



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO FIN DE MASTER EN LOGÍSTICA

Análisis de la Capacidad Operativa del Canal Actual y Ampliado, en Función de la Cantidad de Tránsitos

Autor: Vanessa K. Guevara Martínez

Tutor: Ángel Manuel Gento

Valladolid, Julio 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Máster en España y darme las fortalezas necesarias para cumplir con mis objetivos de vida.

Al Banco Santander, por confiar en mí y otorgarme la beca para realizar el Máster en Logística en la Universidad de Valladolid.

A todos los docentes universitarios que contribuyeron a mi formación académica, en especial, a mi tutor Ángel Gento, quien me orientó en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco muy especialmente a mi madre, Andrea de Guevara, y a mi padre, Daniel Guevara, quienes han sido mi soporte y mi guía a lo largo de mi vida, y quienes me alentaron a seguir enriqueciendo mis conocimientos mediante el estudio; a mis hermanas, Jessica y Melissa Guevara, quienes me han brindado su apoyo incondicional; y a mis queridas Bella y April, quienes han sido mi motor para seguir adelante.

A mis familiares y amistades, que han estado al pendiente de mí en todo momento y que, de alguna u otra forma, me han apoyado y alentado durante esta importante etapa de mi vida.

Vanessa K. Guevara Martínez

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación y justificación del proyecto	2
1.2. Objetivos generales y específicos	
1.2.1. Objetivos generales	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Metodología de investigación	5
1.4. Organización del proyecto	6
CAPÍTULO 2. HISTORIA DEL CANAL Y SU SITUACIÓN ACTUAL	7
2.1. Historia del Canal de Panamá	8
2.2. Componentes y recursos del Canal de Panamá.....	11
2.2.1. Principales componentes del Canal de Panamá.....	12
2.2.1.1. Esclusas	12
2.2.1.2. Cauces de Navegación.....	14
2.2.1.3. Lagos	15
2.2.1.4. Fondeaderos y estaciones de amarre	16
2.2.2. Recursos y sistemas de comunicaciones e informáticos del Canal de Panamá	16
2.2.2.1. Prácticos	16
2.2.2.2. Pasacables.....	17
2.2.2.3. Locomotoras	17
2.2.2.4. Remolcadores	18
2.2.2.5. Sistemas de Comunicación.....	18
2.2.2.6. Sistemas de iluminación y señalización	18
2.2.2.7. Sistemas de información.....	19
2.2.2.8. Represas.....	20
2.2.3. Sistemas de apoyo del Canal de Panamá.....	21
2.2.3.1. Dragas y barcasas de perforación.....	21
2.2.3.2. Grúas	21
2.2.3.3. Sistemas de Generación de Electricidad.....	21
2.2.3.4. Sistemas de Producción de Agua Potable.....	22
2.2.3.5. Astilleros	22
2.3. Operativa de los principales componentes del Canal.....	23
2.3.1. Esclusajes	23
2.3.1.1. Modo de operación de las esclusas.....	24
2.3.1.2. Tipos de esclusajes especiales	26
2.3.1.3. Procedimientos especiales que afectan el rendimiento de las esclusas	27
2.3.1.4. Restricciones en esclusas.....	28
2.3.1.5. Mantenimiento de las esclusas	29
2.3.2. Utilización y consumo de agua.....	29
2.3.3. Tránsito en los cauces de navegación.....	30
2.3.3.1. Restricciones en cauces de navegación	31
2.3.4. Interacción de los principales componentes del Canal	32
2.3.4.1. Programación de tránsito de buques.....	32
2.3.4.2. Proceso de tránsito de un buque por el Canal de Panamá	33

CAPÍTULO 3. PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL CANAL DE PANAMÁ	37
3.1. ¿Por qué ampliar el Canal de Panamá?	38
3.1.1. Tendencias que pronostican la pronta saturación de la capacidad del Canal	38
3.1.1.1. Nivel de servicio del Canal como condicionante de la capacidad.....	39
3.1.1.2. Carencia de tiempo para realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación ..	39
3.1.1.3. Saturación de la capacidad para tránsitos diurnos	40
3.1.1.4. Aumenta el uso del sistema de reservaciones.....	41
3.1.2. Límites de capacidad del Canal actual.....	42
3.1.3. Buques pospanamax: oportunidad de crecimiento para el Canal de Panamá.....	43
3.2. Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá	44
3.2.1. Programa de mantenimiento y reemplazo	44
3.2.2. Programa de optimización del Canal actual	44
3.2.2.1. Maximizar la utilización nocturna de las esclusas.....	46
3.2.2.2. Maximizar la utilización de las esclusas del pacífico	47
3.2.2.3. Mejorar equipos y sistemas operativos.....	48
3.2.2.4. Mejorar la seguridad y el nivel de servicio del Canal	50
3.2.3. Programa de ampliación del Canal mediante la construcción de un tercer juego de esclusas	53
3.2.3.1. Construcción del tercer juego de esclusas	53
3.2.3.2. Mejoras a los cauces de navegación existentes	56
3.2.3.3. Programa de suministro y ahorro de agua	57
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL CANAL DE PANAMÁ	59
4.1. Capacidad del canal de Panamá en su configuración actual	60
4.1.1. Mezcla de buques y restricciones de navegación	60
4.1.2. Modo de operación y tiempos de esclusaje	63
4.1.3. Factores climáticos	67
4.1.4. Mantenimiento de las esclusas	67
4.1.5. Rendimiento hídrico y confiabilidad de calado del sistema de lagos del Canal.....	69
4.2. Capacidad del Canal de Panamá luego de su optimización y del proyecto de ampliación ..	71
4.2.1. Capacidad del Canal optimizado	71
4.2.1.1. Maximización nocturna y diurna de las esclusas.....	71
4.2.1.2. Mejora de la seguridad y nivel de servicio de calado.....	72
4.2.2. Capacidad del tercer juego de esclusas.....	72
4.2.2.1. Mezcla de buques y restricciones de navegación	72
4.2.2.2. Modo de operación y tiempos de esclusaje	73
4.2.2.3. Factores climáticos	75
4.2.2.4. Mantenimiento de las esclusas	76
4.2.2.5. Rendimiento hídrico y confiabilidad de calado del sistema de lagos del Canal	76
4.3. Capacidad operativa del Canal actual vs capacidad operativa del Canal ampliado	79
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	81
5.1. Conclusiones	82
5.2. Líneas futuras de investigación	83

CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO	85
6.1. Etapas de desarrollo del proyecto.....	86
6.2. Equipo de trabajo del proyecto.....	86
6.3. Estudio económico	87
6.3.1. Horas efectivas anuales y costes horarios del personal	87
6.3.2. Cálculo de amortizaciones (equipo informático).....	88
6.3.3. Coste de materiales consumibles	88
6.3.4. Costes indirectos.....	89
6.4. Costes asociados a cada etapa del proyecto	89
6.4.1. Etapa 1: planteamiento del proyecto	89
6.4.2. Etapa 2: recolección de información	90
6.4.3. Etapa 3: análisis y síntesis de la información	90
6.4.4. Etapa 4: redacción y difusión del informe final.....	91
6.5. Coste total del proyecto.....	91
GLOSARIO	93
BIBLIOGRAFÍA	98

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1. Construcción del Canal Francés.....	8
Ilustración 2-2. El Ancón: Primera embarcación en transitar oficialmente el Canal	10
Ilustración 2-3. Firma de los Tratados Torrijos Carter.....	10
Ilustración 2-4. Entrega del Canal a la República de Panamá.....	11
Ilustración 2-5. Alturas y Longitudes de algunos componentes importantes del Canal.....	12
Ilustración 2-6. Sección transversal de las esclusas y alcantarillas	13
Ilustración 2-7. Cauce de navegación del Corte Cueba	14
Ilustración 2-8. Tránsito de un buque por el Canal y locomotoras	17
Ilustración 2-9. Sistema de iluminación de poste alto de las esclusas.....	19
Ilustración 2-10. La draga cucharón Rialto M. Christensen.....	21
Ilustración 2-11. La grúa flotante Titán	21
Ilustración 2-12. Dique seco del Astillero de Monte Esperanza	23
Ilustración 2-13. Esclusaje regular de las esclusas de Miaflores.....	24
Ilustración 2-14. Esclusaje de relevo de las esclusas de Miaflores	25
Ilustración 2-15. Esclusaje de carrusel en las esclusas de Miaflores	25
Ilustración 2-16. Esclusaje tándem en las esclusas de Miraflores.....	26
Ilustración 2-17. Diagrama esquemático del Método de Operaciones Semi-convoy.....	32
Ilustración 3-1. Modo de operación del sistema de carrusel en las esclusas de Gatún	48
Ilustración 3-2. Límite de calado máximo del Canal actual.....	50
Ilustración 3-3. Límite de calado máximo del Canal actual optimizado.....	51
Ilustración 3-4. Efecto de profundización de los cauces del lago Gatún en la Capacidad del Almacenamiento del Sistema Hídrico.....	52
Ilustración 3-5. Configuración del tercer juego de esclusas.....	53
Ilustración 3-6. Comparación entre buques portacontenedores Panamax y pospanamax	54
Ilustración 3-7. Localización de las nuevas esclusas y sus cauces de navegación.....	56
Ilustración 3-8. Lago Gatún luego de elevar su nivel operativo y profundizar sus cauces	57
Ilustración 3-9. Límite de calado máximo del Canal actual.....	50
Ilustración 4-1. Lago Alhajuela.....	69
Ilustración 4-2. Nuevo sistema de iluminación HML (High Mast Light).....	71
Ilustración 4-3. Sistema de compuertas rodantes del tercer juego de esclusas del Canal de Panamá	76
Ilustración 4-4. Lago Gatún	77

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1. Proyectos de optimización de la Capacidad del Canal actual.....	46
Tabla / Gráfico 4-1. Tráfico del Canal de Panamá por segmento de mercado.....	62
Tabla 4-2. Tiempo promedio para los distintos componentes de un esclusaje para buques de alto calado	64
Tabla 4-3. Tiempo promedio para los distintos componentes de un esclusaje de buques pequeños.....	64
Tabla 4-4. Tiempo de esclusajes (minutos) y capacidad de las esclusas existentes para un buque de alto calado.....	65
Tabla 4-5. Capacidad de esclusajes de las esclusas existentes	66
Tabla 4-6. Capacidad de tránsitos de buques durante los trabajos de mantenimiento de las esclusas.....	68
Tabla 4-7. Tiempo promedio para los distintos componentes de un esclusaje de buques pequeños.....	70
Tabla 4-8. Tiempo promedio para los distintos componentes de un esclusaje de buques pospanamax en el tercer juego de esclusas	74
Tabla 4-9. Comparación de los tiempos promedio para los distintos componentes de un esclusaje de las esclusas panamax con las esclusas pospanamax (buques de alto calado)	74
Tabla 4-10. Tiempo de esclusaje y de ciclo de las nuevas esclusas (minutos) para buques pospanamax.....	75
Tabla 4-11. Comparación de la capacidad operativa del Canal actual con la capacidad operativa del Canal ampliado.....	79
Tabla 4-12. Capacidad del Canal actual y futura, en función de las dimensiones máximas de los buques	79
Tabla 6-1. Horas efectivas anuales.....	87
Tabla 6-2. Costes del equipo de trabajo	88
Tabla 6-3. Costes del equipo de trabajo	88
Tabla 6-4. Costes de materiales consumibles.....	88
Tabla 6-5. Costes indirectos	89
Tabla 6-6. Costes vinculados a la etapa de planteamiento del proyecto	89
Tabla 6-7. Costes vinculados a la etapa de recolección de información	90
Tabla 6-8. Costes vinculados a la etapa de análisis y síntesis de la información	90
Tabla 6-9. Costes vinculados a la etapa de redacción y difusión del informe final	91
Tabla 6-10. Coste total del proyecto	91

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El Canal de Panamá es una vía de navegación interoceánica entre el Mar Caribe y el Océano Pacífico que atraviesa el istmo de Panamá en su punto más estrecho.

