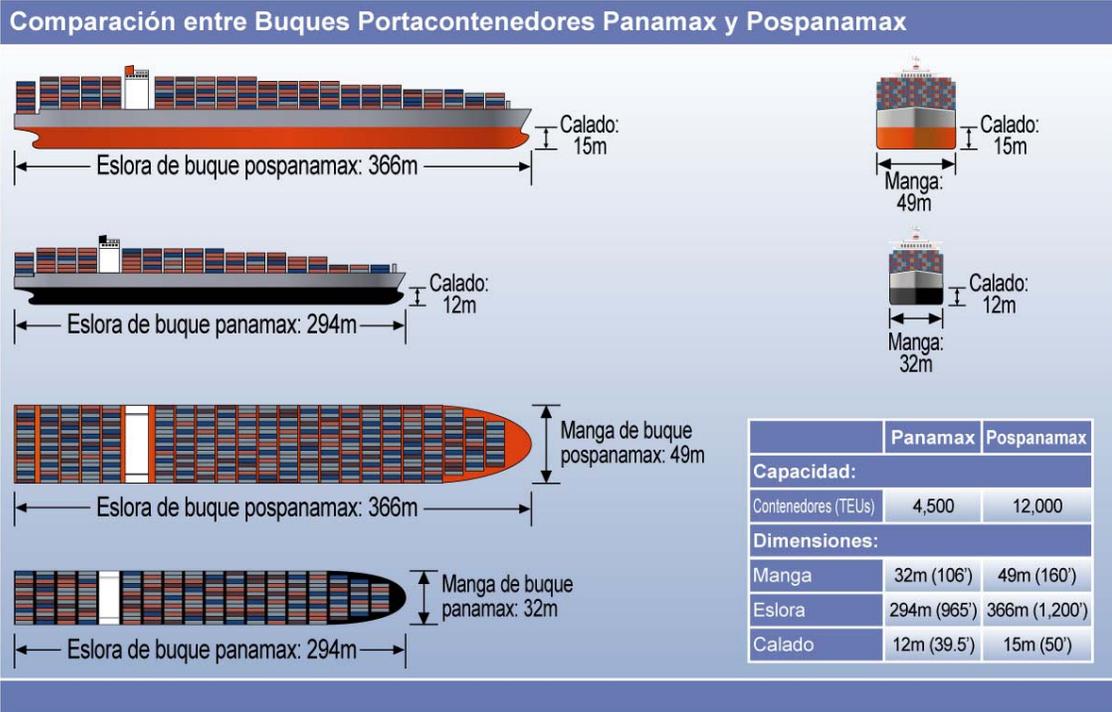
Figura 6-16 Resumen de la tabla de análisis de alternativas utilizada para definir el calado máximo del buque de referencia.

Características de Buques Pospanamax Mayores de 8000 TEUs							
Nombre	Naviera	TEUs Nominal	Eslora	Manga	Calado Máximo en Agua Salada	Peso Muerto	Contenedores a lo Ancho
CMA CGM Hugo	CMA CGM	8,238	334m	43m	14.5m	102,000 t	17 filas
Axel Maersk	Maersk Sealand	6,600	352m	43m	14.5m	109,000 t	17 filas
Samsung 1509	MSC	9,200	334m	46m	14.5m	109,600 t	18 filas
Seaspan	Seaspan	9,600	335m	46m	14.5m	102,200 t	18 filas
Hyundai 1801	COSCO	10,000	349m	46m	14.5m	115,000 t	18 filas

Figura 6-17 La tabla ilustra ejemplos de buques portacontenedores pospanamax que operan ó operaran en las principales rutas comerciales. Se pronostica que buques con estas dimensiones serán predominantes en la ruta por el Canal una vez que el mismo cuente con la infraestructura para su manejo.

<sup>22</sup> Los puertos principales de la costa este de los Estados Unidos son los de Savannah, Charleston, Norfolk y Nueva York/Nueva Jersey.

<sup>23</sup> Los buques *Capesize* y *Suezmax* típicos tienen un peso muerto de 130,000 a 140,000 toneladas; con eslora de entre 270 y 290 m y manga entre 40 y 45 m.



**Figura 6–18** Comparación entre un buque portacontenedores Panamax, con las dimensiones máximas para transitar el Canal, y lo que sería el nuevo buque Panamax en el Canal ampliado. El nuevo buque tendría hasta 2.5 veces la capacidad de carga del actual buque Panamax.

El programa propuesto contempla que los cauces de navegación se mejoren y ajusten en la medida en que aumente el número de tránsitos y el tamaño de los buques. En otras palabras, aun cuando las nuevas esclusas se construyeran para acomodar al buque de referencia, las dimensiones de los cauces de navegación no necesitarán ajustarse inmediatamente para manejar buques con esas dimensiones, sino que se hará paulatinamente, en la medida en que la demanda así lo requiriese.

La ACP propone que el programa del tercer juego de esclusas inicie operaciones con una configuración de cauces que permita transitar a los buques pospanamax existentes (de hasta 46 metros ó 151' de manga y con capacidad de hasta 10,500 TEUs). De acuerdo con los análisis hechos, estos buques serán los que se utilizarán con mayor intensidad por el Canal después de haber entrado en funcionamiento el tercer juego de esclusas. Consecuentemente, los cauces de navegación tendrán las dimensiones apropiadas para permitir la navegación segura y eficiente de los mismos. Las dimensiones de los cauces se modificarían para acomodar buques más grandes, en la medida en que la demanda lo requiriera y las inversiones correspondientes se justificaran.



### 6.4.3 Cámaras o niveles de las nuevas esclusas

La cantidad de cámaras o niveles de las esclusas incide directamente sobre la cantidad de buques que pueden transitar por la esclusa, el volumen de agua que se utiliza para el esclusaje, el monto de la inversión y la calidad del agua del lago Gatún. Para determinar el número óptimo de cámaras, la ACP estudió alternativas de esclusas con una, dos y tres cámaras. A estas tres alternativas se les aplicaron criterios de selección a los cuales, a su vez, se les aplicó un peso porcentual (ver figura 6-19).

De los criterios de selección utilizados para determinar el número más favorables de niveles para la esclusa pospanamax, los criterios relacionados con el monto de inversión, la calidad y utilización de agua, el impacto sobre la capacidad y el riesgo tecnológico y operativo fueron identificados como los más relevantes<sup>24</sup>. Al analizar el primer criterio, monto de inversión, se determinó que, de las tres alternativas, la esclusa de una cámara tendría costos de 10% a 20% menores que la esclusa de dos y tres niveles<sup>25</sup>. Sin embargo, el riesgo tecnológico asociado con la construcción de esclusas con una sola cámara es sumamente alto y mitigar este riesgo representaría un costo adicional. Este costo de mitigación no fue incorporado al monto de inversión utilizado en este análisis, ya que para determinar el mismo serían necesarios estudios adicionales que no agregarían ningún valor a la propuesta de ampliación. Aun sin estos costos adicionales, la esclusa de un nivel ha resultado ser la menos beneficiosa.

El criterio referente al impacto sobre la capacidad se refiere a la cantidad de esclusajes que pudiese efectuar la esclusa, de manera sostenible, por un espacio de tiempo determinado (un día, una semana, un mes, un año). El factor principal que determina la capacidad de la esclusa es el tiempo de ciclo<sup>26</sup>, ya que determina la cantidad de esclusajes que puede efectuar

Resumen de Análisis del Número de Niveles de las Exclusas						
Criterio de Selección*	Peso	Esclusa de 1 Nivel	Esclusa de 2 Niveles	Esclusa de 3 Niveles		
Monto de Inversión	35%	5.0	4.0	4.0		
Impacto en la Capacidad	20%	2.0	5.0	5.0		
Impacto en la Calidad y Utilización de Agua	30%	1.0	4.0	5.0		
Riesgo Tecnológico y Operativo	15%	2.0	4.0	5.0		
<b>Puntaje Total</b>	<b>100%</b>	<b>55%</b>	<b>86%</b>	<b>92%</b>		

Puntaje: Muy Favorable, Favorable, Neutro, Adverso, Muy Adverso

\*Con base en una esclusa con manga máxima de 49m (160'), eslora máxima de 366m (1,200'), calado máximo de 15.2m (50'), con compuertas rodantes, con remolcadores como sistema de posicionamiento de buques, sin tinas de reutilización de agua, realizando en promedio 10 esclusajes diarios con la demanda potencial más probable del AF 2025.

**Figura 6-19** Resumen de la tabla de análisis de alternativas utilizada para definir el número de niveles más adecuado para las esclusas pospanamax.

<sup>24</sup> Los análisis se desarrollaron durante 8 meses en los Talleres de Análisis de Alternativas del Plan Maestro, los cuales fueron llevados a cabo por la ACP de Julio del 2003 a Febrero del 2004.

<sup>25</sup> Basados en los resultados del estudio de los consultores Consorcio pospanamax (CPP)

<sup>26</sup> El tiempo de esclusaje se define como el tiempo desde que un buque inicia su paso por las cámaras de las esclusas hasta que lo completa. El tiempo de ciclo se define como el tiempo que transcurre desde que un buque inicia su paso por la esclusa hasta que la primera cámara



la esclusa. El análisis estableció que los tiempos de ciclo son similares en una esclusa con tres niveles y dos niveles, aunque la esclusa de tres niveles presenta un tiempo de ciclo ligeramente más corto que la de dos niveles<sup>27</sup>.

Para llevar a cabo los análisis de las alternativas referentes a la calidad de agua<sup>28</sup>, se utilizaron los resultados obtenidos del “Estudio de intromisión de agua salada para diferentes configuraciones de esclusas” efectuado por WL Delft Hydraulics. Los resultados de este estudio concluyen que: (1) la esclusa de tres niveles presentaba el menor impacto sobre la calidad de agua y (2) que este impacto es insignificante de acuerdo con los estándares de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA). Por su parte, el estudio de “Diseño Conceptual de las Esclusas del Pacífico”, efectuado por el Consorcio Post Panamax (CPP), estableció que la esclusa de un nivel consume tres veces más cantidad de agua que la esclusa de tres niveles, mientras que la de dos niveles consume 1.5 veces más agua que la de tres niveles.

El criterio relativo al riesgo tecnológico y operativo se refiere a la existencia y experiencia en la construcción y operación de esclusas con dimensiones de cámara similares a las propuestas. Actualmente, no existen construcciones de esclusas con dimensiones de cámaras similares a las que se proponen para la esclusa de un nivel. Las dimensiones de las cámaras que se utilizarán para una esclusa de tres niveles son las más parecidas a las dimensiones de cámaras que ya existen y operan en varias ciudades portuarias del norte de Europa. El análisis de las alternativas concluyó con la selección de una esclusa de tres cámaras o niveles (ver figura 6-20).



**Figura 6–20** Representación artística de la esclusa pospanamax de tres niveles, con doble juego de compuertas rodantes y tinas de reutilización de

#### 6.4.4 Ubicación y alineamiento de las nuevas esclusas

El complejo de esclusas pospanamax propuesto para el Pacífico se ubicará en lo que se ha denominado el alineamiento PMD<sup>29</sup>, al oeste de las esclusas de Miraflores (ver figura 6-21). El complejo de esclusas pospanamax propuesto para el Atlántico se ubicará en lo que se ha denominado

del complejo de la esclusa está lista para recibir al próximo buque. En este sentido, el tiempo de ciclo es más corto que el tiempo de eslu-saje.

<sup>27</sup> Esto se debe a que los tiempos de llenado y vaciado de las cámaras son más cortos en las esclusas de tres niveles que en la de dos, debido a las diferencias en las elevaciones de las cámaras.

<sup>28</sup> Las alternativas analizadas fueron esclusas de uno, dos y tres niveles, todas sin tinas de reutilización de agua.

<sup>29</sup> PMD es la sigla usada para definir el alineamiento del Pacífico Moncayo-Delgado, denominado así por los nombres de los dos Ingenieros que dirigieron su análisis: Gilberto Moncayo y Rigoberto Delgado



el alineamiento A-1, al este de las esclusas de Gatún (ver figura 6-22). Estos alineamientos son el resultado de un diagnóstico minucioso de posibles opciones y de múltiples ensayos de optimización<sup>30</sup>. Los alineamientos propuestos utilizan al máximo los cauces de navegación existentes, aprovechan la topografía y geología del área, minimizan los volúmenes y costos de las excavaciones y obras civiles, reducen el impacto ambiental y minimizan el impacto sobre la operación del Canal.

La esclusa nueva del Pacífico estará conectada directamente con el extremo sur del Corte Culebra (a la altura de la estación 2013), por medio de un cauce de acceso de 5.8 kms. (3.2 millas náuticas) de longitud, que circunvalará el lago Miraflores. En otras palabras, en el lado Pacífico, los buques transitarán del nivel del mar hasta el nivel del lago Gatún sin pasar por el lago Miraflores ni por las esclusas de Miraflores o Pedro Miguel. Este diseño permitirá una operación de esclusaje más eficiente que la actual, cuya disposición es de dos complejos de esclusas separados. Un cauce adicional, hacia el sur, de 1.3 kilómetros (0.8 millas náuticas), conectará la esclusa con la entrada de mar existente.

La esclusa del Atlántico incluye un cauce de acceso de 3.2 kms de largo que conectará con la entrada del mar del Canal actual (ver figura 6-22). La ubicación propuesta para la esclusa nueva del Atlántico aprovechará una porción significativa de las excavaciones del proyecto de tercer juego de esclusas, iniciado por los norteamericanos en 1939, situación que reducirá las necesidades de excavación y, por ende, los costos de construcción.

Los cauces de acceso o aproximación a las esclusas nuevas propuestas estarán diseñados para permitir el tráfico, en una sola dirección, de buques pospanamax con las siguientes dimensiones: manga de 46.3 metros (152'), eslora de 366 metros (1,200') y calados máximos variables, de hasta 15.2 metros (50') ADT con un nivel del lago de 25.9 metros (85'). Sobre la base de las recomendaciones de PIANC<sup>31</sup> y la experiencia de la ACP, se deter-



**Figura 6-21** El alineamiento de la esclusa pospanamax del Pacífico estaría al suroeste de las esclusas de Miraflores y requeriría de dos nuevos cauces de que la conectarán con el Corte Culebra y la entrada de mar.

<sup>30</sup> Opciones analizadas por expertos de la ACP con la asesoría de representantes de la Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos, así como también por expertos de la Cámara Panameña de la Construcción apoyados por consultores del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos y por el consorcio Coine Et Bellier- Tractebel.

<sup>31</sup> PIANC es la Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación, (*Permanent International Association of Navigation Congresses*).



minó que los cauces de acceso a las nuevas esclusas requerirán de un ancho mínimo de 218 metros (715')<sup>32</sup>.

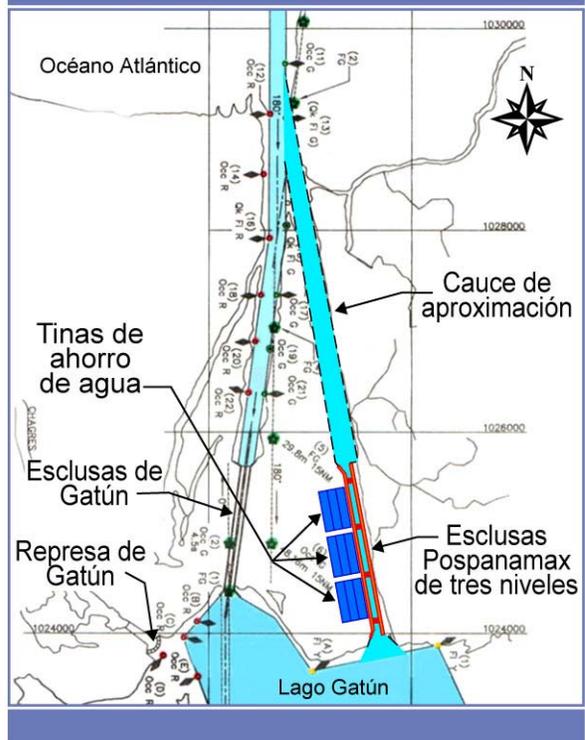
#### 6.4.5 Compuertas de las nuevas esclusas

Las compuertas de las esclusas son uno de los componentes más críticos en la construcción y operación de las esclusas. Las compuertas retienen el agua del lago Gatún y de los océanos, dividen las cámaras de las esclusas y tienen un impacto directo sobre el tiempo de uso y de mantenimiento de la esclusa. Existen dos tipos de compuertas que pudiesen ser utilizadas en las nuevas esclusas: compuertas de inglete y compuertas rodantes.