Desde su inauguración en el año 1914 hasta la actualidad, ha permitido a los buques acortar tiempo y distancia de comunicación marítima, lo cual lo ha convertido en un elemento clave del comercio mundial, especialmente en la industria del transporte marítimo.

Sin embargo, la competitividad de esta infraestructura, aún considerada una maravilla de la ingeniería, se ha visto afectada por el creciente volumen de comercio internacional y el aumento en la utilización de buques de mayores dimensiones que superan las dimensiones permitidas para transitar por las esclusas del Canal existente.

A fin de determinar cuáles deberían ser las futuras inversiones del Canal para mantener su competitividad y, posteriormente, aumentarla, la Autoridad del Canal de Panamá realizó varios estudios sobre la Capacidad del Canal actual y la demanda futura.

Los resultados de los estudios reflejaron que la capacidad máxima del Canal estaría en pleno uso hacia los años 2010 y 2012, y a su vez, indicaron un incremento en la flota de buques de mayores dimensiones.

Panamá tenía dos únicas opciones: conservar el Canal tal cual como estaba y servir solamente la demanda que la infraestructura le permitiese ofrecer o invertir a tiempo en la capacidad y tecnología necesarias para explotar la demanda y continuar creciendo.

1.1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Canal de Panamá, a lo largo de sus 99 años de operaciones, ha recibido mejoras sustanciales para modernizarlo. Como resultado, se ha obtenido un Canal más eficiente y seguro, con un pequeño aumento en la capacidad de tránsito diario.

El tráfico por esta vía va en continuo aumento, así como el tamaño de los buques y el porcentaje de buques portacontenedores. En el año 2007, el 47% de los barcos que transitaron por el Canal eran Panamax¹ y el 27.4% de los tránsitos fueron buques portacontenedores. Hoy en día, el 56.3% de los buques que transitan por el Canal son Panamax, y el 28.8% de los tránsitos son buques portacontenedores.

El comercio marítimo mundial se hace cada vez más por contenedores, con el propósito de aprovechar las economías de escala y abaratar los costos de transporte. El contenedor surgió a mediados de los años cincuenta en Estados Unidos cuando Malcolm MacLean revolucionó la industria del transporte al inventar un nuevo sistema de embalaje. Esta innovación permitió al naviero obtener una mayor utilización de su activo, reducir el tiempo de estadía en puerto, maximizar la rotación del buque y, por consiguiente, generar mayor rentabilidad.

Estos desarrollos en el sistema de transporte, aunados a los procesos modernos de administración de la cadena de suministro (SCM²), han sido elementos fundamentales en mejorar los niveles de competitividad de las empresas. Al mismo tiempo han facilitado el comercio exterior y los procesos de integración y apertura comercial de las regiones. Entre los diferentes avances en la logística y en el SCM resaltan principalmente dos factores: el contenedor y el desarrollo de tecnología enfocada a proveer en tiempo real la información relativa a la carga. De forma tal que ya no se habla de transporte, sino de administración de la cadena de suministros, un concepto mucho más amplio que compromete a cada eslabón de la cadena para que realice su función de la manera más eficiente y confiable posible. Para que la administración de la cadena de suministros funcione de manera eficaz, se requiere que cada eslabón en la cadena funcione bajo el concepto “Justo a Tiempo”, incluidos los planes de contingencia y alternativas viables para mitigar los riesgos.

El Canal es un eslabón importante dentro del sistema logístico de distribución y en el transporte marítimo, sobre todo para el trasbordo de contenedores. La conectividad que ofrece la ruta a través del Canal le brinda al naviero la oportunidad de alcanzar una mejor utilización de su flota y proporcionar una mayor oferta de servicios a sus clientes a través de su conectividad entre puertos.

Esto se traduce para los países en la posibilidad de realizar su comercio exterior de la manera más eficiente, económica y competitiva posible, y para Panamá, en la oportunidad de generar grandes beneficios económicos derivados del desarrollo de su sector marítimo y de transformarse en el principal centro de trasbordo y distribución de América.

¹ Buques cuya manga (ancho) es de 30.5m a 32.3m. Este término se utiliza para describir la clase de buque de mayor tamaño que actualmente puede transitar por el Canal de Panamá.

² Supply Chain Management (SCM) por sus siglas en inglés.

Sin embargo, este aumento en el tamaño de los buques portacontenedores y el creciente volumen de comercio internacional, han obligado al Canal a evaluar su capacidad actual y plantearse la posibilidad de adaptar sus instalaciones, a fin de aumentar su nivel de servicio y ser competitivos en el sector del transporte marítimo.

La capacidad operativa del Canal juega un papel muy importante en la cadena de suministro, ya que está directamente relacionada con el concepto “Justo a Tiempo”. Actualmente, debido a la falta de capacidad y a otros factores, los buques que arriban a las entradas del Atlántico y del Pacífico deben esperar largos periodos de tiempo para poder transitar por el Canal, especialmente en los periodos de mantenimiento, durante los cuales el tiempo de servicio promedio para los buques sin reserva puede ascender a más de 60 horas.

En el año 2006, luego de años de estudios por la Autoridad del Canal de Panamá, se presentó al pueblo panameño la propuesta para la ampliación del Canal. Ese mismo año, mediante un Referéndum, se aprobó la expansión del Canal, compuesto por los siguientes proyectos:

- Construcción de dos complejos de esclusas (uno en el Atlántico y otro en el Pacífico) de tres niveles cada uno, que incluyen tinas de reutilización de agua.
- Excavación de cauces de acceso a las nuevas esclusas y el ensanche de los cauces de navegación existentes.
- Profundización de los cauces de navegación y la elevación del nivel máximo de funcionamiento del Lago Gatún.

Estos proyectos tienen como principal objetivo aumentar la capacidad operativa del Canal, permitiendo así: (a) incrementar el tránsito diario de buques, y (b) el tránsito de buques Pospanamax.

Es importante tener presente que la capacidad operativa del Canal determina si el Canal puede satisfacer o no la demanda actual y futura.

Actualmente, Panamá no es el único país que ofrece opciones para satisfacer la creciente demanda de servicios de tránsito interoceánico de carga. Existen otras alternativas para manejar la carga que se mueve por el Canal de Panamá, que incluyen: el sistema intermodal de los Estados Unidos, el cual es complementado con el uso de buques portacontenedores pospanamax en la ruta transpacífica; el Canal de Suez, de Asia a la costa este de los Estados Unidos, que permite el uso de buques portacontenedores Pospanamax; la perspectiva de sistemas intermodales Norte-Sur de México a Estados Unidos; la perspectiva de sistemas de trasbordo a través del istmo centroamericano, entre otras. De estos, el sistema intermodal y el Canal de Suez son los principales competidores de la ruta panameña.

Por ende, si el Canal no se mantiene al mismo nivel de capacidad, tecnología y servicios que los otros componentes de las rutas a las cuales sirve y de las cuales forma parte integral, corre el riesgo de convertirse en un cuello de botella y afectar la sostenibilidad a largo plazo de esas rutas y sus componentes. De ser así, los usuarios del Canal optarían por alguna de las otras alternativas. Esto resultaría en una pérdida de

volumen de tránsitos y tonelaje que atraviesa el Canal, lo cual afectaría su sostenibilidad y su aporte económico al país.

El presente proyecto tiene como finalidad complementar la formación recibida durante el Máster en Logística de la Universidad de Valladolid, mediante el Estudio de la Capacidad Operativa del Canal de Panamá, Actual y Ampliado, en Función de la Cantidad de Tránsitos, el cual se llevó a cabo, en primer lugar, analizando la capacidad del Canal actual y los factores que influyen en la cantidad de buques que pueden transitar a diario; y en segundo lugar, analizando la configuración del Canal ampliado, las posibles condiciones bajo las que operará regularmente y los factores que influirán en la cantidad de tránsitos diarios, basados en los resultados obtenidos en la primera parte del análisis.

1.2. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Dada la relevancia que tiene el Canal de Panamá en el ámbito logístico marítimo internacional, considero de gran importancia conocer los detalles que rodean la problemática de capacidad del Canal actual, en particular, los factores que afectan su operativa; y analizar cómo el Proyecto de Ampliación ayudará a disminuir el impacto que tienen estos factores en la capacidad operativa del Canal, permitiéndole brindar un nivel de servicio competitivo y aumentar su participación en el transporte marítimo al servicio del comercio mundial.

1.2.1. Objetivos Generales

El objetivo de este estudio es analizar la capacidad operativa del Canal de Panamá bajo su configuración actual y futura, mediante el entendimiento del sistema y la identificación y evaluación de los factores físicos y operativos que influyen en las operaciones del Canal.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Estudiar y entender el funcionamiento del Canal de Panamá bajo su configuración actual.
2. Identificar los factores físicos y operativos que impiden que el Canal funcione a su máxima capacidad.
3. Deducir el impacto que tienen estos factores físicos y operativos en el número de buques que pueden transitar diariamente por el Canal.
4. Estudiar y analizar la configuración del Canal luego de culminado el Proyecto de Ampliación, el cual abarca programas de mejoras y la construcción de un Tercer Juego de Esclusas Pospanamax.
5. Identificar los factores físicos y operativos que afectarán la capacidad del Tercer Juego de Esclusas.
6. Comparar la capacidad del Canal actual y ampliado.

1.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología representa la manera de organizar el proceso de la investigación, de controlar los resultados y de presentar posibles soluciones al problema que nos llevará a la toma de decisiones (Zorrilla y Torres, 1992).

En esta sección se describirá la manera en la que se llevó a cabo la investigación requerida para cumplir con los objetivos de este proyecto. Ésta inicia con el diseño de la investigación, búsqueda de información, recolección de datos, análisis y, finalmente, la interpretación de los resultados obtenidos.

La metodología de esta investigación constará de los siguientes pasos:

a. Determinación del Tipo de Investigación

Esta investigación será de tipo descriptiva, explicativa y cuantitativa. *Descriptiva*, porque se requiere información sobre las *propiedades y características* de los componentes del Canal actual y ampliado, así como el funcionamiento del sistema a partir de la interacción entre los componentes. Igualmente, describe cada uno de los programas contemplados en el proyecto de Ampliación.

Explicativa, ya que responde a las causas de la disminución en la capacidad de tránsitos que debería poder ofrecer el Canal diariamente. Mediante este tipo de investigación se explican las causales de este fenómeno.