Ambos tipos de compuertas se utilizan ampliamente alrededor del mundo. Sin embargo, según estudios de PIANC e investigaciones de la ACP, sólo las esclusas de Royal Portbury en Bristol, Inglaterra, utilizan compuertas de inglete para una cámara pospanamax de 42.7 metros (140') de ancho. En contraste, en Europa existen ocho esclusas con compuertas rodantes para cámaras con anchos superiores a 55 metros (180'), de las cuales la esclusa de Zandvliet en Bélgica ha estado en operaciones por más de 40 años (ver figura 6-23). En efecto, la amplia experiencia en el diseño, fabricación y uso de compuertas rodantes en esclusas nuevas de más de 44 metros (144') de ancho de cámara, particularmente en Francia (Le Havre), Alemania (Bremerhaven), Los Países Bajos (IJmuiden) y Bélgica (Antwerpen) ofrece una confianza considerable sobre esta opción.

En la actualidad, las esclusas pospanamax de mayores dimensiones en el mundo son las de Le Havre en Francia, que tienen 67 metros (220') de ancho de cámara, y las esclusas de Berendrecht en Amberes, Bélgica, con 68 metros (223'). Ésta última ha manejado un flujo continuo de buques pospanamax y Panamax por más de 13 años (ver figura 6-23). La expe-

#### Ubicación Conceptual de las Nuevas Exclusas del Atlántico



**Figura 6-22** La esclusa del Atlántico estaría al Este de la esclusa de Gatún, y utilizaría parte de la excavación de 1939.

#### Ejemplos de Exclusas que Operan con Compuertas Deslizantes

Localización	Altura	Ancho	Años de Operación	Cabeza Agua
Zandvliet Lock, Port of Antwerp, Belgium	-	57m	40	5.3m
Wilhelmshaven, Germany	-	57m	-	4.1m
Van Damme Lock, Port of Zeebrugge, Belgium	-	57m	18	5.0m
IJmuiden, Netherlands	-	60m	-	4.8m
Port of Bremen, Germany	-	60m	-	5.9m
Emden, Germany	-	62m	-	4.1m
Le Havre Lock, France	-	67m	-	8.0m
Berendrecht Lock, Port of Antwerp, Belgium	22.6m	68m	13	5.3m

Fuente: ACP

**Figura 6-23** Ejemplos de esclusas pospanamax que operan con compuertas rodantes. Nótese que la esclusa de Zandvliet en Bélgica ha estado en operaciones desde 1965.

<sup>32</sup> El ancho de 218m (715') para los cauces de navegación equivale a 4.7 veces la manga del buque de referencia.



riencia operativa con compuertas rodantes en esclusas pospanamax ha sido alentadora. Compuertas del tamaño y características requeridas para la ampliación han estado en uso continuo, sin problemas, desde 1965. Por otro lado, no existe experiencia previa con compuertas de inglete del tamaño y características requeridas para la ampliación. Los estudios hechos por PIANC no recomiendan el uso de compuertas de inglete en esclusas con ancho superior a 40 metros<sup>33</sup>. Por ende, el Plan Maestro ha asignado un menor riesgo tecnológico y operativo a las compuertas rodantes que a las compuertas de inglete en el análisis de alternativas de las compuertas (ver figura 6-25).

Descripción	Compuertas Rodantes (millones de Balboas)	Compuertas de Inglete (millones de Balboas)
Compuertas con Maquinarias	183.7	187.5
Obra Civil	186	109.5
Caisson o Stop Logs	N/A	20
Grúa Flotante	N/A	22
Sincroelevador	N/A	10.4
Administración y Contingencia	88.9	82.6
<b>Total</b>	<b>458.6</b>	<b>432</b>

Figura 6–24 Cuadro comparativo de costos entre compuertas rodantes y de inglete.

Durante el proceso de análisis y evaluación se estableció que el costo de inversión de las compuertas rodantes es superior al de las compuertas de inglete (ver figura 6-24). Sin embargo, los costos operativos y de mantenimiento, asociados no sólo con las compuertas de inglete, sino también con las infraestructuras y los equipos adicionales necesarios para garantizar su funcionamiento ininterrumpido, hacen que las compuertas de inglete tengan costos operativos y de mantenimiento más altos que las compuertas rodantes.

En el proceso de análisis del criterio referente al impacto en la utilización de agua, se estableció que las compuertas de inglete requieren mayor largo de cámara para la rotación de la compuerta al abrir y cerrar la misma, mientras que las compuertas rodantes, al abrir, se retraen en un nicho en los muros. Esto significa que para poder acomodar compuertas de inglete, la longitud de las esclusas debería ser de 1640 metros, mientras que para acomodar compuertas rodantes se requerirán esclusas de 1,460 metros de longitud. Esta longitud adicional de 180 metros incrementaría la utilización de agua de la esclusa con compuertas de inglete. No obstante, la construcción de nichos para permitir que las compuertas rodantes se retraigan dentro las cámaras aumentará

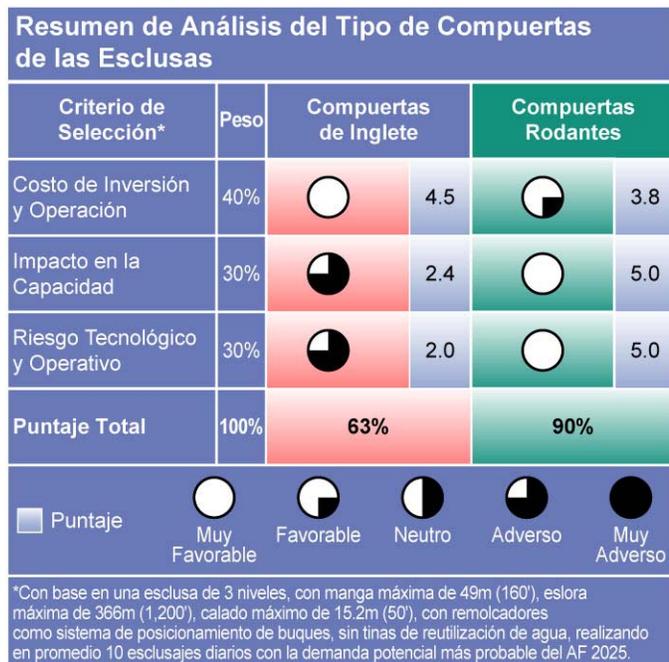


Figura 6–25 Resumen de la tabla de análisis de alternativas utilizada para definir el tipo de compuertas más adecuado para las esclusas pospanamax.

<sup>33</sup> PIANC, Final Report of the International Commission for the study of locks, Supplement Bulletin No. 55, Belgium, Page 109



la utilización de agua en proporción similar a la de las cámaras con compuertas de inglete. Por consiguiente, se puede concluir que la utilización de agua de la esclusa con uno u otro tipo de compuertas es muy similar (ver figura 6-25).

El análisis de alternativas determinó que el uso de compuertas rodantes tendrá un impacto menor en la capacidad de la esclusa que las compuertas de inglete. Esto se debe a que el mantenimiento de las compuertas rodantes podrá realizarse en los nichos de las compuertas, lo cual no afectará los esclusajes y, por ende, la capacidad del sistema. Las esclusas con compuertas de inglete requerirían la interrupción del funcionamiento de la esclusa para su remoción y recolocación, además de equipo flotante e infraestructura de soporte, lo que requeriría a su vez mantenimiento y personal adicional. La accesibilidad y facilidad de mantenimiento de las compuertas rodantes en los nichos de las esclusas representarán ahorros en tiempo y costos, y permitirá operar las esclusas sin interrupciones durante sus períodos de mantenimiento (ver figura 6-25). Las evaluaciones concluyeron que las compuertas rodantes son las más favorables para el tercer juego de esclusas.

#### 6.4.6 Sistema de posicionamiento de buques en las nuevas esclusas

El sistema de posicionamiento de buques en las nuevas esclusas deberá ser seguro, eficiente y expedito, de manera que se logre aprovechar al máximo la capacidad de las nuevas esclusas. Este sistema deberá poder maniobrar buques pospanamax en las esclusas eficazmente y debe tener la flexibilidad para manejar esclusajes de buques Panamax y esclusajes múltiples de buques menores.

Se evaluaron dos alternativas para el sistema de posicionamiento de buques de las nuevas esclusas. Una alternativa consiste en el uso de locomotoras, semejante al sistema actual. La segunda alternativa consiste en el uso de remolcadores, similar al sistema utilizado en las esclusas pospanamax del norte de Europa. La infraestructura y los requerimientos operativos para un sistema de posicionamiento con locomotoras o con remolcadores son marcadamente diferentes. Por ende, los principales criterios de análisis utilizados para evaluar ambas alternativas fueron: (1) monto de inversión, tanto de la infraestructura como del equipo, (2) impacto en la utilización de agua y (3) riesgo tecnológico y operativo (ver figura 6-26).

En función del monto de inversión, el uso de remolcadores presenta costos de infraestructura menores que el uso de locomotoras. Esto se debe a que las locomotoras necesitan muros de acercamiento o aproximación para permitir que sus cables se fijen al buque antes de entrar en las cámaras de las esclusas y rieles de tracción a lo largo de los muros de las esclusas. Contrariamente, el sistema de posicionamiento de buques con



remolcadores no requiere muros de acercamiento o aproximación, ni rieles en los muros.

Se estimó que el uso de locomotoras pudiese representar una ventaja en cuanto al costo inicial de equipo, ya que su precio unitario es menor que el de los remolcadores. No obstante, un sistema de posicionamiento basado en locomotoras necesita ser complementado con remolcadores para ser efectivo (como sucede con el Canal actual). Los análisis demostraron que el sistema con locomotoras, operando en relevos, necesitaría de cinco a seis remolcadores adicionales por esclusa, de 10 a 12 en total. El mismo sistema, con remolcadores, necesitará nueve remolcadores en el Pacífico y ocho en el Atlántico<sup>34</sup>. Esto representa una diferencia de cinco a siete remolcadores entre ambos sistemas, lo cual hace que el costo total de equipo sea menor para un sistema de posicionamiento con remolcadores (ver figura 6-27)<sup>35</sup>.

Durante los análisis se determinó que existía mayor flexibilidad para manejar los montos de inversión inicial de un sistema de posicionamiento basado en remolcadores que de un sistema con locomotoras. Esto significa que los remolcadores necesarios para la operación de las esclusas podrían irse adquiriendo a medida que la demanda lo vaya requiriendo y, también, que es muy probable que no sea necesario adquirir nuevos remolcadores durante los primeros años de operación del tercer juego de esclusas. A diferencia de las locomotoras, los remolcadores son equipos estandarizados con múltiples usos, que pueden ser adquiridos con facilidad y en corto tiempo. Por el contrario, un sistema de posicionamiento con locomotoras requeriría del diseño y fabricación de locomotoras únicas para el Canal. Es-

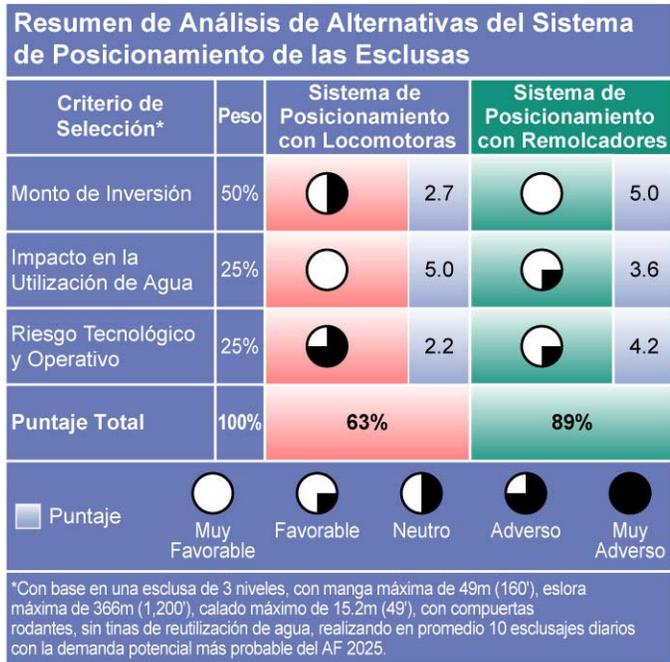


Figura 6–26 Resumen de la tabla de análisis de alternativas utilizada para definir el tipo de sistema de posicionamiento de buques más adecuado para las nuevas esclusas.

Comparación entre Sistemas de Posicionamiento de Buques		
	Remolcadores	Locomotoras
Incremento en unidades de posicionamiento en las esclusas	6	40
Costo (Anualizado)	30 años	30 años
Muros de aproximación (Anualizado)		100 años
Rieles de remolque, conductores y defensas (Anualizado)		50 años
Cuadrillas Operativas	12	80
Mantenimiento rutinario del sistema	6	40
Rehabilitación/Reacondicionamiento	4 años	30 años
Otros costos operativos	Combustible+	Electricidad

Figura 6–27 Cuadro comparativo de requerimientos operativos y de infraestructura para ambos sistemas

<sup>34</sup> Asume que el sistema estaría operando a su máxima capacidad de 12 a 15 esclusajes por día.

<sup>35</sup> Un sistema de posicionamiento con locomotoras necesita de 16 locomotoras por buque de 140, 000 toneladas de desplazamiento, con una velocidad operacional de 2 millas por hora. Esto equivale a 32 locomotoras por esclusa para operaciones de relevo, más 5 remolcadores.



to acarea la ventaja adicional del valor de reventa del equipo, cuando sea necesario reemplazarlo, concluyéndose que sólo los remolcadores podrán ser revendidos.

Respecto al impacto en la utilización de agua, el sistema de posicionamiento de buques con remolcadores requiere mayor espacio dentro de la cámara para operar con seguridad y eficiencia. Esto significa que para las dimensiones de las cámaras de la esclusa pospanamax de 427 metros por 55 metros por 16.8 metros (1400' por 180' por 60'), el buque de mayor tamaño que se manejaría rutinariamente con un sistema con remolcadores, sería de hasta 49 metros (160')<sup>36</sup> de manga mientras que, con un sistema con locomotoras, el buque podría tener hasta 53.6 metros (176') de manga. No obstante, los análisis de mercado indican que no habrá una demanda significativa de buques mayores de 49 metros (160') de manga para las esclusas pospanamax. Como consecuencia, el análisis comparativo consideró que una esclusa diseñada para el tránsito de buques de hasta 49 metros (160') de manga con un sistema de posicionamiento con locomotoras sería ligeramente menos ancha y, por ende, consumiría menos agua que una esclusa con un sistema con remolcadores.

Por otra parte, el riesgo tecnológico y operativo resulta mayor con un sistema de locomotoras, ya que este sistema nunca ha sido utilizado con buques pospanamax, mientras que el sistema de remolcadores es utilizado en esclusas que manejan buques pospanamax rutinariamente, localizadas principalmente en los puertos del norte de Europa<sup>37</sup> (ver figura 6-28). Sin embargo, no existe precedente para el uso de sistemas de posicionamiento de buques pospanamax con remolcadores en esclusas de múltiples niveles, como las que se evaluaron en los estudios de la ACP. Las pruebas de esclusaje con remolcadores efectuadas por la ACP, con buques de 27.7 m (91') de manga en las esclusas de Miraflores y Gatún, indican que el uso de este sistema en esclusas pospanamax de múltiples niveles es factible. El sistema de posicionamiento con remolcadores brinda mayor flexibilidad operativa, ya que los mismos pueden ser utilizados para otras funciones durante la operación del Canal. Al mismo tiempo, si un remolcador se avería durante la operación, éste podrá ser reemplazado con relativa facilidad, lo cual minimiza el impacto sobre la

Esclusa de Berendrecht en Bélgica

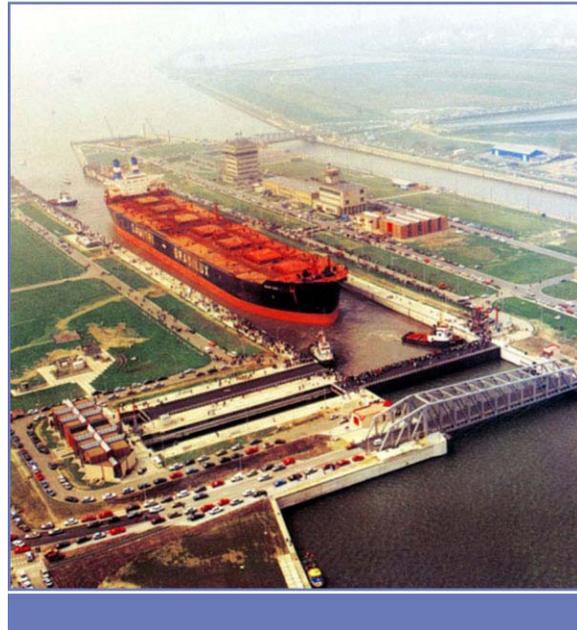


Figura 6–28 Uso de remolcadores como sistema de posicionamiento de buques en las esclusas pospanamax de Berendrecht, Bélgica

<sup>36</sup> Esto no significa que buques con mangas de más de 49 m (160'), no podrán transitar. Significa que buques con mangas mayores de 49 m (160') serán considerados esclusajes especiales.

<sup>37</sup> Francia (Le Havre), Alemania (Bremerhaven), Países Bajos (IJmuiden) y Bélgica (Antwerpen).



operación. Por el contrario, el reemplazo de una locomotora averiada o el arreglo de daños al sistema de tracción o de conducción de las locomotoras tendrían un impacto operativo mayor, ya que afectaría a toda la esclusa.

En cuanto a los tiempos de esclusaje, la ACP condujo un número de pruebas utilizando un sistema de posicionamiento con remolcadores que demostraron que los tiempos de esclusaje de ambas alternativas son similares. Se estimó que el sistema con locomotoras tiene una ligera ventaja sobre el de remolcadores, ya que los últimos necesitan un sistema de amarre una vez se posicionan dentro de la recámara. Sin embargo, actualmente, se están estudiando diferentes métodos de amarre que permitan que estos tiempos sean lo más breves posible. Ambos sistemas permiten manejar el mismo número de buques por día.

Las evaluaciones de ambas alternativas concluyeron que el sistema de posicionamiento de buques con remolcadores es el más adecuado para el tercer juego de esclusas.

## 6.5 Cauces de navegación para el Canal ampliado

Los cauces de navegación del Canal se dividen en tres categorías: cauces de entradas del Atlántico y Pacífico (entradas de mar), cauces del lago Gatún y cauces del Corte Culebra. Debido a que las características físicas de los cauces dentro de cada una de estas categorías varían, los mismos requieren diseños y restricciones operativas diferentes, siendo el principal objetivo garantizar la seguridad de la navegación. Estos diseños y restricciones operativas tienen un efecto directo sobre la flexibilidad operativa y costo del Canal ampliado.

Entre los factores considerados para definir el diseño y las restricciones operativas aplicables a los cauces de navegación están: el calado máximo permitido, la manga máxima del buque para cauces de una vía, la manga máxima combinada para cauces bidireccionales (dos vías) y las velocidades permitidas a los buques con calados máximos.

### 6.5.1 Calado

El calado máximo permitido a un buque en tránsito guarda relación directa con la profundidad del agua y es determinado por el espacio debajo de la quilla requerido para mantener operaciones seguras y eficientes (*under keel clearance*). Los análisis hechos por la ACP determinaron que un espacio bajo la quilla mínimo de 1.52 metros (5') permitirá a los buques navegar de forma segura y le proporcionará al usuario la oportunidad de utilizar calados comercialmente atractivos por más tiempo duran-



te el año<sup>38</sup>. En la etapa de evaluación se usaron como referencia las guías para diseño de canales de navegación elaboradas por PIANC y IAPH<sup>39</sup> y la experiencia en diseño y operación de canales de la ACP.

La profundización a 9.2 metros (30') PLD permitirá al Canal brindar un calado máximo de hasta 14 metros (46') en agua dulce tropical (ADT), con un nivel operativo del lago de 24.7 metros (81') o más. Esto significa que los buques podrán arribar al Canal con calado de 13.5 metros (44.5') en agua salada tropical, utilizando un espacio bajo la quilla (EBQ) de 1.52 metros (5'). No obstante, a diferencia del Canal actual, se brindarán calados variables a lo largo del año, dependiendo del nivel operativo del lago Gatún. Por ejemplo, se podrá brindar un calado máximo de hasta 15.2 metros (50') en agua dulce tropical, con un nivel operativo del lago de 25.9 metros (85') o más. Esto significa que los buques podrán arribar al Canal con calado de 14.8 metros (48.5') en agua salada tropical, utilizando un espacio bajo la quilla de 1.52 metros (5'). Este manejo del calado variable a lo largo del año conllevará, por parte de la ACP, una estricta administración de los niveles operacionales del lago Gatún.

Será indispensable el desarrollo de un efectivo y oportuno sistema de divulgación de los calados oficiales a los usuarios (con suficiente antelación y con sus respectivas fechas de entrada y salida de vigencia). Este sistema les permitirá a los usuarios aprovechar las ventajas comerciales que calados más profundos les puedan brindar<sup>40</sup>.

### 6.5.2 Manga máxima para cauces unidireccionales (una vía)

La manga máxima permitida a un buque en tránsito guarda relación directa con las amplitudes de los cauces de navegación, los radios de las curvas de los mismos, y el ancho de las esclusas. Se determinó que para la navegación segura de buques con una manga de 46.3m (152')<sup>41</sup> en una sola dirección por el Corte Culebra y los cauces de aproximación a las nuevas esclusas los cauces de navegación requieren un ancho mínimo de 4.7 veces la manga<sup>42</sup> ó 218 m (715'). Esto no significa que buques con mangas mayores no podrán transitar por el Canal, sino que estos buques se manejarán caso por caso. De darse la situación en que la demanda de tránsitos por buques con mangas mayores de 46.3 metros (152') aumentase, la ACP implementaría los ajustes necesarios a los cauces de nave-

<sup>38</sup> Como parte de los análisis se consideró el uso de un EBQ de 6'. Sin embargo, se estableció que 6' de EBQ disminuía significativamente el valor que la ampliación le brindaría al usuario en términos de capacidad de carga y que los aportes en términos de seguridad a la navegación se daban sólo cuando los buques con calados máximos excedían 12 nudos.

<sup>39</sup> Siglas en inglés de *International Association of Ports and Harbors*.

<sup>40</sup> El análisis de calados se hace en mayor detalle en el capítulo 7.

<sup>41</sup> La eslora y el calado del buque utilizado para el diseño de los cauces de navegación es igual que el buque de referencia, utilizado para el diseño de las esclusas. Sin embargo, la manga es de 46.3 metros (152') frente a una manga de 50 metros (165') para las esclusas, debido a que los cauces de navegación pueden ser adaptados, a través del tiempo, para manejar buques de mangas mayores. Las esclusas no pueden variar sus dimensiones y por ende deben ser diseñadas para el buque de mayor tamaño.

<sup>42</sup> Se usó como referencia las guías para diseño de canales de navegación elaboradas por PIANC y IAPH y la experiencia en diseño y operación de canales de la ACP.



gación de una sola vía, para permitir el paso expedito y sostenible de los mismos.

### 6.5.3 Manga máxima combinada para cauces bidireccionales (dos vías)

Para que el tránsito de buques pospanamax no afecte negativamente la flexibilidad operativa y, por ende, la capacidad del Canal es necesario permitir el encuentro de buques pospanamax con buques Panamax o menores, en los cauces de entradas de mar y la bordada de Gamboa. También es necesario el encuentro de buques pospanamax en el lago Gatún, desde el norte de la bordada de Gamboa (Juan Grande) hasta las esclusas del Atlántico.

Para permitir estos encuentros de manera segura y rutinaria, el Canal requiere incrementar los anchos mínimos de los cauces de navegación de las entradas del mar y la bordada de Gamboa a 225 metros (740'). De la misma manera, se ensancharán las rectas del lago Gatún a un ancho mínimo de 280 metros (920') y las curvas del cauce de navegación del lago Gatún a un ancho mínimo de 366 metros (1200').

Los cauces de navegación de las entradas de mar en ambos extremos del Canal necesitarán ser ampliados y profundizados para permitir encuentros entre buques Panamax y pospanamax que no excedan 75 metros (246') de manga combinada. Para ello, estos cauces deberán ser ampliados a un ancho mínimo de 225 metros (740') y tener una profundidad mínima de 15.5 metros (51') con la marea más baja. De esta forma, podrán admitir buques con calados de hasta 14 metros (46') en agua salada tropical (AST), con la marea más baja, guardando un espacio bajo la quilla de 1.52 metros (5').

En los cauces del lago Gatún, con excepción de la bordada de Gamboa, se permitirán encuentros irrestrictos de buques pospanamax. En la bordada de Gamboa, se proyectan encuentros de buques Panamax y pospanamax que no excedan 75 metros (246') de manga combinada, por lo que este cauce deberá ser ampliado a un ancho mínimo de 225 metros (740'). En el Corte Culebra se permitiría el encuentro selectivos de buques pospanamax que no excedan 43.3 m (142') de manga con buques de hasta 24.4 m (80') de manga, utilizando una regla de manga combinada de 64.5 m (212').

### 6.5.4 Velocidades permitidas a los buques con calados máximos

La velocidad máxima de los buques, en un momento dado, guarda relación directa con las dimensiones del cauce de navegación, en particular con su profundidad y con el espacio entre el buque y los bancos de los cauces. Por consiguiente, para aquellos buques que transiten con calados



máximos<sup>43</sup> se establecerán límites de velocidades en los diferentes cauces. Los límites de velocidad serán determinados para cada tipo de buque (portacontenedores, graneleros, tanqueros) y por las características físicas de los propios cauces de navegación (Corte Culebra, cauces de acceso a las esclusas, entradas de mar, lago Gatún). Los límites de velocidad no afectarían la capacidad operativa del Canal, ya que se mantendrían dentro de los rangos aceptables para una operación expedita y eficiente.

La figura 6-29 resume el tipo de restricciones que se consideran necesarias para la operación del Canal ampliado, con inclusión del ancho requerido para el fondo de los cauces de navegación. El desarrollo de las restricciones y de las amplitudes de los cauces para el Canal ampliado tomó en consideración la seguridad de la navegación, la eficiencia operativa y el costo del proyecto.

Regla de Navegación para Canal Ampliado		
Cauces	Regla de Navegación	Ancho Mínimo de los Cauces de Navegación
Desde Boya 1 (Pacífico) a Boya 16	Manga combinada 75m (pospanamax con panamax), 24 horas	225m
Puente a Dársena de Balboa	Una vía para Pospanamax, 24 horas	225m
Dársena de Balboa a Y1 (Boya 26)	Manga combinada 75m (pospanamax con panamax), 24 horas	225m
Cauce de aproximación a las esclusas Pospanamax del Pacífico (Y1 a Esclusas)	Una vía para Pospanamax, 24 horas	218m
Esclusas Pospanamax (Pacífico) a Estación 2013 (Y2)	Panamax sin Restricciones, una vía para Pospanamax, 24 horas	218m
Estación 2013 (Y2) a Chagres crossing (Corte Culebra)	Manga combinada 64.5m (pospanamax con buques < 24.4m)	218m
Chagres crossing a Sur de Juan Grande	Manga combinada 64.5m (pospanamax con buques < 24.4m) / Manga combinada 75m (pospanamax con panamax), 24 horas	218m / 225m
Lago Gatún (desde Sur de Juan Grande a esclusas Pospanamax del Atlántico)	Dos vías Pospanamax, 24 horas	280m (Rectas); 366m (curvas)
Esclusas Pospanamax Atlántico a Y3 (Boya 11 - 13)	Una vía para Pospanamax, 24 horas	218m
Y3 a Boya 7	Manga combinada 75m (pospanamax con panamax), 24 horas	225m
Boya 7 a Rompeolas	Dos vías Pospanamax, 24 horas	280m
Rompeolas	Una vía para todos los buques	

**Figura 6–29** Restricciones operativas propuestas para el Canal ampliado en los distintos cauces.

<sup>43</sup> Calados máximos son aquellos que le dan a los buques un EBQ de 1.5 metros. Debido al efecto de empapamiento, la velocidad de navegación para buques con calados máximos no debe exceder 12 nudos.



## 6.6 Modos operativos propuestos para el Canal ampliado

Para maximizar la capacidad del Canal ampliado y poder brindar los niveles de servicio esperados por los usuarios se ha formulado el siguiente plan operativo.

### 6.6.1 Patrón de manejo de tráfico

Se prevé que el patrón de manejo de tráfico de buques por el Canal ampliado sea de semiconvoy, similar al patrón de manejo de tráfico actual. Este patrón de manejo de tráfico es determinado por la restricción operativa que obligará a los buques pospanamax a transitar por el Corte Culebra de día, en una sola dirección, aunque exista la posibilidad de utilizar una combinación de mangas para encuentros en el Corte de ciertos buques pospanamax.

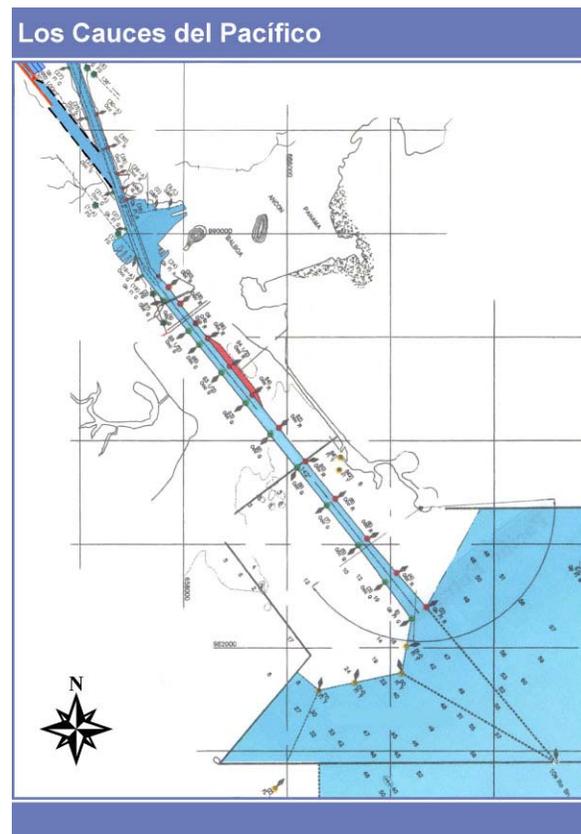
### 6.6.2 Operaciones de tránsito en los cauces de navegación

El manejo de tráfico en los cauces de navegación en el Canal ampliado se expone a continuación del Pacífico al Atlántico (dirección norte):

- **Los cauces del Pacífico.** Con la excepción del cauce de aproximación al sur de la esclusa pospanamax del Pacífico, los cauces del Pacífico, para buques Panamax o menores, serán bidireccionales las 24 horas del día (ver figura 6-30).