Y *cuantitativa*, puesto que se requerirán datos estadísticos, a fin de establecer las condiciones bajo las cuales se efectuará el análisis, seleccionando el escenario más probable.

b. Diseño de la Investigación

En este paso, se establecen los objetivos (ver *Capítulo 1*) y se diseña la estructura de la investigación, a saber: (1) Estudio de la situación del Canal actual y su configuración una vez ampliado; (2) Identificación del escenario más probable, a partir de datos históricos y del entorno en el que se desenvuelve el Canal actualmente. Este escenario será utilizado como base para el desarrollo del estudio; (3) Identificación de aquellos factores que pudiesen afectar la capacidad del Canal actual y una vez ampliado; (4) Análisis del impacto que tienen estos factores sobre la capacidad del Canal y estimar el impacto que tendrán sobre la capacidad del Canal ampliado; (5) Comparación entre la capacidad actual y futura del Canal.

c. Recolección de datos

Las fuentes de datos utilizadas fueron de dos tipos:

- Fuentes primarias: estudios, noticias, artículos, informes anuales, revistas y manuales de procedimientos internos, todos formulados por Autoridad del Canal de Panamá (ACP). La mayoría de estas fuentes fueron obtenidas de la página web oficial de la ACP, por lo cual, se considera información fiable y actualizada. También, se obtuvo información del Departamento de Tráfico de la ACP a través de correo electrónico.

- Fuentes secundarias: publicaciones electrónicas sobre el Canal de Panamá (revistas, noticias y artículos).

d. Análisis e interpretación de los resultados

Como último paso, se analiza la información recolectada y se interpretan los resultados obtenidos. Los resultados se traducen en el impacto estimado que tienen los factores estudiados sobre la capacidad operativa del Canal actual y futura, en la cantidad de buques promedio que pueden transitar el Canal (actualmente) y en la cantidad de buques estimados que podrán transitar la vía luego de implementadas las mejoras y construido el Tercer Juego de Esclusas (futuro).

1.4. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto está conformado por cinco capítulos, los cuales contienen información relevante para el desarrollo del proyecto y alcance de los objetivos establecidos en la sección 1.2 de este capítulo.

Como punto de partida, el primer capítulo busca transmitir al lector la esencia del proyecto. En él se describen el entorno actual que motivó a la realización del proyecto, los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar y la metodología que se utilizó para el estudio.

El segundo capítulo tiene como finalidad dar a conocer la situación actual del Canal de Panamá y su crecimiento a través de los años. En este capítulo se reseñan brevemente los acontecimientos más importantes de la historia del Canal. También, se identifican y describen sus principales componentes y recursos, y su operativa a partir del funcionamiento integrado de cada uno de sus componentes.

Seguidamente, el tercer capítulo expone información relevante referente al Proyecto de Ampliación del Canal. La primera parte de este capítulo explica la necesidad de ampliar el Canal, cuya causa principal es nuestro objeto de estudio: la capacidad. Posteriormente, detalla cada uno de los programas contenidos en el Proyecto de Ampliación.

El capítulo cuarto, pieza clave en el proyecto, identifica los factores físicos y operativos que impiden que el Canal ponga a disposición de sus clientes la utilización de su capacidad operativa máxima. En este capítulo se desarrollan dos amplias secciones: el análisis de la capacidad operativa del Canal actual y el análisis de la capacidad operativa del Canal ampliado. Como análisis final, se realiza una comparación entre la capacidad actual y futura del Canal.

Como último punto del estudio, el capítulo quinto presenta de forma breve los puntos fundamentales del proyecto, las conclusiones derivadas de los análisis y las líneas de investigación que quedan abiertas.



CAPÍTULO
2

HISTORIA DEL CANAL Y SU SITUACIÓN ACTUAL

El Canal de Panamá, con una longitud aproximada de 80 kilómetros, permite el tránsito de buques entre los océanos Atlántico y Pacífico. Ubicado en el centro del continente americano, es un eslabón clave del comercio mundial debido a su confiabilidad y seguridad en el transporte marítimo.

Además, reduce las distancias marítimas, los tiempos de tránsito y los costos a las embarcaciones que transportan bienes entre los centros de producción y los de consumo, lo cual facilita el comercio mundial, proporcionando rutas alternativas entre países que buscan formas más competitivas para comercializar entre regiones.

El objetivo de este capítulo es describir el Canal de Panamá desde sus inicios hasta la actualidad, a fin de que los lectores que no estén familiarizados con él puedan conocer su evolución a través de los años y entender su funcionamiento.

2.1. HISTORIA DEL CANAL DE PANAMÁ

A inicios del siglo XVI, Vasco Núñez de Balboa, explorador, gobernante y conquistador español, tuvo la idea de excavar un paso de agua a través del Istmo de Panamá con el propósito de unir los océanos Atlántico y Pacífico.

Para ese entonces, existía una carretera que atravesaba el istmo desde el Golfo de Panamá hasta Panamá, cerca de la ciudad abandonada de Nombre de Dios. Esta ruta había sido utilizada por los nativos durante siglos, fue mejorada por los españoles y se convirtió en El Camino Real. El camino fue usado para transportar el oro a Portobelo y desde allí llevarlo a España.

En 1534, Carlos V de España ordenó levantar los planos para construir una ruta hacia el Pacífico siguiendo el Río Chagres, a fin de que los buques evitaran el Cabo de Hornos y sus peligros, especialmente para el transporte de oro. Sin embargo, una vez culminado el levantamiento del mapa, el gobernador opinó que sería imposible lograr tal hazaña debido a la situación política en Europa y el nivel tecnológico de la época.

Más de tres siglos transcurrieron antes de que se comenzara el primer esfuerzo de construcción por parte de los franceses. En 1876, la Sociedad Geográfica de París organizó un comité, presidido por Ferdinand de Lesseps, para realizar estudios geográficos en el área de América Central con miras a construir un canal interoceánico.

En agosto de 1879, se obtuvo la Concesión Wyse de la Sociéte Civile. Se ordenó un nuevo estudio y una Comisión Técnica Internacional formada por renombrados ingenieros inició la difícil tarea de explorar y trazar la ruta del canal. Para septiembre de 1883, con una planilla de aproximadamente 10,000 hombres, los trabajos avanzaban a todo vapor (*ilustración 2-1*). En 1884, la fuerza laboral más grande contratada por los franceses llegó a sobrepasar los 19,000 hombres. El suministro de obreros provenía de las Antillas, principalmente de Jamaica.



Ilustración 2-1. Construcción del Canal Francés

En 1884, el ingeniero Philippe Bunau-Varilla, fue asignado como ingeniero de división para el vital trabajo de la construcción de la vertiente de Culebra y el Pacífico, lo que involucraba tanto excavación seca como dragado. Bajo el mando de Bunau-Varilla aumentó la moral de los empleados y las excavaciones aumentaron a lo largo de

la ruta. Aun así, el equipo y la organización del trabajo seguían siendo increíblemente inadecuados. El sistema de eliminación de desechos estaba ineficazmente organizado y manejado, los sitios de desecho estaban demasiado cerca de los sitios de excavación y cuando llovía, todo el material excavado se volvía a depositar en el cauce. Mientras más profunda era la excavación, peor eran los deslizamientos.

En enero de 1886 llegó Leon Boyer, el nuevo Director General que relevaría a Bunau-Varilla, y comunicó que sería imposible construir un canal al nivel del mar en el tiempo restante y con los limitados fondos. Recomendó el diseño propuesto por Bunau-Varilla de construir un lago temporal y un canal de esclusas que pudiera ser profundizado gradualmente luego de construido y de haber entrado en operación.

En 1887, los ingenieros franceses establecieron la posibilidad de construir un canal de esclusas de alto nivel a través del Istmo de Panamá. Los trabajos en el canal se iniciaron en enero de 1888.

El trabajo avanzaba muy bien y algunas áreas del canal estaban ya prácticamente terminadas, pero de repente se terminó el dinero. Durante algunos meses se mantuvieron con dificultad algunos aspectos del trabajo; sin embargo, para mayo de 1889 toda actividad en el Istmo había cesado.

En 1894 se organizó la “nueva” Compañía del Canal de Panamá, la cual sin contar con suficiente capital para operaciones, tenía la esperanza de poder atraer a los inversionistas que los ayudarían a terminar un canal ístmico construido por los franceses.

En 1898, la Compañía decidió vender el proyecto a los Estados Unidos de América luego de haber perdido la mitad de su capital original.

En 1903, Panamá declaró su independencia de Colombia y a su vez, firmó el Tratado Hay-Bunau-Varilla con Estados Unidos, mediante el cual se le otorgaba a los Estados Unidos la concesión del canal a perpetuidad para el desarrollo de una zona del canal de 10 millas de ancho sobre la cual ejercería su propia soberanía.

El año siguiente, inicia el esfuerzo para la construcción del canal por los Estados Unidos. Este monumental proyecto fue terminado en 10 años a un costo aproximado de \$387 millones.

La construcción del Canal de Panamá conllevó tres problemas principales: ingeniería, saneamiento y organización. Su exitosa culminación se debió mayormente a las destrezas en ingeniería y administración de hombres tales como John F. Stevens y el coronel George W. Goethals, y a la solución de inmensos problemas de salubridad por el coronel William C. Gorgas, designado como Jefe de Sanidad.

Como resultado del arduo trabajo realizado por Gorgas, la fiebre amarilla fue total y permanentemente erradicada del Istmo en 1905. Por el contrario, la malaria seguía causando la mayor cantidad de muertes.

Durante el año fiscal 1906-1907, la tasa de muertes se redujo significativamente, lo cual aumentó grandemente las oportunidades de éxito de los estadounidenses para construir el canal.

Finalmente, se inauguró oficialmente el Canal de Panamá el 15 de agosto de 1914 (*ilustración 2-2*).



Ilustración 2-2. El Ancón: Primera embarcación en transitar oficialmente el Canal de Panamá

Impresionantemente, el Canal de los estadounidenses costó menos que lo estimado. Lamentablemente hubo un costo en vidas humanas. Según los archivos del hospital, se perdieron 5,609 vidas por enfermedades y accidentes durante la época de construcción por los estadounidenses. Si sumamos las muertes ocurridas durante la época de construcción por los franceses, el total aumentaría a aproximadamente 25,000 muertes, basándonos en un estimado realizado por Gorgas.

En 1977, se firman los Tratados Torrijos Carter entre Estados Unidos y Panamá, los cuales garantizan que el Canal pasará a manos de la República de Panamá, que asumirá responsabilidad total por su administración, operación y mantenimiento (ver *ilustración 2-3*).



Ilustración 2-3. Firma de los Tratados Torrijos-Carter (Washington, 7 de septiembre de 1977).

La Comisión del Canal de Panamá, una agencia del gobierno de los Estados Unidos, operó el Canal durante la transición de 20 años que comenzó a partir de la implementación del Tratado del Canal de Panamá el primero de octubre de 1979.

El 31 de diciembre de 1999, tal como lo requería el tratado, Estados Unidos transfirió el Canal a la República de Panamá (ver *ilustración 2-4*). A partir de entonces, la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), entidad autónoma del Gobierno, está a cargo privativamente de la operación, administración, funcionamiento, conservación, mantenimiento, mejoramiento y modernización del Canal, así como sus actividades y servicios conexos, conforme a las normas constitucionales legales vigentes.



Ilustración 2-4. Entrega del Canal a la República de Panamá.