De la boya 1 hasta la boya 16, se permitirá el encuentro de buques pospanamax con buques Panamax o menores, las 24 horas. Existe la posibilidad de permitir encuentros de selectos buques pospanamax. Es en esta área donde el buque pospanamax, en dirección norte, recibirá su primer remolcador. De la boya 16, al sur de la dársena de Balboa, el tránsito será de una sola vía para buques pospanamax, las 24 horas. En esta área el buque pospanamax recibirá sus “pasalíneas” (linehandlers).

Del sur de la dársena de Balboa a la Boya 26 (intersección Y-1), se permitirá el encuentro de buques pospanamax con buques Panamax o menores las 24 horas. Es en esta área donde el buque pospanamax recibirá su segundo remolcador. De ser requerido, el buque pospanamax recibirá un tercer remolcador



**Figura 6–30** Los cauces de navegación del Pacífico para el Canal ampliado.



a una distancia no menor de 1.8 km. (1 milla náutica) de la esclusa pospanamax del Pacífico. De la Y-1 a la esclusa pospanamax del Pacífico (cauce de acercamiento sur a la esclusa pospanamax del Pacífico) el tráfico será en una sola vía para buques pospanamax y Panamax las 24 horas. Los pasalíneas del buque en dirección sur desembarcarán apenas el buque sale de la esclusa.

- El cauce norte de la esclusa PPP a la Estación 2030 (Y-2).** Para buques Panamax o menores este cauce será bidireccional las 24 horas (ver figura 6-31). Para buques pospanamax el tráfico será de una vía las 24 horas. Es en esta área donde el buque que transita en dirección norte recibirá el remolcador que lo escoltará a través del Corte Culebra y la bordada de Gamboa. Aquí también desembarcarán sus “pasalíneas”. El buque en dirección sur recibirá su segundo remolcador a una distancia no menor de 2.7 kms (1.5 millas náuticas) de la esclusa pospanamax del Pacífico. De ser necesario, el tercer remolcador estará disponible a una distancia no menor de 1.8 kms (1.0 milla náutica) de la esclusa pospanamax del Pacífico. Los pasalíneas del buque que transita en dirección sur deberán embarcar antes de que el buque haga su giro del Corte Culebra hacia el cauce de acceso norte de la esclusa.

En esta área habrá una ó más estaciones de amarre que permitirán a los buques en dirección norte esperar en caso de neblina en el Corte y/o esperar que pasen los buques en dirección sur; igualmente permitirá a los buques en dirección sur posicionarse de manera segura lo más cerca posible de la esclusa pospanamax del Pacífico para así poder reducir, hasta donde se pueda, el tiempo ocioso de la esclusa. Estas estaciones de amarre también serían usadas por buques con desperfectos mecánicos o en casos de emergencia.

- Corte Culebra (Estación 2030 - Y2 - hasta Chagres Crossing).** La navegación en el Corte Culebra será bidireccional para buques menores de 30.5 metros (100') de manga las 24 horas. Para buques Panamax de hasta 259 metros (850') de eslora la navegación será bidireccional durante el periodo diurno, siempre y cuando no transporten carga peligrosa de categoría PD-1 ó PD-2 y no tengan restricciones de visibilidad. Durante horas nocturnas, se permitirán encuentros en el Corte de buques con una manga combinada de 60 metros (197'). Esto significa que bajo ciertas condiciones un buque de 32.2 metros (106') de



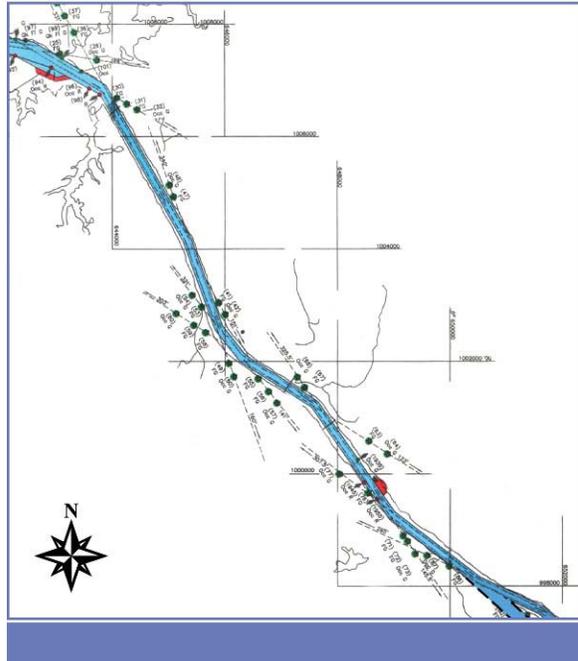
**Figura 6-31** Cauces de navegación del Canal ampliado al norte de la esclusa pospanamax del Pacífico estarían restringidos a una vía para buques pospanamax



manga podrá encontrarse con un buque de hasta 27.8 metros (91') de manga. Como condición para encuentros nocturnos, la eslora del buque Panamax no debe exceder los 244 metros (800'), la falta de visibilidad de la superficie del agua desde el puente del buque no puede exceder 1.0 esloras de la proa hacia delante, y no debe transportar carga peligrosa de categoría PD-1 ó PD-2<sup>44</sup>. Para buques pospanamax, el Corte Culebra será de una sola vía, de día, para buques de más de 43.3 metros (142') de manga. Buques pospanamax que no excedan los 43.3 m de manga podrán tener encuentros selectivos de manga combinada de hasta 64.5 m (212') con buques con mangas de 24.4 m (80') o menores<sup>45</sup>. Buques pospanamax de hasta 120' de manga transitarían el Corte de noche en una vía (ver figura 6-32).

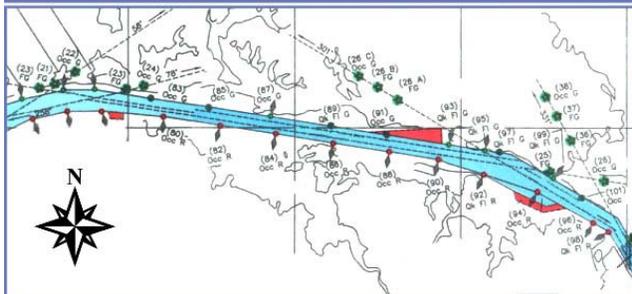
- La bordada de Gamboa (de Chagres Crossing al sur de Juan Grande).** Al sur de la bordada de Gamboa (Chagres Crossing), los buques Panamax en dirección norte soltarán el remolcador que los acompañó a través del Corte (como se hace actualmente). En esta bordada, los buques pospanamax se podrán encontrar con buques Panamax o menores las 24 horas. Los buques pospanamax en dirección norte soltarán su remolcador de escolta en la parte norte de la bordada. Es en esta área donde ocurrirá el cambio de dirección del convoy de buques pospanamax. Los buques Panamax en dirección sur recibirán su remolcador al norte de la bordada, como se hace actualmente (ver figura 6-33).
- Lago Gatún (desde el sur de Juan Grande hasta la esclusa pospanamax del Atlántico – PPA -).** La navegación en el lago Gatún será bidirec-

#### Corte Culebra (Estación 2030 - Y2 - hasta Chagres Crossing)



**Figura 6-32** Se permitirá la navegación de buques pospanamax por el Corte Culebra de día. Se permitirán encuentros selectos de buques pospanamax con buques menores con reglas de manga combinada.

#### La Bordada de Gamboa (de Chagres Crossing al Sur de Juan Grande)



**Figura 6-33** La bordada de Gamboa presentará restricciones de manga combinada para el tránsito de buques pospanamax.

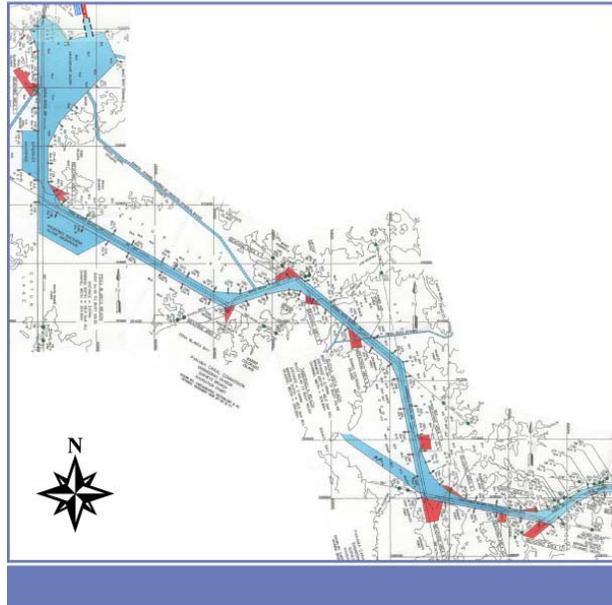
<sup>44</sup> Los buques Panamax serán inspeccionados y aprobados para su encuentro nocturno en el Corte Culebra, tomando en cuenta criterios como visibilidad, calado, potencia, etc.

<sup>45</sup> Por ejemplo, un buque con manga de 43.3 m (142') podría encontrarse en el Corte con un buque con manga de hasta 21.2 m (70'), dando una manga combinada de 64.5 m (212').



cional las 24 horas para todos los buques (ver figura 6-34). Los buques pospanamax en dirección sur recibirán el remolcador que los escoltará a través del Corte Culebra y la bordada de Gamboa, en la bordada de San Pablo. Los buques pospanamax en dirección norte recibirán su primer remolcador cerca de la esclusa pospanamax del Atlántico, a una distancia no menor de 5 kms (2.7 millas náuticas, intersección Y-3) de la esclusa si el buque va directo a la esclusa, o en el fondeadero, si necesita esperar para hacer su esclusaje. Estos buques recibirán su segundo remolcador a una distancia no menor de 2.7 km (1.5 millas náuticas) de la esclusa del Atlántico. De ser requerido, el buque pospanamax recibirá un tercer remolcador a una distancia no menor de 1 km (0.55 millas náuticas). Los pasalíneas para el buque en dirección norte embarcarán a una distancia no menor de 2.7 km (1.5 millas náuticas) de la esclusa pospanamax del Atlántico. Los pasalíneas del buque en dirección sur desembarcarán apenas el buque salga de la esclusa.

#### Lago Gatún (del Sur de Juan Grande a la Esclusa Pospanamax del Atlántico)



**Figura 6-34** La navegación por el lago Gatún será bidireccional para todos los buques, incluidos los buques pospanamax.

- Los cauces del Atlántico.** Con la excepción del cauce de acercamiento a la esclusa pospanamax del Atlántico, la navegación en los cauces del Atlántico será bidireccional las 24 horas para buques Panamax o menores (ver figura 6-35). El cauce de la esclusa pospanamax del Atlántico hasta la Boya 11 (intersección o bifurcación Y-4, cauce de acercamiento al norte de la esclusa PPA), será de una sola vía las 24 horas para buques pospanamax y Panamax. De ser requerido, el buque pospanamax recibirá un tercer remolcador a una distancia no menor de 1 km (0.55 millas náuticas) de la esclusa pospanamax del Atlántico. De la Boya 11 (Y-4) hasta la Boya 7 se permitirá el encuentro de buques pospanamax con buques Panamax o menores las 24 horas. Existe la posibilidad de permitir encuentros selectivos de buques pospanamax. Es en esta área donde el buque pospanamax en dirección sur recibirá su segundo remolcador. De la Boya 7 hasta el Rompeolas del Atlántico, la navegación será bidireccional las 24 horas para todos los buques, incluyendo los buques pospanamax. El buque pospanamax en dirección sur recibirá sus pasalíneas y su primer remolcador al norte de la boya 3. Los pasalíneas del buque en dirección norte desembarcarán apenas el buque salga de la esclusa.



### 6.6.3 Operación de las esclusas pospanamax

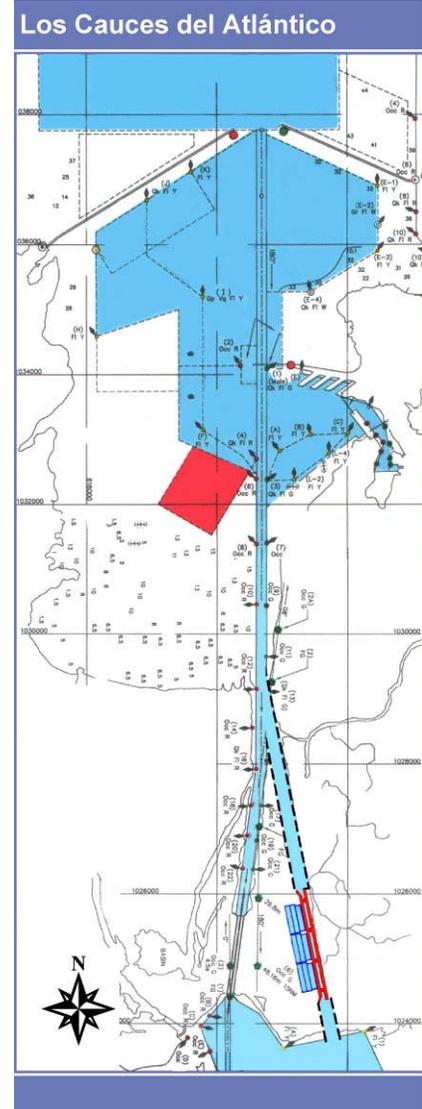
Las compuertas, válvulas y niveles de agua de las esclusas pospanamax del Pacífico podrían ser controladas desde la caseta de control de las esclusas de Miraflores ó Pedro Miguel. Las esclusas pospanamax del Atlántico podrán ser controladas desde las esclusas de Gatún. Sin embargo, la posibilidad de construir casetas de control en las esclusas pospanamax debe ser considerada y evaluada en mayor detalle. Cada esclusa pospanamax será atendida por una cuadrilla integrada por un maestro de esclusas (*lockmaster*), un capataz de pasalíneas y doce pasalíneas, por turno. Conforme la demanda lo requiera, se añadirá una cuadrilla adicional por turno por esclusa para permitir operaciones de relevo (*relay*), por los espacios de tiempo necesarios.

El buque que utilice la nueva esclusa será posicionado dentro de las cámaras de la esclusa por dos remolcadores, uno asignado a la proa y otro a la popa. Sin embargo, existirán buques pospanamax que podrán necesitar hasta tres remolcadores y buques menores de 24.4 metros (80') de manga que necesitarán un sólo remolcador (para una discusión más detallada ver la sección 6.6.4. sobre la asignación de remolcadores). Una vez que el buque esté dentro de la cámara de la esclusa, el mismo se posicionara con la ayuda de su equipo de amarre y con la asistencia de los pasalíneas a bordo y de la cuadrilla de pasalíneas de la esclusa. Al igualarse los niveles de agua de las cámaras, se abrirán las compuertas y el buque procederá a la próxima cámara repitiendo el mismo proceso. Al salir de la esclusa, el buque soltará los remolcadores lo más pronto sea posible, teniendo siempre en cuenta la seguridad del buque.

### 6.6.4 Utilización de remolcadores

Los buques pospanamax, Panamax y buques menores utilizarán remolcadores como sistema de posicionamiento de buques (SPB) en las nuevas esclusas. La asignación de remolcadores a los buques Panamax se realizará igual que en la actualidad. Buques de menos de 30.5 metros (100') y más de 24.4 metros (80') utilizarán dos remolcadores. Buques menores de 24.4 metros (80') o menos utilizarán un remolcador.