Debido a su importancia y naturaleza, la ACP goza de autonomía financiera, patrimonio propio y derecho de administrarlo.

El Canal de Panamá constituye un patrimonio inalienable de la nación panameña, por lo cual no puede ser vendido, cedido, hipotecado, o de otro modo gravado o enajenado. El régimen jurídico que se estableció para la Autoridad del Canal de Panamá tiene el propósito de mantener las condiciones que hacen del Canal una empresa al servicio pacífico e ininterrumpido de la comunidad marítima, del comercio internacional y de Panamá.

2.2. COMPONENTES Y RECURSOS DEL CANAL DE PANAMÁ EN LA ACTUALIDAD

El Canal de Panamá, con una longitud de aproximadamente 80 kilómetros, permite el paso de buques entre el océano Atlántico y Pacífico, mediante un sistema de esclusaje. Desde sus inicios hasta la actualidad, ha sido de gran importancia para el comercio mundial, ya que permite a los buques reducir distancias, tiempo y costos.

En esta sección, están contenidos los componentes y recursos del Canal que impactan directamente el tiempo de tránsito de un buque por esta vía, incluyendo sus principales características y funcionamiento.

2.2.1. PRINCIPALES COMPONENTES DEL CANAL DE PANAMÁ

2.2.1.1. Esclusas

El Canal de Panamá dispone de tres complejos de esclusas: Gatún, en el Atlántico, y Pedro Miguel y Miraflores en el Pacífico. Incluyen 88 compuertas y un total de casi 250 válvulas para controlar y dirigir las aguas necesarias para su funcionamiento.

Las esclusas están construidas en pares, para acomodar el tráfico en dos vías, ya sea en direcciones opuestas al mismo tiempo o en la misma dirección, dependiendo de las necesidades de tránsito.

Éstas funcionan como elevadores de agua, elevando o bajando las naves entre el nivel del mar y el nivel del Lago Gatún (26 metros sobre el nivel del mar).

En el lado Atlántico, las Esclusas de Gatún cuentan con tres niveles contiguos compuestos por dos cámaras paralelas cada uno. En el lado Pacífico, la esclusa de Pedro Miguel está conformada por un nivel de dos cámaras paralelas y las Esclusas de Miraflores tienen dos niveles (ver *ilustración 2-5*).

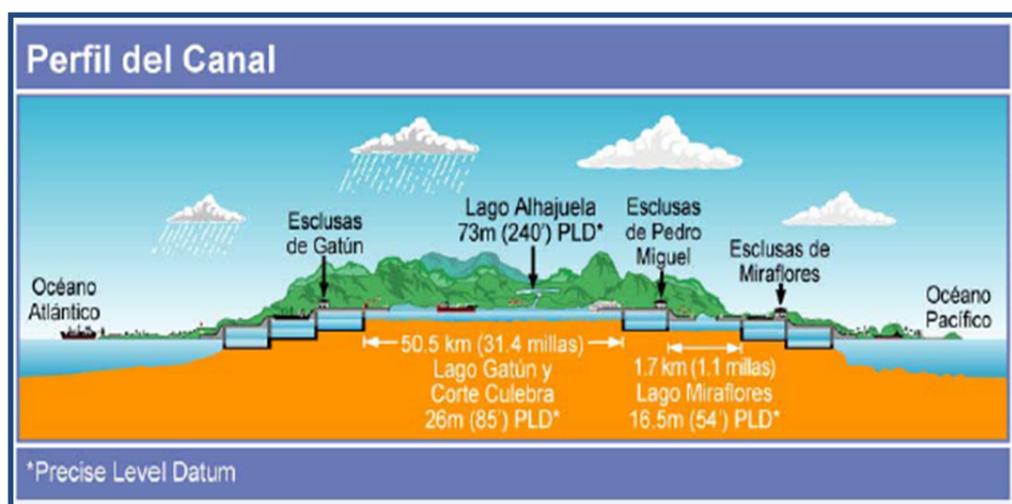


Ilustración 2-5. Alturas y Longitudes de algunos componentes importantes del Canal.

En cuanto a sus medidas, las cámaras de las esclusas tienen alrededor de 33.5 metros de ancho y 304.8 metros de largo. La profundidad de las cámaras varían desde 23.5 metros hasta 25.0 metros, siendo más profundas aquellas que conectan con el Océano Pacífico.

Las dimensiones de las cámaras determinan el tamaño de los buques que pueden transitar el Canal. El calado máximo permitido en la actualidad es de 12

metros en agua dulce, el ancho máximo es de 32.3 metros y la eslora máxima permitida es de 294 metros para buques portacontenedores y de pasajeros, y de 290 metros para los demás tipos de buques.

Cada complejo de esclusas cuenta con un muro central de 18 metros de ancho que divide las dos vías de esclusaje, el cual permite a los buques alinearse y recibir las primeras locomotoras. A su vez, cuenta con dos muros laterales.

Las cámaras de las esclusas están separadas por pares de compuertas de acero, que forma una V con el vértice en dirección al nivel superior de las aguas, de tal manera que la presión del agua mantiene sellada herméticamente ambas secciones cuando las compuertas están cerradas. Estas compuertas son huecas por dentro y tienen compartimientos a prueba de agua para aumentar su flotabilidad y minimizar las presiones en los elementos de soporte.

El agua que se utiliza para subir y bajar las naves en cada juego de esclusas se obtiene del Lago Gatún por gravedad: es vertida en las esclusas a través de un sistema de alcantarillas principales, que se extiende por debajo de las cámaras de las esclusas desde los muros laterales y el muro central. Las alcantarillas principales, de 5.5 metros de diámetro, pueden transferir hasta 15 millones de litros de agua por minuto. Desde cada una de estas alcantarillas, 10 alcantarillas laterales se extienden por debajo de la cámara de las esclusas, las cuales tienen cinco aberturas. En la medida en que el agua se introduce en la alcantarilla principal, abriendo las válvulas del nivel superior y cerrando las del nivel inferior por medio del sistema de flujo por gravedad, ésta se desvía hacia las alcantarillas laterales y se distribuye a través de las aberturas ubicadas en el piso de la cámara con poca turbulencia. Válvulas de vástago ascendentes separan las secciones individuales de las alcantarillas del centro y de las paredes laterales que suplen las distintas cámaras de las esclusas. La apertura de estas válvulas permite que el agua fluya hacia el próximo nivel más bajo. Las válvulas trabajan en pares, trabajando lado a lado en distintas posiciones estratégicas a través de las alcantarillas (*ver ilustración 2-6*).

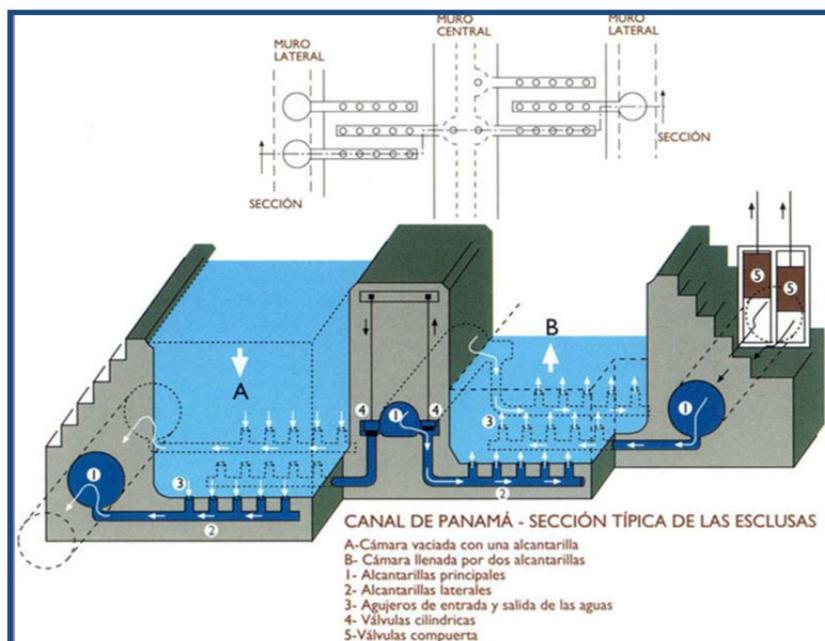


Ilustración 2-6. Sección Transversal de las Esclusas y alcantarillas

Toda la operación de las esclusas se dirige desde una caseta de control ubicada en el muro central de la cámara superior de las esclusas. Desde aquí, con un panorama de las esclusas y con un tablero de controles, una sola persona puede manejar todas las operaciones que involucra el paso de un buque, excepto el movimiento de las locomotoras de remolque.

2.2.1.2. Cauces de Navegación

El sistema de canales o cauces de navegación del Canal de Panamá tiene una longitud de aproximadamente 72Km entre los fondeaderos del Atlántico y del Pacífico. Estos canales de navegación han sido clasificados según sus características geográficas y geológicas en tres categorías: los cauces de agua salada (salidas al mar), los cauces del Lago Gatún y los cauces del corte Culebra. En base a sus características físicas se determinaron los diseños y las restricciones operativas de los cauces. A su vez, estas características impactan directamente el costo de mantenimiento y mejoras de los cauces de navegación. Un ejemplo claro es el problema de sedimentación que ocurre a lo largo del sistema de cauces de navegación del Canal, el cual afecta el ancho y las profundidades mínimas que debe tener este sistema para garantizar la seguridad durante la operación de las naves. Para mitigar este problema se realiza un proceso de dragado, lo cual aumenta los costos de mantenimiento significativamente.

Estos cauces están protegidos por un rompeolas en el lado Atlántico y una calzada en el lado del Pacífico, ambos en los extremos del Canal.



Ilustración 2-7. Cauce de navegación del Corte Culebra

Entre todos los canales de navegación del Canal, el que tiene más restricciones de navegación es el cauce del Corte Culebra. Este cauce es el más angosto del sistema de canales de navegación del Canal. Está ubicado entre el Norte de las esclusas de Pedro Miguel y el Cruce de Chagres. Las naves entran al Corte Culebra en la confluencia del Río Chagres y el cauce del Canal, en Gamboa.

Con una longitud de 12.7Km de largo, el Corte Culebra es el cauce de navegación más difícil de transitar por su ancho, múltiples curvas que limitan la visibilidad, y la posibilidad de neblina durante la noche (ver *ilustración 2-7*). El Canal asigna restricciones a muchos buques durante su tránsito por este cauce, especialmente a los Panamax, y además un remolcador para ayudar a maniobrar el buque.

Inicialmente, su ancho era de 92m, por lo cual la navegación estuvo restringida. Posteriormente, gracias a las mejoras y trabajos de ampliación llevados a cabo en los últimos años, el Corte cuenta con 192m de ancho en las partes rectas y 222m en las curvas. Esto le permite el paso a dos vías de buques de buques Panamax con pocas restricciones.

2.2.1.3. Lagos

El funcionamiento del Canal de Panamá depende de la disponibilidad de agua de los ríos y lagos que componen la infraestructura. El diseño original del Canal contempló represar el Río Chagres y otras corrientes menores de agua. Así se formaron primero los Lagos Gatún y Miraflores, y más adelante, el Lago Alhajuela, en donde se almacena el agua que usa el Canal.

a. Lago Alhajuela

Este lago ocupa una superficie de 44 kilómetros cuadrados con una elevación media de 73 metros sobre el nivel del mar. No obstante, este lago puede alcanzar una elevación máxima de 80 metros. El promedio almacenado de agua disponible en este lago es de 651 millones de metros cúbicos. El lago Alhajuela se creó represando el Río Chagres en 1935, a unos 16 kilómetros corriente arriba de Gamboa.