Los buques pospanamax de hasta 120,000 toneladas de desplazamiento utilizarán dos remolcadores con una tensión de línea (*bollard pull*) de 60 toneladas o más por remolcador. Buques pospanamax con más de 120,000 toneladas de desplazamiento utilizarán tres remolcadores, dos de ellos con una tensión de línea no menor de 60 toneladas por remolcador y uno de asistencia con tensión de bolardo variable (ver figura 6-36). Los



**Figura 6–35** Con la excepción del cauce de aproximación a la esclusa pospanamax del Atlántico, los cauces de navegación del Atlántico no tendrán restricciones.



buques pospanamax utilizarán un remolcador con tensión de bolardo variable en el Corte Culebra. Conforme la demanda lo exija se añadirán remolcadores y/o cuadrillas a la operación.

### 6.6.5 Requerimientos de cuadrillas de pasalíneas

A los buques pospanamax se les asignará una cuadrilla a bordo de 10 pasalíneas (2 capataces y 8 pasalíneas), con el fin de atender las líneas de los remolcadores y las líneas de amarre del buque durante el esclusaje. Esto será comparable a los 24 pasacables que se requieren actualmente para manipular los 16 cables de acero de las locomotoras asignadas a un buque Panamax de más de 274 m (900') de eslora que transita por las esclusas existentes.

Los buques Panamax o menores que transiten por las nuevas esclusas utilizarán 8 pasalíneas (2 capataces y 6 pasalíneas).

Número de Remolcadores por Tipo de Buque								
Tipo de Buque	Manga	Calado AST	Número de Buques	Desplazamiento (miles toneladas a 13.7m)	Porcentaje de la Flota Post Panamax	Número de Remolcadores		
						Proa	Popa	Tensión de Línea
Graneles Secos	< 42.7m	<= 13.7m	302	Menos de 120	54%	1	1	120
	< 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	46%	2	1	150
	>= 42.7m	<= 13.7m	692	Menos de 120	6%	1	1	120
	>= 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	94%	2	1	150
Porta Contenedores	< 42.7m	<= 13.7m	436	Menos de 120	92%	1	1	120
	< 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	8%	1	1	120
	>= 42.7m	<= 13.7m		Menos de 120	0%	-	-	-
	>= 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	0%	-	-	-
Pasajeros	< 42.7m	<= 13.7m	54	Menos de 120	96%	1	1	120
	< 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	0%	-	-	-
	>= 42.7m	<= 13.7m		Menos de 120	4%	1	1	120
Tanqueros	< 42.7m	<= 13.7m	1,236	Menos de 120	65%	1	1	120
	< 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	35%	2	1	150
	>= 42.7m	<= 13.7m	822	Menos de 120	16%	1	1	120
	>= 42.7m	<= 13.7m		Más de 120	84%	2	1	150

**Figura 6-36** Las esclusas pospanamax utilizarían remolcadores como sistema de posicionamiento, los cuales serían asignados de acuerdo al desplazamiento del buque.

### 6.6.6 Requerimientos de prácticos del Canal de Panamá

Se prevé que los buques pospanamax utilicen para su tránsito completo, un promedio de 2.5 prácticos del Canal de Panamá del más alto nivel de experiencia. Las embarcaciones Panamax o menores que utilicen las nuevas esclusas requerirán de uno a dos prácticos para su tránsito completo. El nivel de experiencia del práctico para estos buques será determinado, al igual que hoy, por las dimensiones, desplazamiento y/o tipo de carga del buque.

### 6.6.7 Utilización de recursos adicionales

Los otros recursos de apoyo al tránsito de buques por el Canal ampliado serán:

- Las lanchas operarán de una manera similar a la actual. Las proyecciones para la operación de lanchas se realizaron con base en la frecuen-



cia de su utilización por parte de prácticos, oficiales de arribo, pasalíneas, cuadrillas de remolcadores, arqueadores e inspectores en el AF 2005. Se establecieron los costos y el número de trabajos de lancha por cada una de las actividades a realizar. De esta manera puede estimarse el efecto que la demanda de tráfico tendrá sobre los recursos de operación de lanchas.

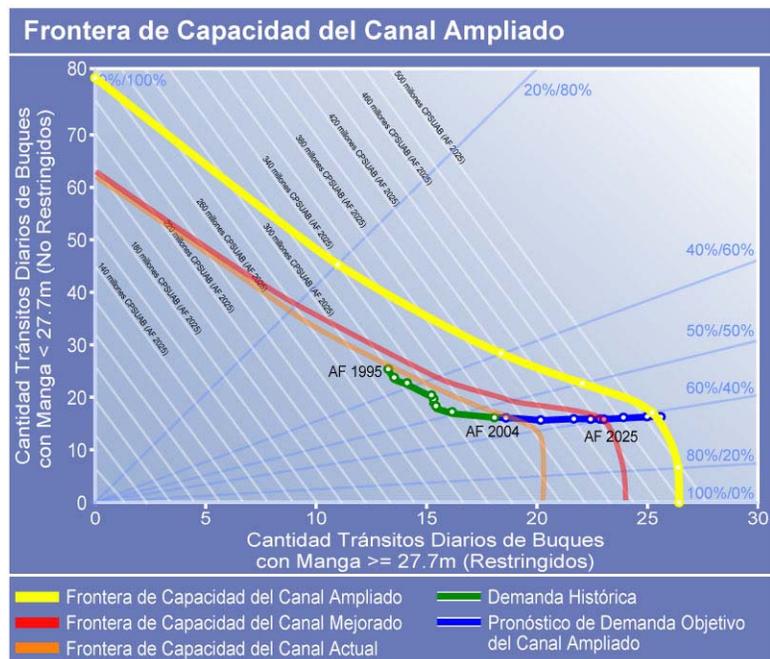
- Los vehículos para transportar a los prácticos y las cuadrillas de remolcadores y de pasalíneas también operarán de manera similar a la actual. Las proyecciones de recursos requeridos para dicha operación seguirán un proceso semejante al de las lanchas.

Luego de finalizar la ejecución de los proyectos de ampliación del Canal, las prácticas operativas y las restricciones impuestas por las infraestructuras determinarán la capacidad y calidad del nivel de servicio que la vía proveerá a sus usuarios. La ACP realiza un análisis continuo de sensibilidad, utilizando el modelo de simulación de capacidad, con el fin de evaluar el desempeño del sistema propuesto dentro de escenarios que tomen en cuenta los pronósticos de demanda, las estrategias operativas y la variabilidad de factores que afectan la capacidad del sistema.

## 6.7 Análisis de capacidad del Canal ampliado

El Canal sin ampliación<sup>46</sup> tiene una capacidad anual máxima de 330 a 340 millones de toneladas CPSUAB, equivalentes a entre 13,800 y 14,000 tránsitos<sup>47</sup>. Según las proyecciones de demanda más probable, el volumen de tráfico por el Canal podrá alcanzar 508 millones de toneladas CPSUAB en el AF 2025, lo que representará una oportunidad de aumentar en un 54% el volumen de tráfico por el Canal<sup>48</sup>, por encima de de la capacidad máxima del Canal.

El programa de ampliación del Canal propone captar esta demanda mediante: (1) la construcción de un tercer juego de esclusas con capacidad



**Figura 6–37** Frontera de capacidad del Canal ampliado con un tercer juego de esclusas en función de la mezcla de buques de la demanda.

<sup>46</sup> Con las mejoras descritas en el Capítulo 5.

<sup>47</sup> Equivale a un tamaño promedio de buque de alrededor de 24,000 toneladas CPSUAB.

<sup>48</sup> Véase el análisis de la demanda objetivo en el Capítulo 4, Sección 4-12.



para el tránsito de buques pospanamax, con sus respectivos cauces de aproximación y (2) las mejoras a los cauces de navegación existentes, descritos en las secciones anteriores. El análisis de capacidad del Canal ampliado tiene como fin determinar la viabilidad de atender a la demanda, discernir el nivel de servicio que se brindará y establecer que tan grande sería la demanda que no se podrá captar, si este fuese el caso, aun con la adición del tercer juego de esclusas.

### 6.7.1 Frontera de capacidad del Canal ampliado

Los análisis de la ACP identificaron la frontera de capacidad para el Canal ampliado con un tercer juego de esclusas pospanamax, aplicando la misma metodología que se aplicó para estimar la capacidad del Canal actual. La frontera de capacidad ofrece un panorama general de cuál será la capacidad del sistema bajo una variedad de mezclas hipotéticas que representan distintas combinaciones de tamaños de buques.

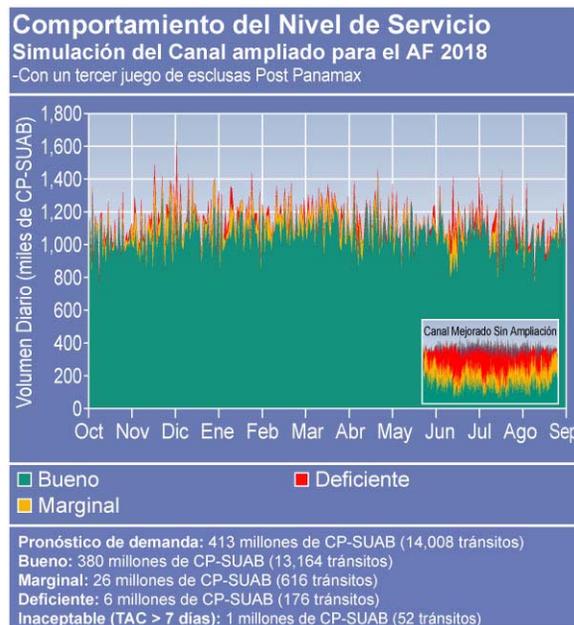
Para determinar la frontera de capacidad del Canal ampliado, se simuló la operación del Canal ampliado con un tercer juego de esclusas bajo distintas mezclas de buques para determinar el volumen máximo probable que podrá transitar, manteniendo niveles de servicio buenos. De acuerdo con los resultados de la simulación, la capacidad el Canal ampliado continuará siendo sensible a la mezcla de buques, por lo que el número de tránsitos y el volumen de carga variarán en la medida en que la mezcla de buques cambie. Las figuras 6-37 y 6-38 muestran los resultados del análisis de frontera de capacidad del Canal ampliado, así como también de la frontera de capacidad y resultados del Canal actual y del actual mejorado, respectivamente.

La frontera de capacidad del Canal ampliado indica que el tonelaje máximo del Canal se podrá obtener con una mezcla de 60% buques grandes con restricciones<sup>49</sup> y un 40% de bu-

Frontera de Capacidad del Canal Ampliado			
Porcentaje de Buques No-Restringidos (Manga < 27.7m)	Porcentaje de Buques Restringidos (Manga ≥ 27.7m)	Capacidad Máxima del Canal	
		Número Promedio de Tránsitos por año	Toneladas Anuales (CP/SUAB)*
100%	0%	28,500	255 - 265
80%	20%	20,100	340 - 350
60%	40%	16,800	415 - 425
50%	50%	16,100	465 - 475
40%	60%	15,300	510 - 520
20%	80%	12,000	495 - 505
0%	100%	9,700	475 - 485

\*En Millones

**Figura 6–38** Frontera de capacidad del Canal con el programa de ampliación propuesto. Sin embargo, a medida que lo requiera la demanda se podrá adicionar capacidad, para llevar al canal ampliado a su máxima capacidad de entre 580 y 600 millones de CPSUAB.



**Figura 6–39** La ampliación del Canal permitirá manejar más del 90% de la demanda proyectada para el 2018 con buen servicio.

<sup>49</sup> Buques mayores de 27.7 m de manga. Incluye a los buques pospanamax.



ques pequeños sin restricciones<sup>50</sup> (ver figura 6-38). Este análisis estima que con el programa de ampliación propuesto por el Canal podrán transitar de 510 a 520 millones de toneladas CPSUAB anuales, que equivalen a cerca de 15,500 tránsitos. No obstante, la máxima capacidad del sistema, esto es, maximizando el uso de las nuevas esclusas, sería de entre 580 y 600 millones de toneladas CPSUAB.

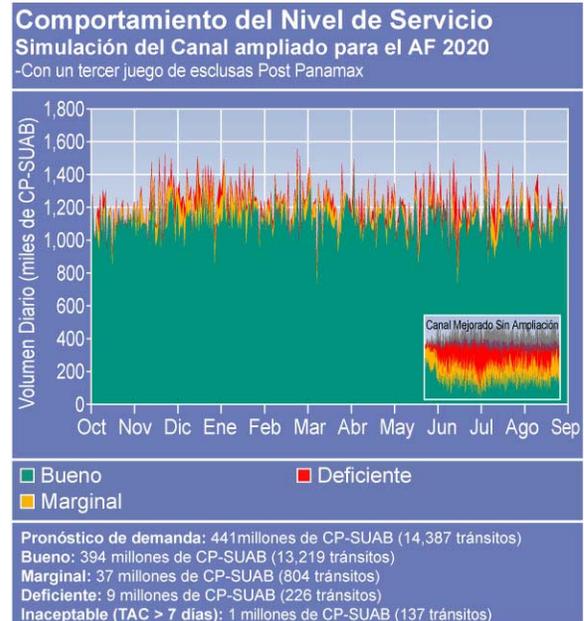
### 6.7.2 Impacto de la demanda en la capacidad del Canal ampliado

De acuerdo con los análisis realizados, la introducción de un tercer juego de esclusas pospanamax resultará en una mejora inmediata y significativa del nivel de servicio que ofrece el Canal a sus clientes. La introducción del tercer juego de esclusas tendrá un impacto en el nivel de servicio que se extenderá por varios años, permitiendo al Canal proveer un nivel de servicio bueno más allá del AF 2025, sin necesidad de hacer mejoras adicionales.

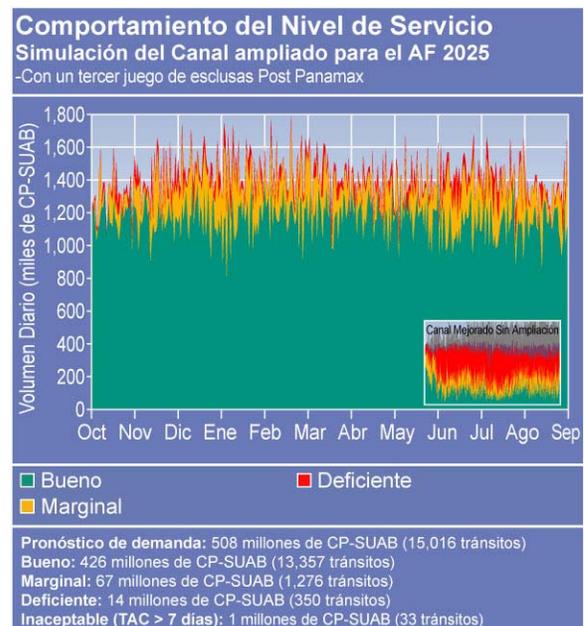
Acorde con la proyección de la demanda probable para el AF 2018, estimada en casi 415 millones de toneladas CPSUAB, el Canal ampliado con un tercer juego de esclusas podrá brindar buen servicio a más del 90% de la demanda. Esto se debe a que la introducción de una esclusa pospanamax permite reducir el número de tránsitos que se necesitarán para transportar la misma cantidad de carga.

Por ejemplo, para transportar la misma cantidad de carga que se moverá en el AF 2018 con cerca de 14,000 tránsitos, que incluyen buques pospanamax, se requerirán más de 16,000 tránsitos si los buques fueran Panamax o menores. Esto representa una diferencia de 14% en el número de tránsitos. En el año 2025 la diferencia es aún más significativa: para mover la misma cantidad de carga que transitará en el AF 2025 con 15,000 tránsitos, que incluyen buques pospanamax, se necesitarán cerca de 19,000 tránsitos de buques si estos fueran Panamax o menores, lo cual representará un aumento de casi 25%

<sup>50</sup> Buques menores de 27.7 m de manga.