Su propósito inicial es el de almacenar agua adicional para el funcionamiento de las esclusas, cuando hubiera necesidad de suplir su falta durante la estación seca. Sin embargo, en la actualidad, su función más importante ha sido almacenar agua para abastecer de agua potable a la ciudad de Panamá, a través de la planta potabilizadora de Chilibre. Una vez cubiertas las dos necesidades prioritarias de la ACP (primero, el consumo de agua potable por la población de Panamá y segundo, el funcionamiento del Canal), el agua excedente se utiliza para generar electricidad.

b. Lago Gatún

Nace luego de la construcción e inicio del funcionamiento de la represa de Gatún, en 1913, cerca de la desembocadura del Río Chagres en el Océano Atlántico. Tiene 423 km cuadrados de superficie y una elevación media de 26 metros sobre el nivel del mar. Sus aguas se usan para el tránsito de buques, generación de energía hidroeléctrica y consumo municipal e industrial. Las plantas potabilizadoras de Miraflores en el Pacífico y de Monte Esperanza en el Atlántico extraen el agua cruda directamente de este lago. Este lago tiene una cantidad de agua útil estimada en 766 millones de metros cúbicos, en los niveles adecuados de operación. Este volumen resulta limitado, debido al nivel operativo mínimo del lago para garantizar un calado máximo de 12 metros. En caso de no poder mantenerse este nivel mínimo, se opera el Canal con restricciones de calado inferior a los 12 metros, lo cual repercute en el nivel de servicio para los usuarios del Canal.

Durante épocas de fuerte precipitación, el nivel del lago se controla a través del vertedero en la represa Madden o a través de las alcantarillas de las esclusas de Gatún y Pedro Miguel.

c. Lago Miraflores

Este lago se creó luego de la construcción de una pequeña represa para contener los ríos Grande y Cocolí, los cuales fluían hacia el Océano Pacífico. Se ubica entre las esclusas de Pedro Miguel y Miraflores. Tiene una extensión de 3.94Km cuadrados con una elevación media de 16.5 metros sobre el nivel del mar. El almacenaje de agua disponible equivale a 2.46 millones de metros cúbicos.

El nivel máximo del lago es controlado por medio del recurso de descarga del exceso de agua por las compuertas del vertedero en la represa Miraflores o a través de las alcantarillas de las Exclusas de Miraflores.

2.2.1.4. Fondeaderos y estaciones de amarre

Los fondeaderos son áreas en las que los buques esperan su turno para transitar cuando llegan a aguas del Canal. Están ubicados en las entradas del Pacífico y Atlántico del Canal, y otros en áreas internas por motivos operativos a fin de aumentar la flexibilidad de las programaciones de los tránsitos. Esto permite al Canal manejar un mayor número de buques.

El sistema operativo del Canal incluye 15 fondeaderos, con nueve fondeaderos para todo propósito, cuatro para buques con cargas peligrosas y dos para embarcaciones menores. Los requisitos mínimos de profundidad de las áreas de fondeo son mantenidos a través de un programa complementario de dragado.

Desde un punto de vista operativo, los fondeaderos y las estaciones de amarre son importantes debido a su capacidad de recibir los buques en tránsito mientras esperan las condiciones apropiadas para continuar su tránsito. Estas condiciones incluyen, entre otras: esperar la luz del día para transitar por canales o esclusas, cuando el buque requiere tránsitos diurnos; esperar a que un recurso esté disponible; y permitir que otros buques pasen por delante para utilizar mejores recursos existentes.

Los fondeaderos y estaciones de amarre representan las áreas de colas o esperas del sistema del Canal de Panamá. Estas zonas amortiguan las variaciones naturales en tiempo de procesamiento y patrones de llegada de los buques. Además, los fondeaderos permiten que el sistema continúe trabajando incluso cuando hay embotellamiento o un retraso en un área diferente. Sin fondeaderos ni estaciones de amarre, la operación actual del Canal sería casi imposible y la utilización de las esclusas y canales de navegación sería reducida significativamente.

2.2.2. RECURSOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES E INFORMÁTICOS DEL CANAL DE PANAMÁ

2.2.2.1. Prácticos

El práctico es el profesional del Canal asignado para ejercer el control de la navegación y el movimiento de los buques durante su tránsito en las aguas del Canal.

El practicaje es el movimiento de cada buque en las aguas del Canal efectuado bajo la dirección de un práctico que se realiza de acuerdo con el itinerario verbal o

escrito promulgado por la Unidad de Control de Tráfico Marítimo o el Capitán de Puerto de turno. El practicaje incluye maniobras de amarre y desamarre, atraque y desatraque, fondeo y el paso a través de las esclusas y las bordadas del Canal de Panamá, con o sin asistencia de remolcadores, de acuerdo a las prácticas establecidas y directrices o procedimientos emitidos de acuerdo a la Ley, Reglamentos Marítimos para la Operación del Canal de Panamá y la Convención Colectiva. Para estas tareas el Canal cuenta con aproximadamente 290 prácticos.

2.2.2.2. Pasacables

Los pasacables son operadores profesionales del Canal encargados de asegurar los cables de las locomotoras o las sogas de amarre a los buques durante las maniobras de esclusaje, amarre en los muros de las esclusas o en las estaciones o boyas de amarre, y operaciones con remolcadores.

El Canal cuenta con aproximadamente 1,140 pasacables que se dividen geográficamente en dos grupos: 485 para servir a las Esclusas de Gatún y 655 para servir a las Esclusas de Pedro Miguel y Miraflores.

2.2.2.3. Locomotoras

Las esclusas del canal de Panamá son las únicas en el mundo que usan locomotoras eléctricas como sistema de posicionamiento de buques. Las locomotoras fueron incorporadas dentro del diseño original del Canal para proveer seguridad operativa, maximizar el tamaño de las naves manejadas en cada cámara de las esclusas y para hacer el esclusaje más expedito. Las locomotoras, ubicadas en los muros centrales y laterales de la cámara, son conectadas al buque a través de cables (*ilustración 2-8*). Los operadores de las locomotoras controlan la tensión de estos cables y los movimientos de sus locomotoras según las órdenes del práctico a bordo del buque.



Ilustración 2-8. Tránsito de un buque por el Canal y locomotoras.

El propósito de esto es mantener a los buques en el centro de las cámaras, ayudarlos a moverse entre las cámaras y detenerlos cuando sea requerido.

El Canal inició operaciones con 40 locomotoras, y posteriormente, en la medida en que el tráfico se incrementó, se agregaron unidades adicionales. Hoy el Canal opera con una flota de 100 locomotoras.

El número de locomotoras y cables asignados a un buque depende de sus dimensiones y desplazamiento. Sin embargo, estos pueden ser modificados para llenar

requisitos específicos de buques individuales o cuando un buque exhiba una deficiencia física u operativa al momento de transitar.

2.2.2.4. Remolcadores

El Canal cuenta con 36 remolcadores para asistir a los buques durante su tránsito por el Canal de Panamá, principalmente en las entradas y salidas de las esclusas y durante su trayecto por el Corte Culebra. Estos remolcadores trabajan regularmente con todo tipo de buque y cuentan con una amplia capacidad de maniobra.

Para buques que requieren asistencia en el Corte Culebra, los remolcadores son amarrados a la popa del buque para ejercer control direccional.

La eslora y manga son factores que normalmente se utilizan para determinar si los buques requieren apoyo de remolcadores en las esclusas o en el Corte Culebra. Estos requerimientos para buques o tránsito específicos, no obstante, están sujetos a cambios según lo determinen autoridades del Canal.

2.2.2.5. Sistemas de Comunicación

El Canal tiene un amplio sistema de comunicaciones de gran cobertura y extensión, que cuenta con equipos de radio, teléfono, ayudas visuales, cableado y redes computarizadas. Este sofisticado sistema de comunicaciones obedece a la necesidad de facilitar la administración ordenada y el control de los recursos del Canal para programar y coordinar tránsitos, brindar seguridad y cumplir con funciones de vigilancia.

Los componentes del sistema principal incluyen la planta externa, equipo de transmisión, las oficinas centrales de teléfono, sitios de comunicación, una red WAN (Wide Area Network) con amplia capacidad, sistemas de radios troncales y el cableado en edificios individuales.

2.2.2.6. Sistemas de iluminación y señalización

El propósito de los sistemas de iluminación y señalización es de proveer mayor seguridad al tránsito de buques, mejorando la visibilidad, ubicación y orientación del buque, a medida que navega por los diferentes componentes del Canal.

Los principales sistemas en los cauces de navegación se componen de: las boyas que delinear el cauce, las boyas que señalan una ubicación específica, las señales o tableros de enfilación para los buques con sus luces correspondientes y las luces que iluminan los bancos del Corte Culebra.

En las esclusas, se ha instalado un sistema de iluminación llamado “luz de poste alto” con el fin de permitir el tránsito nocturno de los buques Panamax a través de las esclusas, con el mejoramiento significativo de la visibilidad en el área. Este sistema de iluminación permite al personal de la ACP llevar a cabo algunos esclusajes nocturnos de buques con restricciones, que de otra manera tendrían que efectuarse en horas diurnas (*ilustración 2-9*).

El hecho de que los buques que requieren tránsitos diurnos puedan transitar a horas nocturnas por las esclusas incrementa la capacidad del Canal para transitar buques con restricciones. Esta innovación ofrece más flexibilidad para la programación de tránsitos. A pesar de que a estos buques se les permita el tránsito nocturno por las esclusas, el tránsito por el Corte Culebra debe hacerse en horas diurnas y por vía libre.

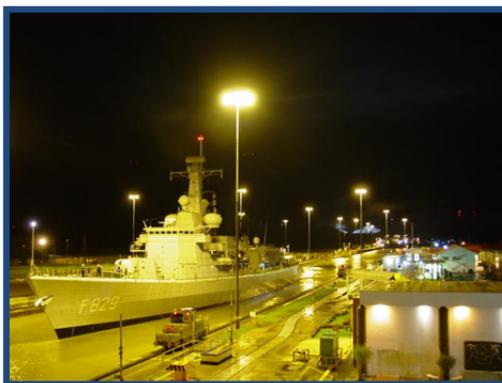


Ilustración 2-9. Sistema de Iluminación de poste alto de las esclusas

Además de estos buques Panamax, buques menores también se benefician de este sistema de iluminación, al mejorarse la visibilidad en las esclusas en horas nocturnas, permitiéndoles un tránsito más seguro y rápido.

2.2.2.7. Sistemas de Informáticos

El Canal cuenta con dos principales sistemas informáticos para la administración del tráfico marítimo por el Canal: el CTAN y el SiMAT. Ambos proveen información a sus usuarios en tiempo real y funcionalidad.

a. Sistema de Comunicación para la Administración del Tráfico y la Navegación (CTAN por sus siglas en inglés)

Este sistema permite a sus usuarios observar el movimiento de naves, a lo largo de la vía acuática, en tiempo real. Utiliza el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para rastrear las naves en tránsito y un programa de computadora para mostrar la información.

También ofrece apoyo a los prácticos del Canal de Panamá para facilitar la navegación por la vía interoceánica., ya que les permite determinar su posición y, especialmente, la posición de cualquier otra embarcación en las aguas del Canal. El CTAN también muestra la velocidad de los buques, permitiendo a los usuarios calcular las distancias a la orilla, a otros barcos o a las esclusas; además puede calcular el lugar y hora de encuentro de dos naves.

El CTAN requiere que los prácticos lleven computadoras y cajas portátiles a bordo de los buques que guíen a través de la vía acuática. El equipo recoge la información sobre la ubicación de la nave, a intervalos de un segundo, con precisión de un metro y la envía a una computadora central en el Centro de Control de Tráfico Marítimo. Ahí se centraliza la información de todas las naves que reportan sus

posiciones y se envía nuevamente por medio de señales de radio. Los prácticos que utilizan el sistema reciben un mapa actualizado de la posición de todas las naves en tránsito, actualizada cada cierta cantidad de segundos.

b. Sistema Mejorado de Administración del Tráfico (SiMAT)

El SiMAT integra el rastreo de buques con una base de datos de información de operaciones marítimas, brindando una representación verdadera de los recursos del Canal y de los buques en tránsito, en determinado momento.

Este sistema, al igual que el CTAN, brinda información actualizada en tiempo real, en vista de que todas las entradas van a una base única de datos central. Esto les permite a los usuarios fijar la ubicación exacta de cada buque en tránsito y de todos los recursos del Canal vía satélite en cualquier momento.

2.2.2.8. Represas

El Canal posee tres represas: Gatún, Miraflores y Alhajuela (Madden). Cada una de ellas juega un papel importante en el almacenaje de aguas y control de inundaciones para cada uno de sus respectivos lagos.

a. Represa de Gatún

Fue construida en 1913 y se encuentra ubicada entre las esclusas de Gatún y las colinas que quedan al Oeste. Consiste de una represa de tierra desde las esclusas de Gatún hasta la Colina del Vertedero, una represa de concreto que sirve de vertedero a lo largo del Corte, a través de la Colina del Vertedero y otra represa de tierra que se extiende desde la Colina del Vertedero hacia las colinas del lado oeste del valle. El propósito principal de esta represa es administrar el agua de manera óptima para: mantener el nivel de calado permitido de los buques en el Canal, evitar inundaciones que afecten infraestructuras adyacentes al lago y garantizar el abastecimiento de agua a la operación y a las ciudades de Panamá y Colón.

b. Represa de Miraflores

Fue construida en el año 1914, adyacente a las Esclusas de Miraflores. Su principal función es controlar el nivel de las aguas del Lago Miraflores para asegurar el calado apropiado para la navegación, evitando inundaciones que puedan afectar la infraestructura y equipos en las esclusas de Miraflores.

c. Represa Madden

Construida en 1935 en el Río Chagres, a una distancia aproximada de 19Km del Canal de Panamá y a 40Km de la Ciudad de Panamá, consiste de un vertedero de inundación controlada y dos secciones de apoyo. Esta represa tiene como objetivo administrar el agua de manera óptima para el control de inundaciones, abastecer de agua a las operaciones del Canal, especialmente durante los meses de sequía y garantizar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Panamá.

2.2.3. SISTEMAS DE APOYO DEL CANAL DE PANAMÁ

2.2.3.1. Dragas y barcasas de perforación

El cauce del Canal debe mantenerse siempre abierto y con la profundidad adecuada. Para estas tareas se cuenta con una flota de dragado compuesta por una barcaza de perforación, llamada Thor, con cuatro torres hidráulicas; una draga de corte-succión, llamada Mindi, utilizada para el dragado de material duro y abultado; y una draga de cucharón, llamada Rialto M. Christensen (ver *ilustración 2-10*), para la remoción de derrumbes y mayores proyectos de dragado para mejoras. Una flota de lanchas, barcasas y remolcadores proveen apoyo al equipo flotante principal.



Ilustración 2-10. La draga de cucharón Rialto M. Christensen

2.2.3.2. Grúas

Los programas de mantenimiento de las esclusas requieren la instalación y el reemplazo de maquinarias y compuertas de las esclusas, así como de otros equipos. Para apoyar estas actividades el Canal cuenta con una flota de cuatro grúas flotantes: La Titán con capacidad de 386 toneladas (*ilustración 2-11*), la Hércules con capacidad para 250 toneladas, la Goliath de 100 toneladas de capacidad y el barco grúa Oceanus, con capacidad para 75 toneladas.



Ilustración 2-11. La grúa flotante Titán, utilizada para la instalación y desinstalación de las compuertas de las esclusas.

2.2.3.3. Sistemas de Generación de Electricidad

La ACP cuenta con una planta termoeléctrica en Miraflores con capacidad de 115 megavatios. También dispone de una planta hidroeléctrica en Gatún, capaz de generar 24 megavatios y otra, en Alhajuela, de 36 megavatios.

Esta energía se distribuye a través de subestaciones, línea y torres de alto voltaje, las cuales interconectan todas las instalaciones de la ACP, incluyendo las esclusas.

La alta capacidad de energía eléctrica con que cuenta la ACP y su condición de generador de energía le permite participar en el mercado eléctrico de Panamá, ofreciendo su capacidad excedente en el mercado mediante contratos a corto plazo y participando en licitaciones públicas de las compañías de distribución para la contratación de energía a largo plazo.

2.2.3.4. Sistemas de Producción de Agua Potable

El sistema de producción de agua potable del Canal está compuesto por dos plantas potabilizadoras: Miraflores en el Pacífico, y Monte Esperanza en el Atlántico. Estas dos plantas de tratamiento convierten el agua cruda del Lago Gatún en agua potable, la cual posteriormente es vendida a la empresa proveedora de agua en Panamá y utilizada por la ACP a través de su propio sistema de distribución.

Además de la ACP, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) cuenta con plantas potabilizadoras que también extraen agua de los lagos.

En cuanto a la producción de agua, la planta de Miraflores produce 48 millones de galones de agua potable diarios, de los cuales el IDAAN compra unos 44 millones que utiliza para abastecer a gran parte de la ciudad de Panamá.

Por otro lado, con la mitad de capacidad de producción que la planta de Miraflores, la planta potabilizadora de Monte Esperanza produce 23.4 millones de galones diarios, utilizados para abastecer a la ciudad de Colón.

2.2.3.5. Astilleros

El Astillero de Monte Esperanza, Administrado por la División de Astilleros Industriales de la ACP, se encuentra ubicado en el Atlántico, provincia de Colón. Su principal función es la de proveer los mantenimientos necesarios y reparaciones de todos los equipos flotantes y naves del Canal, como remolcadores, barcazas, lanchas, dragas, grúas; además se encarga de proveer el mantenimiento y las reparaciones a los equipos industriales críticos para la operación del Canal, tales como las compuertas de las esclusas y todos los componentes de las tres represas de la vía,

Además, ofrece servicios de mecánica marina; mantenimiento de circuitos de control; buceo industrial; tornería; fabricación de engranajes; tuberías de alta presión; limpieza manual, arenado y pintura; hojalatería; al igual que servicios metalúrgicos como reparación de casco en dique.

Este astillero cuenta con dos muelles; un dique seco con capacidad para atender a un buque de hasta 114 metros de eslora, 12 metros de manga y 6 metros de calado (*ilustración 2-12*); un sincroelevador; un hangar para lanchas y talleres de calibración y fabricación de herramientas, únicos en el país.

Actualmente la ACP solo utiliza el 60% del espacio físico. El otro 40% lo pone a disposición de empresas privadas para la ejecución de trabajos comerciales, logrando así maximizar la rentabilidad y utilización de sus instalaciones.



Ilustración 2-12. Dique seco del Astillero de Monte Esperanza

2.3. OPERATIVA DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CANAL

La interacción de los tres principales componentes del Canal: Esclusas, Cauces de Navegación y fondeaderos, incluyendo los diferentes tipos de buques que transitan por esta vía, determinan los tiempos y restricciones que se deben aplicar durante cada tránsito.

2.3.1. ESCLUSAJES

El tránsito de un buque por las esclusas se considera la actividad más compleja del proceso de navegación de buques por el Canal. Además, es la actividad que mayor cantidad de recursos del Canal requiere, bajo una coordinación precisa entre todos los involucrados.

Existen dos tiempos de esclusaje importantes: tiempo de procesamiento, se refiere al tiempo que toma un buque desde que entra a un extremo de las esclusas hasta que sale por el otro; y el tiempo de ciclo, se refiere al tiempo entre la entrada de un buque a las esclusas y la entrada del siguiente buque a la mismas esclusas. Mediante estos tiempos se analiza el impacto que tiene el esclusaje en la capacidad y nivel de servicio del Canal.

Estos tiempos no son fijos, ya que dependen del tipo de buque y sus dimensiones, principalmente, de la manga y el calado. También varían del modo de operación de las esclusas que se vaya a emplear.

De igual forma, la cantidad de locomotoras, cables, contra maestres y pasacables son asignados dependiendo del tamaño, desplazamiento, escora, asiento y construcción especial de los buques.

2.3.1.1. Modo de Operación de las Esclusas

Existen tres formas distintas de operar las esclusas: regular, relevo y carrusel. La selección de la forma de operación depende de la cantidad de buques esperando para transitar y de los patrones y volúmenes de llegada de buques para los próximos días. Los tres modos se diferencian principalmente en la capacidad de procesar buques en tránsito, en la cantidad de recursos que se requieren y en la manera de utilizar las locomotoras. En los procedimientos de esclusaje, un juego de locomotoras puede consistir de 4, 6, u 8 locomotoras individuales, según el tamaño u otras características del buque.

Estos tres modos no son utilizados en todas las esclusas. En la actualidad, las esclusas de Gatún son las únicas que permite que se opere en cualquiera de los tres modos. En las esclusas de Miraflores se opera en modo regular y relevo, y en Pedro Miguel sólo se opera en modo regular, ya que sus esclusas al tener menor longitud no permiten obtener la capacidad adicional que se obtiene en las otras esclusas al emplearse el modo de relevo.

a. Esclusaje Regular

En este modo de operación, los buques que van en la misma dirección y en la misma vía, utilizan un juego de locomotoras para desde su llegada a las esclusas hasta el final de las esclusas. Este modo de operación requiere el uso de una sola vía de remolque para que las locomotoras vayan de un extremo de las esclusas al otro, implicando que el siguiente buque debe esperar el retorno de las locomotoras después de haber asistido al buque anterior (*ilustración 2-13*).