**Figura 6-40** La ampliación permitirá manejar la demanda proyectada para el 2020 con más del 90% del volumen de tráfico recibiendo buen servicio.

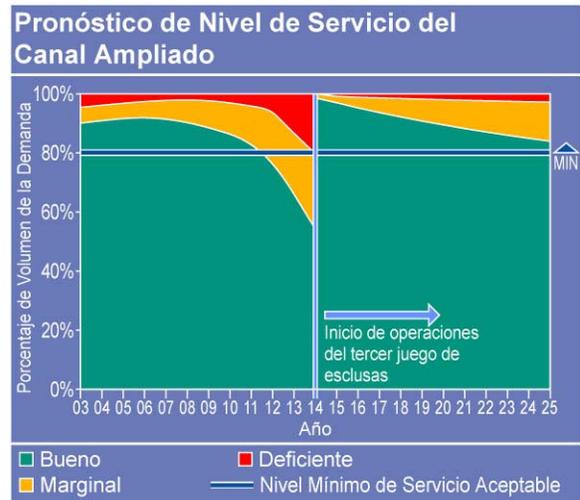


**Figura 6-41** En el año 2025 el Canal ampliado podrá manejar más del 83% de la demanda proyectada con buen nivel de servicio.



en el número de tránsitos para transportar la misma cantidad de carga. La figura 6-39 muestra los resultados del modelo de simulación del Canal ampliado con un tercer juego de esclusas pospanamax para el AF 2018. En contraste, se puede observar en el recuadro los resultados del nivel de servicio del Canal sin ampliación.

Los resultados del modelo de simulación del Canal ampliado para el AF 2020 se muestran en la figura 6-40. Como se puede apreciar, en este año se continuará ofreciendo un buen nivel de servicio a más del 90% de la demanda. Los resultados del modelo de simulación para el AF 2025 indican que, a pesar del crecimiento de la demanda, más del 83 % del volumen transitará con buen nivel de servicio (ver figura 6-41).

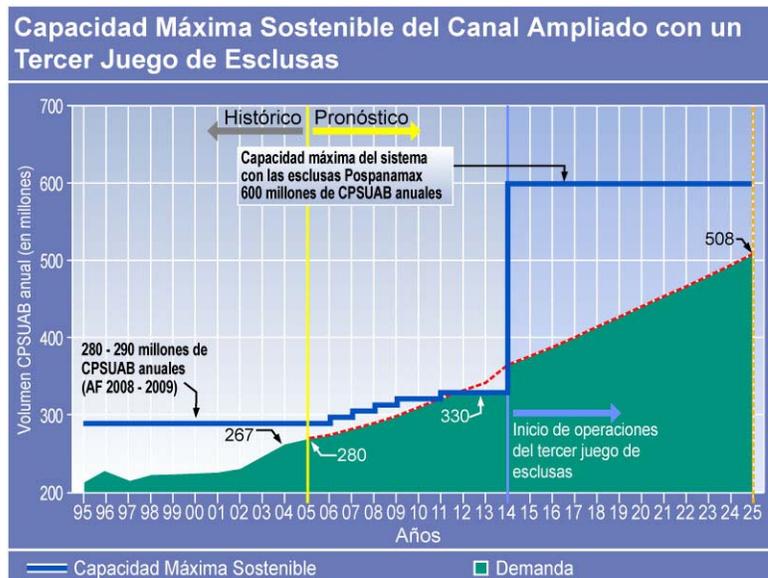


**Figura 6-42** El Canal ampliado brinda un nivel de servicio bueno a más del 80% de la demanda en el AF 2025.

Desde el inicio de operaciones del tercer juego de esclusas en el 2015 hasta más allá del 2025, el Canal ampliado proveerá niveles de servicio competitivos a sus usuarios. El tercer juego de esclusas garantiza al país que la ruta por el Canal mantendrá su competitividad y continuará generando ingresos y beneficios crecientes a Panamá mucho más allá del 2025 (ver figuras 6-42 y 6-43).

### 6.8 Opciones hídricas para cubrir las necesidades del Canal ampliado

Las necesidades de agua del Canal ampliado tienen que evaluarse desde dos perspectivas. La primera busca cubrir las necesidades de agua del sistema, que incluirá el consumo de las esclusas actuales, el consumo de las nuevas esclusas y el consumo de agua de la población. La segunda perspectiva estará orientada a brindar calados atractivos con altos niveles de confiabilidad durante todo el año a los buques pospanamax que utilicen la vía.



**Figura 6-43** El Canal ampliado podrá transitar más de 600 millones de toneladas CPSUAB anuales. Esto representa casi el doble de la capacidad máxima sostenible del Canal actual, suficiente para atender la demanda más allá del 2025.



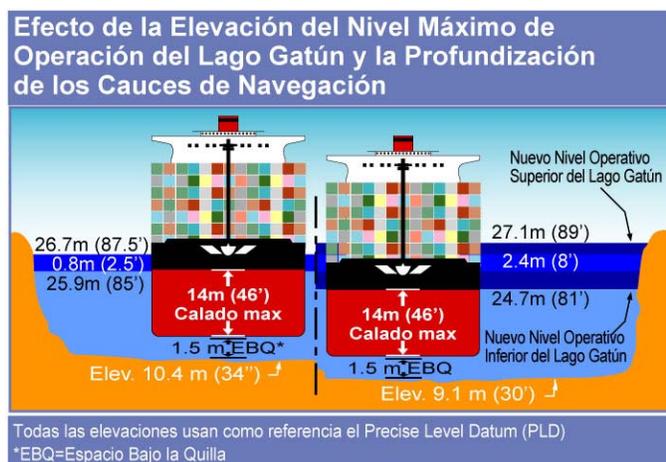
En principio, estas perspectivas no difieren de la forma como se enfocan las necesidades de agua y las confiabilidades de calado del Canal actual. No obstante, el tercer juego de esclusas brindará calados variables durante todo el año, adaptados a los niveles del lago Gatún. En otras palabras, el Canal ofrecerá un calado máximo variable a través del año, el cual se ajustará en sincronía con los niveles en que se encuentre el lago Gatún<sup>51</sup>. Al mismo tiempo garantizará un calado máximo con un alto grado de confiabilidad durante todo el año.

Para lograr satisfacer las necesidades de agua y la necesidad de brindar calados comercialmente atractivos a su nuevo mercado, el Canal propone un programa de suministro de agua dentro del cual se incluye una serie de proyectos destinados a garantizar la confiabilidad y rendimiento del sistema hídrico más allá del horizonte del Plan Maestro. Como parte de este programa, se han identificado los proyectos de (1) profundización del lago Gatún de 10.4 metros (34') PLD a 9.1 metros (30') PLD; (2) el proyecto de elevación del nivel máximo operativo del lago Gatún de 26.7 metros (87.5') a 27.1 metros (89') y; (3) la introducción de un sistema de reutilización de agua mediante el uso de tinajas paralelas a las cámaras de las esclusas.

### 6.8.1 Profundización de los cauces de navegación del lago Gatún a 9.1 metros (30') PLD<sup>52</sup>

La profundización de los cauces de navegación del lago Gatún, incluyendo el Corte Culebra, a 9.1 metros (30') PLD permitirá al Canal garantizar a sus usuarios calados máximos de 14 metros (46') en agua dulce tropical<sup>53</sup> con un alto grado de confiabilidad durante todo el año, con un nivel operativo mínimo del lago Gatún de 24.7 metros (81').

Este proyecto aumentará la capacidad útil de almacenaje de agua de la Cuenca oriental, permitiendo al Canal manejar una mayor demanda de tránsitos. Los análisis de agua efectuados calculan el aporte hídrico de este proyecto de agua en 7 a 10 esclusajes adicionales diarios (ver figura 6-44).



**Figura 6-44** Efecto de elevar el nivel operativo máximo y profundizar los cauces del lago Gatún. Ambos proyectos aumentan tanto la capacidad hídrica como la confiabilidad de calado del sistema.

<sup>51</sup> Para una descripción más detallada del tema, ver el capítulo 7.

<sup>52</sup> *Ibid.*

<sup>53</sup> Cerca de 13.56 metros (44.5') en agua salada tropical



### 6.8.2 Aumento del nivel operativo máximo del lago Gatún a 27.1 metros (89')

Al igual que la profundización a 9.1 metros, el subir el nivel operativo máximo del lago Gatún a 27.1 metros brindará mayor confiabilidad de calado y aumentará la capacidad hídrica de la Cuenca oriental. Sin embargo, el efecto neto de este proyecto será menor que el efecto de la profundización de los cauces. Este proyecto permitirá calados máximos de cerca de 14 metros (46') en agua dulce tropical<sup>54</sup>, con un nivel operativo mínimo del lago Gatún de 25 metros (85'). El aporte hídrico del mismo será de 3 a 5 esclusajes adicionales.

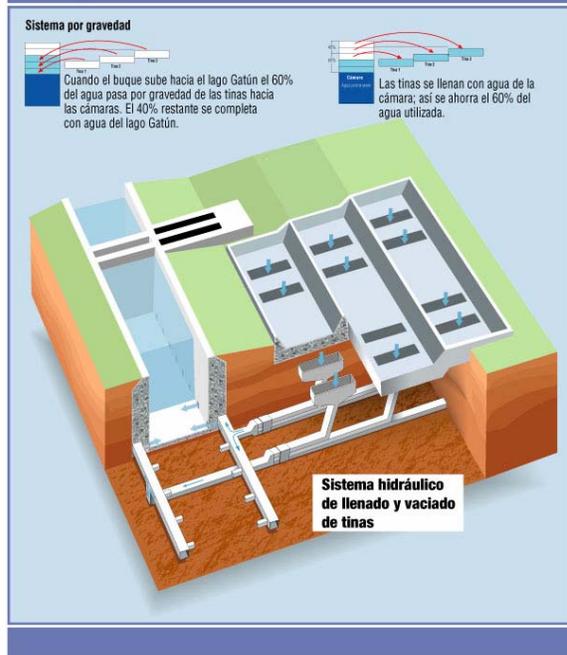
Para maximizar la efectividad del proyecto de subir el nivel del lago Gatún, será necesario incorporarlo al proyecto de profundización descrito en la sección 6.8.1. De esta integración de proyectos resultará un incremento de la confiabilidad del calado máximo de 14 metros (46') en agua dulce tropical, con un nivel operativo mínimo de 24.7 metros (81') del lago Gatún, mientras que el aporte hídrico del sistema aumentará a nueve esclusajes (ver figura 6-44).

### 6.8.3 Tinas de reutilización de agua paralelas a las esclusas

Las tinas de reutilización de agua son piletas de almacenamiento adyacentes a las cámaras de las esclusas y conectadas a las mismas mediante alcantarillas reguladas por medio de válvulas de paso para mover el agua en ambas direcciones, por gravedad, sin necesidad de bombas. Estas tinas almacenarán temporalmente el agua proveniente de las cámaras de las esclusas que, de otra forma, sería vertida al mar. El agua almacenada en las tinas será después revertida a las cámaras de las esclusas durante el proceso de llenado (ver figura 6-45).

La efectividad del ahorro de agua a través del uso de tinas depende del número de tinas que se utilicen. No obstante, a mayor número de tinas, el ahorro de agua es decreciente y el tiempo de esclusaje aumenta, impactándose negativamente la capacidad total del sistema. Por ejemplo, 1 tina paralela representaría un ahorro del 33% del consumo total de la esclusa, 2 tinas representarían un ahorro total del 50% del consumo total de la esclusa, mientras

#### Vista Transversal de Tinas de Reutilización de Agua



**Figura 6-45** Vista isométrica seccionada del sistema de tinas de reutilización de agua. Una esclusa con tres tinas por cámara usará 60% menos agua que sin tinas.

<sup>54</sup> Cerca de 13.56 metros (44.5') en agua salada tropical



que tres tinas ahorrarán cerca del 60% del consumo total de la esclusa (ver figura 6-46). Los cálculos y simulaciones realizados por ACP demuestran que el beneficio obtenido por incrementar las tinas, comparativamente con su costo, no amerita la construcción de más de tres tinas de reutilización de agua por recámara.

El proyecto de tinas de reutilización de agua funcionara en combinación con los proyectos de profundización y elevación del lago Gatún. Estos tres proyectos proveerán al Canal ampliado de agua suficiente para manejar la demanda más allá del horizonte del Plan Maestro<sup>55</sup>.

Utilización de Agua* para Esclusas Pospanamax con Tinas de Reutilización de Agua						
Cantidad de Tinas de Agua por Nivel de Esclusas	Utilización de Agua en Esclusajes Panamax Equivalentes**			Utilización de Agua en Millones de Metros Cúbicos		
	Un Nivel	Dos Niveles	Tres Niveles	Un Nivel	Dos Niveles	Tres Niveles
Sin Tinas	6.94	3.47	2.31	1.44	0.72	0.48
Una Tina	4.63	2.31	1.54	0.96	0.48	0.32
Dos Tinas	3.47	1.73	1.16	0.72	0.36	0.24
Tres Tinas	2.78	1.39	0.93	0.58	0.29	0.19
Cuatro Tinas	2.31	1.16	0.77	0.48	0.24	0.16
Cinco Tinas	1.98	0.99	0.66	0.41	0.21	0.14
Seis Tinas	1.73***	0.87	0.58	0.36	0.18	0.12

\* Utilización de agua basada en el diseño conceptual de esclusas con cámaras de 54.9m ancho y 427m longitud.  
 \*\* Un esclusaje es la cantidad de agua necesaria para un tránsito completo de océano a océano. Las esclusas Panamax existentes utilizan 0.208 millones de metros cúbicos (55 millones de galones) de agua.  
 \*\*\* Esclusas de un escalón utilizan 1.73 veces el esclusaje equivalente, operando en sistema convoy, si se operan las esclusas de modo alterno, el consumo de agua se reduce a la mitad, 0.86 veces.

**Figura 6-46** La configuración física de las esclusas de diferentes niveles y opciones de tinas de reutilización de agua son elementos críticos en el consumo de agua por esclusaje.

## 6.9 Programa de inversiones para el proyecto de tercer juego de esclusas

El programa de inversiones para el proyecto de tercer juego de esclusas consiste en la construcción de dos esclusas pospanamax, una en el Atlántico y otra en el Pacífico. Estas dos esclusas estarán acompañadas por sus respectivos cauces de navegación, los cuales serán excavados en seco (como en el caso del cauce de acceso de la esclusa del pacífico al Corte Culebra), serán dragados o se utilizará una combinación de excavación seca y dragado. Dentro de este programa se incluirá un esquema de inversiones para el suministro de agua diseñado para aumentar la confiabilidad de calado y rendimiento hídrico del sistema. De esta manera se logrará satisfacer tanto la necesidad de agua para el consumo de la población, como para el funcionamiento del Canal ampliado, más allá del horizonte del Plan Maestro (ver figura 6-47).