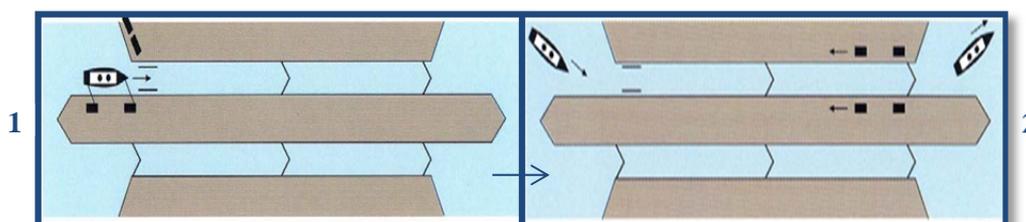


Ilustración 2-13. Exclusaje regular en las esclusas de Miraflores

Este es el modo de operación más común y sencillo, pero es el modo de operar que ofrece menos capacidad a las esclusas.

b. Esclusaje de Relevo

En este modo de operación los buques que van en la misma dirección y en la misma vía utilizan dos diferentes juegos de locomotoras para moverse de un extremo de la esclusa al otro. El primer juego de locomotoras asiste al buque desde su llegada a la esclusa hasta la primera (Miraflores) o segunda cámara (Gatún) donde se amarra el buque a los muros y luego regresa para asistir en el siguiente esclusaje. El segundo juego de locomotoras completa el esclusaje desde la primera o segunda cámara donde se amarró el buque hasta el final de la esclusa (*ilustración 2-14*).

El rendimiento de este modo de operación es mayor en comparación con el modo regular, al poder asistir un segundo buque antes de que el primero salga de las esclusas; sin embargo, utiliza más recursos al requerir dos juegos de locomotoras por vía y más personal para amarrar los buques en las paredes de las esclusas.

Se utiliza con frecuencia durante y después de los cierres de vías por mantenimiento, para reducir las colas de buques y durante los periodos pico de demanda, cuando el número de tránsitos con restricciones es alto.

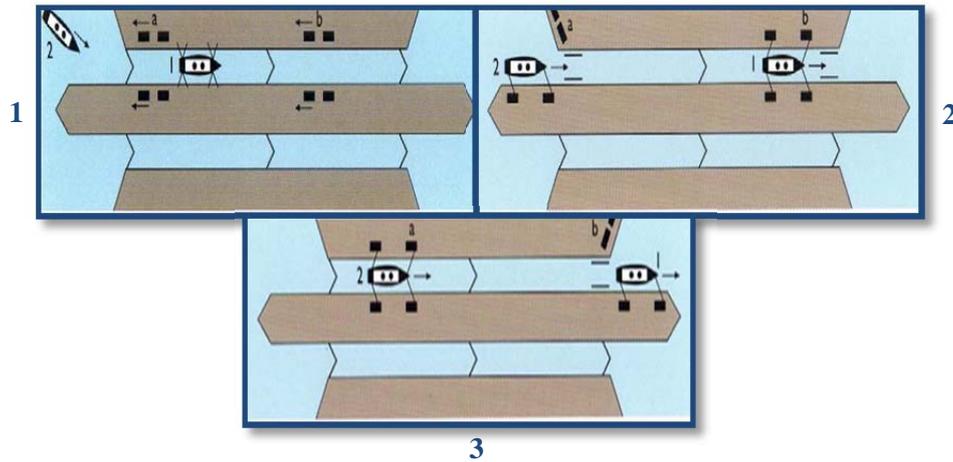


Ilustración 2-14. Esclusaje de Relevo en las esclusas de Miraflores

c. Esclusaje de Carrusel

En este modo de operación los buques que van en la misma dirección y en la misma vía utilizan un juego de locomotoras para moverse de un extremo de la esclusa al otro. Requiere de tres juegos de locomotoras a la vez y el uso de dos carriles de remolque: uno para las locomotoras que asisten a los buques en una dirección y otro para el retorno de las locomotoras (*ver ilustración 2-15*).

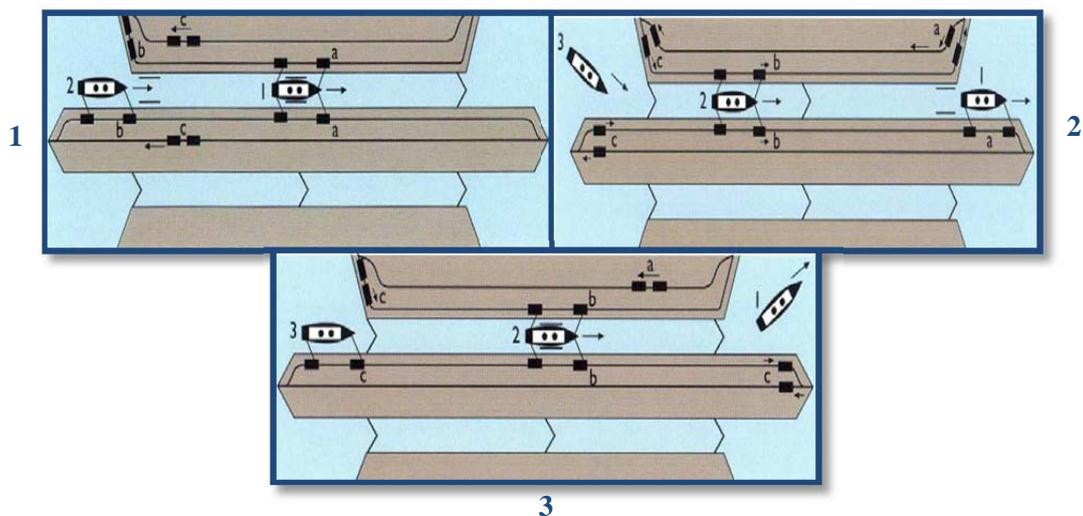


Ilustración 2-15. Esclusaje de Carrusel simulado en esclusas Miraflores.

Este método tiene mayor rendimiento el esclusaje regular, ya que permite asistir a un segundo buque antes de que el primero salga de las esclusas. Comparado con el esclusaje de relevo, el rendimiento es un poco mayor y menos complejo al no tener que amarrar el buque durante el esclusaje.

El modo de carrusel es el que provee mayor capacidad de tránsito a las esclusas pero requiere la mayor cantidad de recursos al operar a la vez tres juegos de locomotoras por vía.

En un esclusaje regular el tiempo de ciclo es más largo que el tiempo de un esclusaje completo, pues se requiere tiempo adicional para que las locomotoras retornen de un extremo de la esclusa al otro para atender al próximo buque. En un esclusaje de relevo el tiempo de ciclo es más corto que el tiempo de esclusaje completo, pues el primer grupo de locomotoras regresa a atender al próximo buque mientras el segundo aún está asistiendo al primer buque en la segunda parte del esclusaje.

Desde el punto de vista de capacidad, el tiempo de ciclo es más relevante que el tiempo de esclusaje completo, pues determina cuántos buques puede manejar la esclusa en un día. En un esclusaje regular sólo hay un buque en el complejo de esclusas a la vez, mientras que en el esclusaje de relevo, puede haber un buque iniciando el esclusaje en la primera cámara mientras hay otro en la última cámara completando el esclusaje. En base a estos tiempos, la esclusa de Pedro Miguel representa un cuello de botella puesto que sólo puede atender a un buque a la vez.

2.3.1.2. Tipos de Esclusajes especiales

Existen otros tres tipos de esclusajes especiales: esclusajes en tándem, esclusajes de cámara corta y esclusajes manuales. Éstos se diferencian de los anteriormente descritos por la cantidad de recursos utilizados, la duración de los esclusajes y los tiempos entre esclusas.

a. Esclusajes en tándem o múltiples

En este tipo de esclusaje se deja entrar dos embarcaciones en una misma cámara. El largo combinado de ambas embarcaciones no debe exceder los 224 metros. Se utiliza un sólo juego de locomotoras de 8 unidades que se divide en dos grupos para atender ambos buques. Cuando los buques se muevan de una cámara a la otra, el segundo buque debe mantener su proa a una distancia mínima de 61 metros de la popa del primer buque en todo momento (ver *ilustración 2-16*).

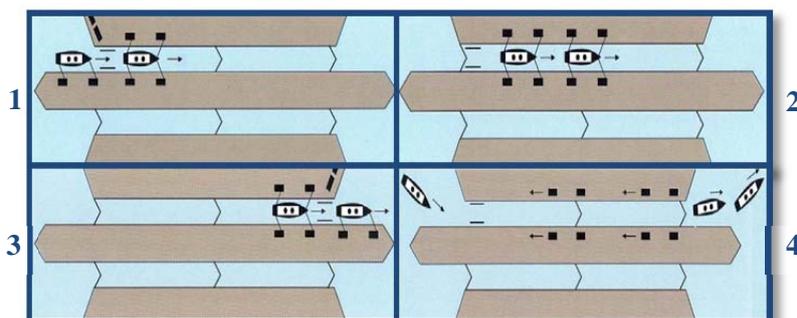


Ilustración 2-16. Esclusaje tándem en esclusas Miraflores

b. Esclusaje de cámara corta

Las cámaras de las esclusas cuentan con un par de compuertas intermedias, que dividen la cámara en una sección de 198.1 metros y otra de 106.7 metros. En un esclusaje de cámara corta se utilizan estas compuertas intermedias en la sección de la cámara de 198.1 metros. Suele utilizarse en períodos de poco tráfico, durante épocas de sequía severa o para el tránsito de buques con un máximo de 152.4 metros de eslora, utilizando aproximadamente 35% menos agua por esclusaje comparado con un esclusaje de cámara completa.

Debido a los altos niveles de tráfico actuales y el hecho de que buques pequeños normalmente se transitan en tándem, este procedimiento se realiza con muy poca frecuencia.

c. Esclusajes Manuales

Estos esclusajes requieren de locomotoras para posicionar los buques en las cámaras de las esclusas. Se utiliza para el esclusaje de naves relativamente pequeñas, con una eslora menor de 30 metros. La embarcación es guiada dentro de las esclusas, utilizando su propio sistema de propulsión y dirección. Durante el llenado y vaciado de las cámaras se amarra a los muros de la cámara y luego es liberada cuando la operación ha finalizado.

Usualmente, estas pequeñas embarcaciones realizan sus esclusajes en tándem con un buque mayor, manteniendo una suma de sus esloras no mayor de 244 metros.

A embarcaciones con esloras menores a 19.8 metros se les asigna un asesor de tránsito, para asistir las durante su tránsito. Las naves cuya eslora sea superior a 19.8 metros normalmente requieren de un práctico.

2.3.1.3. Procedimientos especiales que afectan el rendimiento de las esclusas

a. Asistencia hidráulica

Procedimiento para completar el esclusaje de un buque de gran calado que se mueve de un nivel alto a otro más bajo, dejando entrar agua detrás de la popa. Esto ayuda a mover el buque fuera de la cámara. Es utilizado en los niveles bajos de las esclusas de Pedro Miguel y Gatún para asistir en la salida de un buque, vertiendo agua detrás de él. Este procedimiento reduce el efecto de apopado causado por el poco espacio que tiene el agua para fluir hacia la popa en buques de calado profundo, reduciendo la resistencia y mejorando el movimiento del buque dentro de la cámara de las esclusas.

b. Reverse head

Procedimiento mediante el cual se vierte agua adicional en la cámara inferior cuando se están igualando los niveles de agua con una cámara superior. Esto facilita la apertura de las compuertas que unen las dos cámaras al proveer una presión hidráulica superior en la cámara donde se vierte el agua adicional.

c. Operación de doble alcantarilla

Es el uso simultáneo de la alcantarilla del muro lateral y la alcantarilla del muro central para llenar o vaciar las cámaras de las esclusas en una de las dos vías. Este procedimiento aumenta el rendimiento de la vía al poder operarla con dos alcantarillas; sin embargo, reduce el rendimiento de la otra al tener que operarla con solamente una alcantarilla. Normalmente cuando se opera una vía en modo de esclusajes de relevo y la otra en modo de esclusajes regulares, se da prioridad a la vía en esclusajes de relevo para operarla en doble alcantarilla.

d. Operación de un cañón (single barrel operations)

Operación de un complejo de esclusas en el cual se utilizan esclusajes de relevo en una vía y esclusajes regulares en la otra. En condiciones normales ésta es la manera más común hoy en día de operar las esclusas de Miraflores y Gatún con los niveles de tránsitos actuales.

e. Operación de doble cañón (double barrel operations)

Se refiere a la operación de un complejo de esclusas donde se utilizan esclusajes de relevo en ambas vías. Se utiliza usualmente después de períodos de cierre de vías por mantenimiento o durante períodos de tráfico pesado para reducir las colas de espera en ambos lados del Canal.