### 6.9.1 Costo del proyecto de tercer juego de esclusas

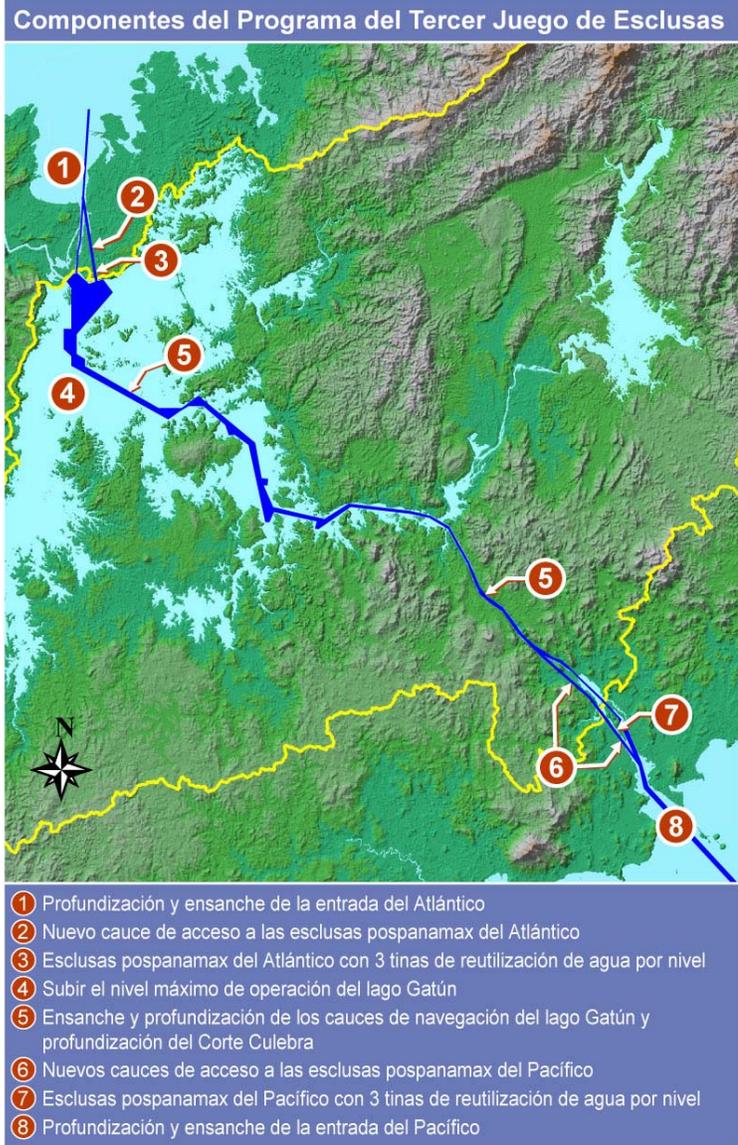
El costo de la construcción del tercer juego de esclusas ha sido estimado utilizando los métodos más rigurosos de análisis, y con la asesoría de expertos reconocidos a nivel internacional. El estimado de costos y el cronograma de ejecución fueron desarrollados por personal de la ACP, asesorado por consultores especializados en estimación de costos de Parsons

<sup>55</sup> Para una descripción más detallada del tema, ver el capítulo 7.



Brinkerhoff International y por expertos en construcción de Montgomery Watson Harza y de Clair Murdock Consultants y revisado, a su vez, por un comité técnico especial asesorado por expertos de Arizona State University, University of California y University of Colorado.

El nivel de solidez y confiabilidad del estimado de costos viene dictado por tres pilares principales. Primero, el estimado de costos se fundamenta en un diseño conceptual de las esclusas y los cauces de navegación, el cual tiene un nivel de detalle significativo<sup>56</sup>. Segundo, este diseño conceptual fue analizado minuciosamente desde el punto de vista de la factibilidad de su construcción para determinar la secuencia y la interdependencia de las actividades y para estimar, con alto nivel de confianza, los requerimientos de mano de obra, equipo, insumos, energía, administración, pruebas y materiales, entre los elementos más relevantes. Tercero, el estimado de costos se complementó utilizando un avanzado modelo de análisis de riesgos, mediante el cual se evaluaron y ponderaron los factores de incertidumbre e imprevistos, su probabilidad de ocurrencia durante la ejecución del proyecto y sus posibles impactos<sup>57</sup>.



**Figura 6-47** El programa de ampliación incluye la construcción de esclusas en el Atlántico y el Pacífico, la excavación cauces de acceso a las nuevas esclusas y el ensanche de los cauces existentes. Además incluye la profundización de los cauces de navegación del lago Gatún y del Corte Culebra y el aumento de su nivel máximo de operación.

<sup>56</sup> La ACP contrató separadamente a dos equipos consultores para que diseñasen individualmente conceptos del proyecto. Posteriormente evaluó los conceptos propuestos y configuró un diseño homologado con los mejores elementos de cada concepto. Los consultores fueron: (1) el consorcio Belga-Francés integrado principalmente por cuatro compañías europeas: Coyne-et-Bellier, Tractebel Engineering, Technum y Compagnie Nationale du Rhône; y (2) el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers).

<sup>57</sup> El modelo de análisis de riesgo fue desarrollado por la empresa consultora Aon Risk Services, complementado por la ACP y posteriormente revisado en el estudio: *Project Risk Management, Development of Risk Based Contingency Values for a Baseline Project Budget Estimate*,



El costo estimado del proyecto toma en cuenta los posibles aumentos en el costo de la mano de obra, de los equipos, de los insumos y de los materiales. Con relación a los costos de los insumos y materiales, se estimaron y analizaron las posibles fluctuaciones de sus precios, particularmente de aquellos insumos y materiales claves, tales como cemento, acero, agregados, combustibles y lubricantes, entre otros. También se analizaron, a profundidad, las circunstancias y condiciones que pueden conducir a posibles atrasos en la construcción, incluyendo posibles cambios en las cantidades y en la productividad, tanto de equipos como de mano de obra, fallas de los equipos, fenómenos climatológicos y cambios en el diseño. El análisis también evaluó las consecuencias e impactos de la carencia o falta de disponibilidad oportuna de equipos, materiales y personal para el proyecto.

Los diseños de los cauces de navegación y los correspondientes trabajos de dragado se cotejaron con estándares de productividad internacionales y con los rendimientos obtenidos recientemente por la ACP en trabajos similares de dragado. Estos estimados de costos para los trabajos de dragado también fueron revi-

Estimado de Costos del Proyecto del Tercer Juego de Esclusas	
Componentes del Proyecto	Estimado de Costo*
<b>Nuevas Esclusas</b>	
Esclusas del Atlántico	1,110
Esclusas del Pacífico	1,030
Contingencia para las nuevas esclusas**	590
<b>Total de Nuevas Esclusas</b>	<b>2,730</b>
<b>Tinas de Reutilización de Agua</b>	
Tinas de Reutilización de Agua del Atlántico	270
Tinas de Reutilización de Agua del Pacífico	210
Contingencia para las Tinas de Reutilización de Agua**	140
<b>Total de Tinas de Reutilización de Agua</b>	<b>620</b>
<b>Cauces de Acceso para las Nuevas Esclusas</b>	
Cauces de Acceso del Atlántico (Dragado)	70
Cauces de Acceso del Pacífico (Excavación Seca)	400
Cauces de Acceso del Pacífico (Dragado)	180
Contingencia para los Nuevos Cauces de Acceso**	170
<b>Total de Nuevos Cauces de Acceso a las Esclusas</b>	<b>820</b>
<b>Mejoras a Cauces de Navegación Existentes</b>	
Profundización y Ensanche de la Entrada Atlántica	30
Ensanche del Cauce del Lago Gatún	90
Profundización y Ensanche de la Entrada Pacífica	120
Contingencia para las Mejoras a los Cauces de Navegación**	50
<b>Total de Mejoras a los Cauces de Navegación</b>	<b>290</b>
<b>Mejoras al Suministro de Agua</b>	
Subir el Nivel Máximo del Lago Gatún a 27.1 m (89') PLD	30
Profundizar los Cauces de Navegación a 9.1 m (30') PLD	150
Contingencia para Suministro de Agua**	80
<b>Total de Mejoras al Suministro de Agua</b>	<b>260</b>
<b>Inflación Durante el Periodo de Construcción***</b>	<b>530</b>
<b>Inversión Total</b>	<b>5,250 M*</b>

\*Millones de balboas, redondeados a la decena más cercana  
 \*\*La contingencia incluye las posibles variaciones en el costo de cada componente  
 \*\*\*Se asumió una inflación general de 2% anual por encima de lo incluido en la contingencia

**Figura 6-48** El programa de ampliación tendrá un costo no mayor de B/5,250 millones, incluyendo los costos directos e indirectos de diseño, administración, construcción, contingencias e inflación.



sados por expertos internacionales<sup>58</sup>. Todos estos elementos fueron analizados individualmente y en su interrelación para determinar su probabilidad de ocurrencia, y se identificó el impacto que todos en conjunto y cada uno individualmente podrían tener en el costo y en el cronograma de construcción del tercer juego de esclusas.

El costo de la construcción del tercer juego de esclusas se estima en aproximadamente B/.5,250 millones (ver figura 8). Este estimado incluye los costos directos e indirectos de diseño, administración, construcción, pruebas, mitigación ambiental y puesta en marcha. Además, este costo incluye contingencias suficientes para cubrir riesgos e imprevistos, tales como los que pudiesen ser causados por eventos fortuitos, cambios en el diseño, alzas de precios, y posibles demoras, entre otros. El nivel de contingencias es adecuado y suficiente para este tipo de proyecto y el avance que tiene el diseño en su etapa conceptual. Finalmente, el costo estimado del proyecto también incluye el efecto de la posible inflación durante el periodo de construcción<sup>59</sup>.

El costo más relevante del proyecto corresponde a la construcción de los dos nuevos complejos de esclusas – uno en el Atlántico y el otro en el Pacífico – con costos estimados de aproximadamente B/.1,110 millones y B/.1,030 millones respectivamente, más una provisión de B/.590 millones para posibles contingencias durante su construcción. Estos nuevos complejos de esclusas estarán integrados con las tinas de reutilización de agua, las cuales tendrán un costo estimado de B/.270 y B/.210 millones para el Atlántico y el Pacífico, respectivamente, más una provisión de B/.140 millones para posibles contingencias. En total, las nuevas esclusas con sus tinas de reutilización de agua tendrán un costo estimado total, incluyendo contingencias, de B/.3,350 millones.

La construcción de los cauces de acceso a las nuevas esclusas tendrá un costo total estimado de B/.820 millones, que incluye B/.400 millones de excavación seca y B/.250 millones para trabajos de perforación, voladura y dragado, más una provisión de B/.170 millones para posibles contingencias. Por su parte, las mejoras a los cauces de navegación existentes tendrán un costo total estimado de B/.290 millones, que incluye B/.90 millones para el ensanche de los cauces de navegación del lago Gatún y B/.150 millones para la profundización y ensanche de las entradas del Canal, más una provisión de B/.50 millones para contingencias.

Finalmente, las mejoras al suministro de agua tendrán un costo total estimado de B/.260 millones, que incluye B/.150 millones para la profundización de los cauces de navegación y B/.30 millones para elevar el ni-

<sup>58</sup> *Independent Technical Review of Navigation Channel Improvement Studies*, revisión por expertos de *Great Lakes Dredging Company* de abril de 2004.

<sup>59</sup> Este costo estimado total aproximado incorpora una inflación promedio anual de 2% y no incluye posibles costos de financiamiento, los cuales se explican en la Sección 8 de este documento. La inflación promedio en Panamá ha sido de aproximadamente 1.10% en los últimos 16 años (entre 1990 y 2005) según información de la Contraloría General de la República y del *International Monetary Fund, World Economic Outlook Database*, de marzo de 2006.



vel máximo de operación del lago Gatún, más una partida de B/.80 millones para contingencias. Estos componentes, sumados a una inflación durante el periodo de construcción estimada en aproximadamente B/.530 millones, representan el estimado del costo total del proyecto del tercer juego de esclusas de B/.5,250 millones (ver figura 8).

El grado de detalle al que se ha llegado en la estimación de los costos y los imprevistos permite sostener que el cálculo es sólido y que no son esperables las gigantescas variaciones que se han producido en algunos otros megaproyectos. La ventaja del Canal en esta materia es que los principales trabajos, como el de dragado, no son asunto nuevo, ya que la ACP tiene vasta experiencia en este tipo de trabajos, y conoce ampliamente las condiciones geológicas en el área del proyecto.

El proyecto del tercer juego de esclusas es, primordialmente, una obra de excavación a cielo abierto y de dragado en un área geológica estudiada y despejada. Como se ha indicado anteriormente, la ACP cuenta con una vasta y exitosa experiencia ejecutando trabajos de dragado en los cauces del Canal y en la contratación y administración de proyectos de excavación, modernización y tecnología. El proyecto del tercer juego de esclusas no involucra trabajos de construcción subterráneos o subacuáticos o de perforación de túneles y, por lo tanto, tiene niveles de riesgo y complejidad moderados que son manejables con tecnología y métodos de construcción ampliamente probados.

Debido al alto nivel de rigurosidad y detalle con el que se ha realizado el análisis de costo, el mismo tiene un alto grado de confiabilidad. Al incluir contingencias suficientes y apropiadas para compensar los posibles riesgos, incertidumbre e imprevistos, el estimado es sólido y confiable y, por ende, existe una muy alta probabilidad de que la construcción de la obra sea realizada por este monto o menos.

### 6.9.2 Cronograma para la construcción del tercer juego de esclusas

La ejecución del proyecto del tercer juego de esclusas tendrá una duración de siete u ocho años, y podrá iniciar operaciones entre el año fiscal 2014 y 2015, de aprobarse durante el 2006 el referéndum previsto en la Constitución (ver figura 6-49). El cronograma de ejecución del proyecto se desarrolló sobre la base de un minucioso y detallado análisis de la factibilidad de su construcción, efectuado de conformidad con las prácticas más avanzadas de la industria de la construcción y tomando en cuenta los equipos, tecnología y procesos de edificación más apropiados para el ámbito del programa y el tipo de proyecto. El plan de ejecución que sirvió de base para el estimado de costos fue también evaluado con el modelo de análisis de riesgos e incluye contingencias de tiempo suficientes y apropiadas para cubrir las posibles demoras y atrasos. También incluye un periodo apropiado para puesta en marcha, adiestramiento de personal,



inspecciones, ajustes de equipo, pruebas de esclusajes y de funcionamiento de componentes y sistemas, e inicio de operaciones de tránsito.

Dado que los costos y los tiempos de ejecución del proyecto se analizaron y desarrollaron en forma integral, el cronograma de ejecución tiene el mismo alto nivel de confiabilidad que el estimado de costos. El programa de ejecución refleja una velocidad de marcha apropiada para completar el proyecto en el menor tiempo posible dentro de un plan de avance eficiente y productivo realizable con la tecnología de construcción disponible.

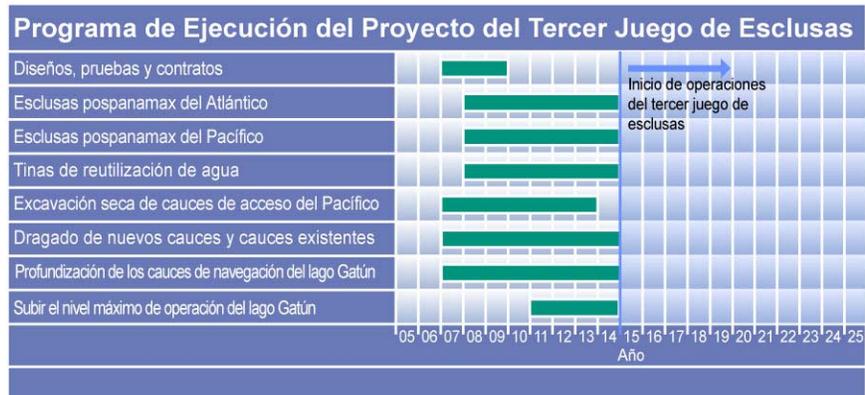
El cronograma de ejecución se discierne en dos fases principales: la de preconstrucción y la de construcción.

La fase de preconstrucción comprenderá el desarrollo de diseños, modelos, especificaciones y contratos, la precalificación de los posibles constructores y, finalmente,

la contratación de los mismos. Esta primera fase tendrá una duración de entre dos y tres años con respecto al componente de esclusas. La excavación seca y el dragado de los cauces se iniciará antes de completada la fase de preconstrucción de esclusas.

La fase de construcción incluye la ejecución simultánea de la construcción de ambas esclusas con sus tinas para reutilización de agua, la excavación seca del nuevo cauce de acceso del Pacífico, y el dragado, tanto de los nuevos cauces de acceso a las esclusas, como el de los cauces de navegación del lago Gatún y de las entradas de mar. La construcción de las esclusas tomará entre cinco y seis años<sup>60</sup>, y se iniciará en el año 2008, después de terminados los diseños. La excavación seca y el dragado iniciarán en el año 2007, y requerirán de aproximadamente siete y ocho años, respectivamente. En la segunda mitad del periodo de construcción se iniciará la subida del nivel máximo operativo del lago Gatún, para lo cual será necesario adecuar tanto las esclusas existentes como las instalaciones del Canal ubicadas en las riberas del lago Gatún, lo cual tendría una duración de aproximadamente cuatro años.

Debido a que el proyecto está conformado por múltiples componentes, se anticipa que la construcción de algunos elementos se iniciará mientras se adelantan las actividades de preconstrucción de otros componentes. De



**Figura 6-49** Cronograma de ejecución del programa del tercer juego de esclusas. El tercer juego de esclusas entrará en operación entre el 2014 y el 2015.

<sup>60</sup> El cronograma de ejecución incluye un año adicional para los trabajos de esclusas como contingencia para posibles imprevistos de conformidad con el análisis de riesgo del proyecto.



esta forma se prevé que las actividades de dragado, específicamente aquellas que se efectuarán por la ACP, se iniciarán inmediatamente después de aprobado el proyecto. Otras actividades, tales como movilización, infraestructura, preparación de sitios de construcción y de disposición de materiales y trabajos de excavación seca, se iniciarán primero y podrán completarse mientras se avanza en los diseños de las esclusas. Las actividades de construcción no afectaran el funcionamiento normal del Canal.

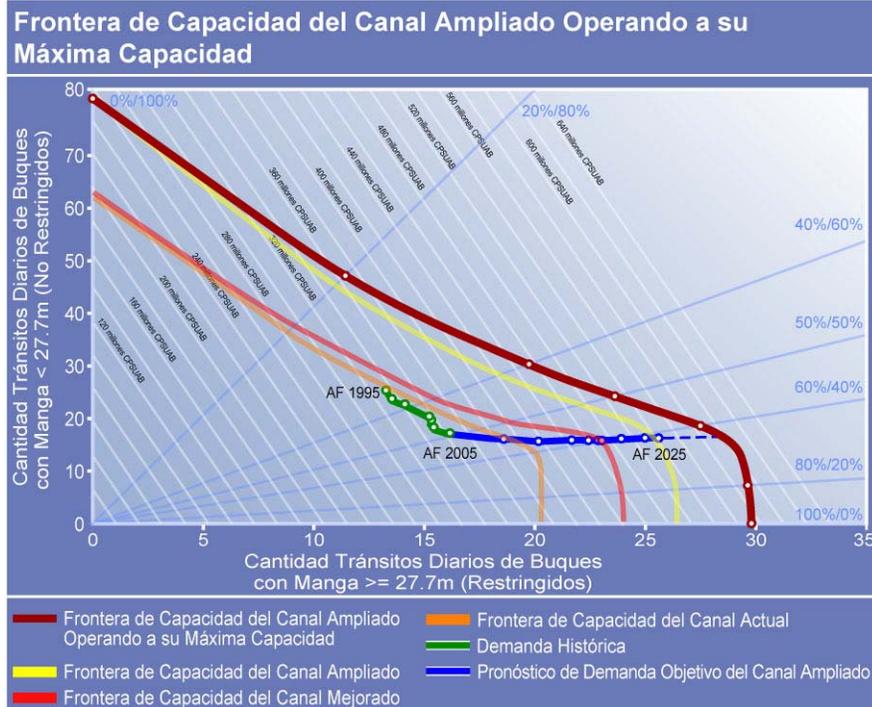


Figura 6–50 Una vez se maximiza el uso de las esclusas, el Canal ampliado llegara a su capacidad máxima de cerca de 600 millones de toneladas CPSUAB.

### 6.10 Mejoras posibles al Canal Ampliado después del 2025

El tercer juego de esclusas permitirá al Canal alcanzar una capacidad máxima sostenible de aproximadamente 600 millones de toneladas CPSUAB (ver figuras 6-50 y 6-51). Para poder manejar estos volúmenes de tráfico serán necesarios, en su momento, mejoras adicionales a los cauces de navegación y otras infraestructuras del Canal que permitan maximizar, al igual que el Canal actual, la capacidad del Canal ampliado.

Según las proyecciones de demanda más probable, estas mejoras no serán necesarias hasta después del año 2025. Por esta razón no son incluidas como parte de la inversión inicial del tercer juego de esclusas. Estas inversiones dependerán del crecimiento de la demanda.

Frontera de Capacidad del Canal Ampliado Operando a su Máxima Capacidad			
Porcentaje de Buques No-Restringidos (Manga < 27.7m)	Porcentaje de Buques Restringidos (Manga ≥ 27.7m)	Capacidad Máxima del Canal	
		Número Promedio de Tránsitos por año	Toneladas Anuales (CPSUAB)*
100%	0%	28,500	255 - 265
80%	20%	20,800	360 - 370
60%	40%	17,900	470 - 480
50%	50%	17,200	520 - 530
35%	65%	16,200	600 - 610
20%	80%	13,500	580 - 590
0%	100%	10,900	570 - 580

\*En Millones

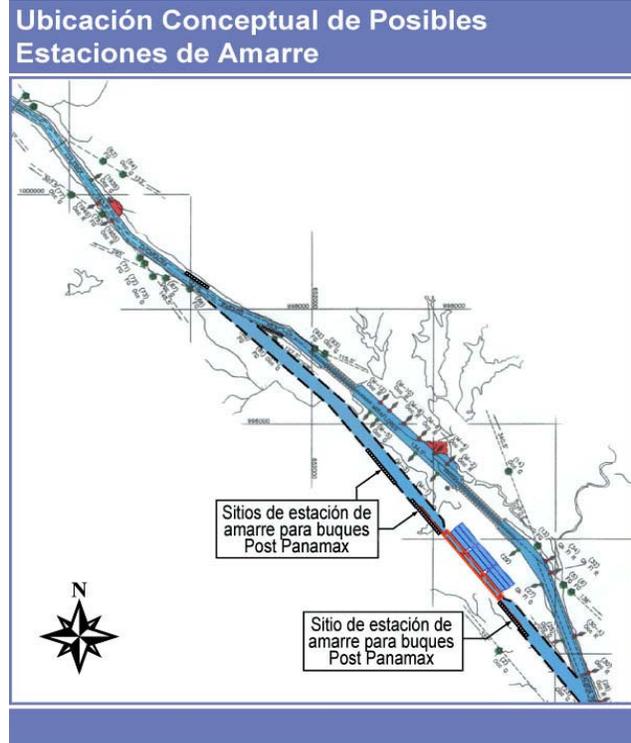
Figura 6–51 Frontera de capacidad del Canal ampliado operando a su máxima capacidad.



### 6.10.1 Estaciones de amarre

Para maximizar la capacidad del Canal ampliado y dar más flexibilidad a la programación de buques, después del año 2025 se podrían construir estaciones de amarre al norte y sur de la esclusa nueva del Pacífico, de aproximadamente 1,000 metros de largo, a una distancia razonable de las esclusas. Las estaciones de amarre reducirán el tiempo ocioso de las esclusas nuevas, creado por el cambio de dirección entre el convoy en dirección norte y el convoy en dirección sur.

Además de las estaciones de amarre descritas, se podrán agregar estaciones de amarre adicionales en el cauce de acceso norte de la esclusa nueva del Pacífico, así como también en el Corte Culebra y en el cauce de acceso norte de la esclusa nueva del Atlántico. El propósito de las estaciones de amarre será maximizar la capacidad de las nuevas esclusas, reduciendo el impacto de retrasos y restricciones operativas (ver figura 6-52).



**Figura 6–52** Estaciones de amarre en el cauce de acceso al norte y sur de las esclusas pospanamax Pacífico y al norte y sur de de la misma.

### 6.10.2 Ensanche del Corte Culebra

El incremento, a través del tiempo, del número de tránsitos de buques pospanamax por el Canal, aumentará la cantidad de buques pospanamax que no podrán encontrarse con otros buques en el Corte Culebra. Para mitigar el impacto de esta restricción sobre la capacidad del sistema, después del 2025 se podría aumentar el ancho del corte Culebra de 218 (715') a 225 metros (730'). Esta mejora permitirá flexibilizar la programación de buques pospanamax y Panamax por el Corte Culebra.

### 6.10.3 Fondeaderos

De manera similar al caso de las estaciones de amarre, la capacidad operativa del Canal ampliado se podrá maximizar después del año 2025 ampliando los fondeaderos para manejar los aumentos, en el tiempo, de buques pospanamax. Esto se haría mediante la implementación de un área de fondeo para buques pospanamax fuera y dentro del rompeolas en el Atlántico, además de mejoras y adiciones a los fondeaderos internos existentes.

A través de la introducción de estas mejoras, se mantendrá el nivel de servicio esperado más allá del AF 2025. Al igual que en el Canal actual,

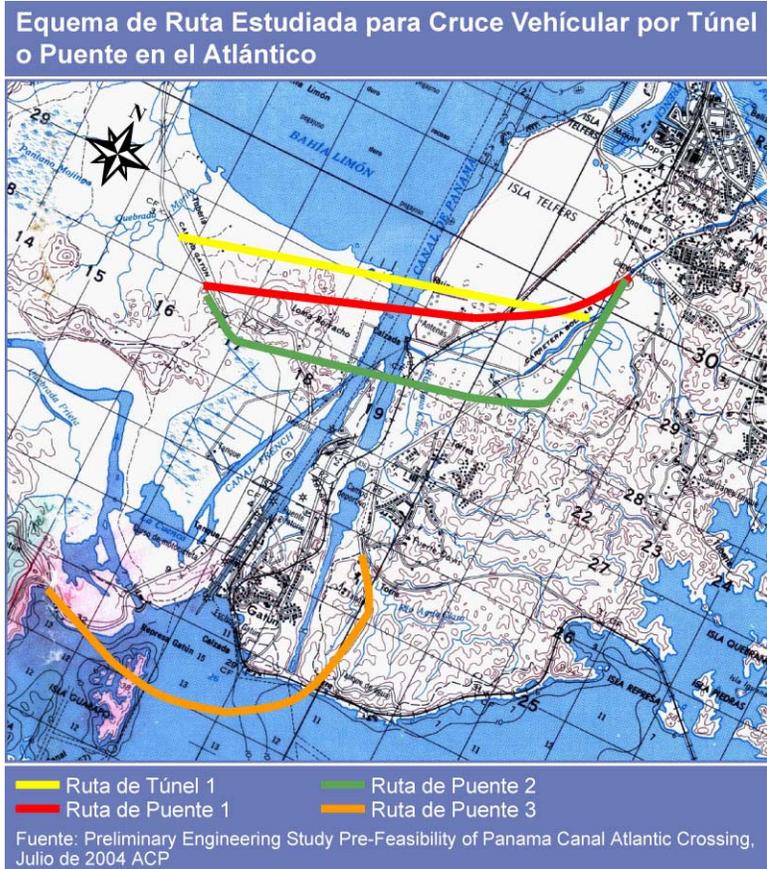


la construcción de estaciones de amarre adicionales para buques pospanamax cerca de la esclusa nueva del Pacífico y el ensanche adicional del Corte Culebra, aumentará la capacidad del sistema al permitir maximizar la utilización de las nuevas esclusas.

#### 6.10.4 Cruce vehicular en el extremo Atlántico

Como parte de los estudios del tercer juego de esclusas, la ACP también evaluó en forma conceptual la viabilidad técnica, ambiental y económica de desarrollar un cruce vehicular en el extremo Atlántico del Canal, que podría ser un túnel o un puente (ver figura 6-53)<sup>61</sup>. Durante la ejecución del proyecto del tercer juego de esclusas se completarán los estudios de las opciones para este cruce vehicular en el Atlántico, ya sea un túnel o puente según sea más conveniente, y su construcción se iniciará a más tardar al completarse la ampliación del Canal.

En este cruce se incluirá la infraestructura de agua potable, electricidad y comunicaciones que sea necesaria para impulsar el desarrollo del lado oeste. El costo de este cruce vehicular será sufragado por recursos del Canal como parte de su programa continuo de inversiones, para lo cual se efectuarán las reservas necesarias una vez que se completen diseños y estimados de costo.



**Figura 6-53** Como parte de los estudios del tercer juego de esclusas se evaluó la posibilidad de un cruce vehicular en el Atlántico. Se estudiaron tres opciones de puentes y una de túnel.

### 6.11 Conclusión

La construcción de un tercer juego de esclusas permitirá al Canal de Panamá captar la totalidad de la demanda proyectada. El Canal ampliado podrá manejar de 580 a 600 millones de toneladas CPSUAB anualmente, de acuerdo con la mezcla de buques más probable, lo que equivale a cerca de 16,200 tránsitos. Esta demanda se materializara después del AF

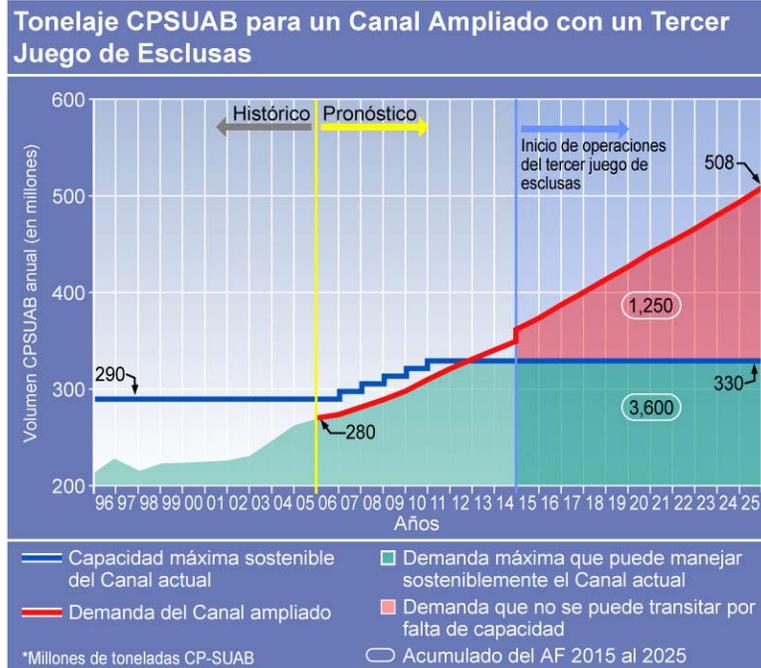
<sup>61</sup> Estudios preliminares de ingeniería para la prefactibilidad de un cruce sobre el Canal de Panamá en el lado Atlántico, ACP Julio 2004.



2025. Durante los primeros 11 años de operación, la ampliación del Canal permitirá captar un tonelaje acumulado de más de 1,250 millones de toneladas CPSUAB, que se perderían de no realizarse la misma (ver figura 6-54).

El programa de ampliación que se propone aquí permitirá generar, en forma creciente, significativos ingresos a Panamá. Al mismo tiempo, fortalecerá, a largo plazo, la función del Canal como motor fundamental para el desarrollo sostenible del país. A los usuarios les permitirá utilizar los buques más apropiados para sus rutas, brindándoles niveles de servicio adecuados e

incrementando el valor de la ruta. Finalmente, el Canal mantendrá su carácter competitivo y continuará desempeñándose como un eslabón clave en la amplia y compleja cadena de transporte y logística que satisface las necesidades del creciente y cambiante comercio mundial.



**Figura 6-54** Con base en los pronósticos de demanda objetivo, la ampliación del Canal permitirá capturar un tonelaje acumulado adicional que excede a 1,250 millones de toneladas CPSUAB entre el AF 2015 y el 2025.