2.3.1.4. Restricciones en Esclusas

Las dimensiones de las esclusas imponen las restricciones más importantes a los buques, tamaño y tiempo de esclusaje.

a. Calado máximo

Indica si un buque puede transitar a través de las esclusas estableciendo el mayor calado que un buque puede tener. El calado máximo permitido es de 12.04 metros en agua dulce tropical.

b. Manga y eslora máxima

Indica si un buque puede transitar a través de las esclusas estableciendo la mayor manga y eslora que un buque puede tener. La manga máxima para buques en tránsito regulares es de 32.31 metros y la eslora máxima es de 289.6 metros, con excepción de buques de pasajeros y portacontenedores que pueden tener hasta 294.3 metros.

c. Restricciones de tándem y máxima suma de esloras

Indica si las naves pueden o no, compartir una cámara de las esclusas en particular. Para ello, se determina el valor máximo de la suma de esloras que dos naves pueden tener, en un esclusaje conjunto. Esta restricción se establece en base a la longitud de la cámara, así como a la manga y eslora máximas. Basados en la experiencia del Canal, la suma de las esloras no debe ser mayor a 243.8 metros.

d. Restricciones de esclusajes diurnos

Indica qué tipo de buques pueden realizar esclusajes únicamente durante horas diurnas.

e. Restricción de esclusajes nocturnos con luz de poste alto

Determina qué tipo de buques, con restricción de transitar el Corte Culebra durante horas diurnas, pueden además realizar esclusajes en horas nocturnas.

2.3.1.5. Mantenimiento de las Esclusas

La mayor parte de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación requieren del cierre total o parcial de una vía en alguna de las esclusas. Dado que el Canal sólo consta de tres juegos de esclusas de dos vías, el cierre de una vía de un juego de esclusas representa un “cuello de botella”, repercutiendo en la capacidad y el nivel de servicio. A pesar de que los trabajos de mantenimiento se programan previamente para realizarse durante los meses con menor tráfico, es durante estos cierres de vía que el Canal ofrece los peores niveles de servicio a sus clientes, ya que la capacidad disminuye a 26 u 28 tránsitos diarios, mientras que los arribos de barcos ya superan los 34 barcos al día.

2.3.2. UTILIZACIÓN Y CONSUMO DE AGUA

El agua que utiliza el Canal para sus operaciones es producto de las lluvias en la cuenca hidrográfica del Canal. El funcionamiento del Canal depende de la disponibilidad del agua dulce almacenada en los Lagos Alhajuela y Gatún. Además, gran parte de la población en las ciudades de Panamá y Colón obtiene agua potable del agua que proviene de estos lagos.

Del agua disponible, el Canal utiliza un 58% para los esclusajes, la planta hidroeléctrica de Gatún usa un 36% para la generación de energía eléctrica, y el 6% restante para el consumo de la población de la Ciudad de Panamá, Colón y áreas del Oeste de la Provincia de Panamá.

Como dato interesante, la cantidad de agua extraída de los lagos para consumo humano equivale a cuatro esclusajes aproximadamente.

En un esclusaje típico completo se vierten al mar aproximadamente 200,000 metros cúbicos de agua dulce provenientes del Lago Gatún.

Con la finalidad de prever la necesidad de aumentar la capacidad de producción de agua de la cuenca del Canal para satisfacer la creciente demanda por los servicios de tránsito, la Cuenca del Canal de Panamá fue extendida y delimitada mediante la Ley N° 44 del 31 de agosto de 1999, en cumplimiento de la disposición contenida en la Constitución Política de Panamá, Título XIV. Con esta modificación la cuenca del Canal de Panamá quedó constituida por la Región Oriental y la Región Occidental con una superficie de 552.761 hectáreas distribuidas entre las provincias de Panamá, Colón y Coclé.

A fin de administrar los niveles de aguas y evitar inundaciones, la ACP obtiene datos hidrológicos en tiempo real mediante equipos de alta tecnología.

a. Región Oriental

Su función principal es abastecer de agua al Canal de Panamá. Está constituida principalmente de la cuenca del Lago Gatún (2,313 kilómetros cuadrados) y la cuenca del Lago Alhajuela (1,026 kilómetros cuadrados). Los principales tributarios al Lago Gatún son los ríos Chagres, Trinidad, Gatún y Cirí Grande. Para el Lago Alhajuela es el Río Chagres.

La precipitación anual media en las sub-cuencas de la Región Oriental es de 2,616 milímetros. Debido a la infiltración, transpiración de las plantas, pérdidas bajo tierra, la evaporación directa de las superficies de los lagos y otras pérdidas no tomadas en consideración, se estima que un 51% de la precipitación total se pierde. Deduciendo estas pérdidas, el promedio anual neto resultante es de 1,397 milímetros de agua al año, o sea aproximadamente la mitad de la lluvia total que cae en estas sub-cuencas.

Los lagos tienen una capacidad limitada de almacenamiento y para evitar inundaciones es necesario verter el agua excedente que se acumula durante la estación de lluvias. Así, esta situación hace perder otro 9% de agua de lluvia que se descarga a través de la represa de Gatún hacia el Océano Atlántico.

El total restante indica que la cuenca hidrográfica de la Región Oriental del Canal puede abastecer un consumo promedio diario de agua dulce de 8 millones de metros cúbicos, que equivale a 38.7 esclusajes.

b. Región Occidental

Ubicada al Oeste de la parte central del Istmo y del Canal de Panamá, tiene una superficie de 2,131 kilómetros cuadrados. Esta región contiene las cuencas de Río Indio, Miguel de la Borda/Caño Sucio y Coclé del Norte. Sin embargo, dentro de los límites establecidos en la Ley 44, ésta se subdivide en las cuencas de Río Indio, Caño Sucio y Coclé del Norte con una superficie de 387.5, 118.0 y 1,625.6 kilómetros cuadrados, respectivamente.

La precipitación anual promedio de Río Indio es de 3,078 milímetros, la de Coclé del Norte es de 2,800 milímetros y la de Caño Sucio es de 3,500 milímetros. El potencial de esta región para suplir de agua al Canal se reconoce desde los años treinta, por los ingenieros del Canal, cuando Río Indio fue una alternativa a la construcción de la Represa Madden en el Río Chagres.

2.3.3. TRÁNSITO EN LOS CAUCES DE NAVEGACIÓN

Las restricciones de navegación en el Canal tienen como objetivo minimizar los riesgos de accidentes. Éstas son aplicadas a los buques dependiendo de sus dimensiones y de la carga que transportan.

Las restricciones también difieren dependiendo del turno (diurno o nocturno). Durante el día se aplican restricciones en el tránsito de buques con mangas mayores a 30.5 metros y largos mayores a 244 metros. Durante la noche, los buques con mangas mayores a 30.5 metros y eslora menor a 244 metros pueden transitar las esclusas y, luego de ser inspeccionado, el Corte Culebra.

Dado a la complejidad del Corte Culebra, las restricciones operativas por este cauce complican el proceso de programación de tránsitos, especialmente sobre las operaciones de las esclusas del Pacífico. Para buques con mangas superiores a 29 metros, la navegación por el Corte Culebra es solamente permitida en una sola vía.

2.3.3.1. Restricciones en Cauces de Navegación

Los tiempos de navegación en los cauces del Canal son diferentes para cada tipo de buque, tomando en cuenta también sus dimensiones. Las restricciones de los canales de navegación suelen ser las siguientes:

a. Calado máximo

Indica si un buque puede transitar por el cauce de navegación estableciendo el mayor calado que un buque puede tener.

b. Manga máxima

Indica si un buque puede transitar por el cauce de navegación estableciendo la mayor manga que un buque puede tener. Esta restricción está determinada por el ancho del cauce de navegación y por las dificultades de navegación (visibilidad limitada o curvas abruptas).

c. Máxima suma de mangas

Indica si los buques pueden cruzarse en un cauce de navegación en particular, estableciendo la suma mayor de mangas que dos buques pueden tener para encontrarse uno con otro. Esta restricción está determinada por el ancho del cauce de navegación y por las dificultades de navegación (visibilidad limitada o curvas abruptas).

d. Restricciones a horas diurnas

Indica la autorización para que los buques puedan navegar el Canal durante horas diurnas.

e. Restricción de altura máxima

La altura máxima de un buque en tránsito o en operaciones portuarias en Balboa es de 57.91 metros, medida desde la línea del agua hasta su punto más alto, en cualquier nivel de marea. Esta restricción está impuesta por la altura del Puente de las Américas.

2.3.4. INTERACCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CANAL

2.3.4.1. Programación de Tránsito de Buques

El tránsito de naves por el Canal se programa teniendo en consideración varios aspectos: dimensiones del buque, tipo de carga, visibilidad y restricciones de navegación. Además, la administración del Canal evalúa la asignación de prácticos para cada buque, considerando tanto la calificación y especialización del práctico como también las características del buque.

Actualmente, el Canal utiliza un método en particular para programar el tránsito de buques con restricciones operativas en el Corte Culebra, denominado semi-convoy. Estas restricciones incluyen dos variantes importantes: las restricciones de vía libre y las restricciones de luz del día solamente, para muchos de los buques de mayor tamaño que transitan el Canal. Las restricciones hacen que la operación del Canal requiera de una programación bien planeada, a fin de maximizar el uso de recursos del Canal para el tránsito de la mayor cantidad de buques posible.

El método semiconvoy consiste en programar un grupo de buques restringidos a vía libre por el Corte Culebra, rumbo al Atlántico, a primeras horas de la mañana según las restricciones de luz del día de los buques en el Corte y las esclusas. Mientras tanto, los buques que navegan rumbo al Pacífico atraviesan las esclusas de Gatún y esperan en el anclaje de Gatún, hasta que el grupo con rumbo al Atlántico transite por el Corte Culebra. Los buques con rumbo al Atlántico están programados para partir del anclaje de Gatún, según sus restricciones de luz del día de las esclusas. La finalidad de esta programación intenta facilitar que los buques que no pueden realizar esclusajes de noche lleguen a las esclusas antes de la puesta del sol.

El convoy de buques con rumbo al Pacífico está programado para entrar en el Corte Culebra, en el preciso momento cuando el último buque con rumbo al Atlántico haya salido del Corte. Durante este cambio de dirección se crea un periodo de inactividad en ambos complejos de esclusas del Pacífico, que corresponde al tiempo que le toma al último buque restringido en dirección norte completar su tránsito del Corte Culebra, seguido del tiempo que le toma al primer buque

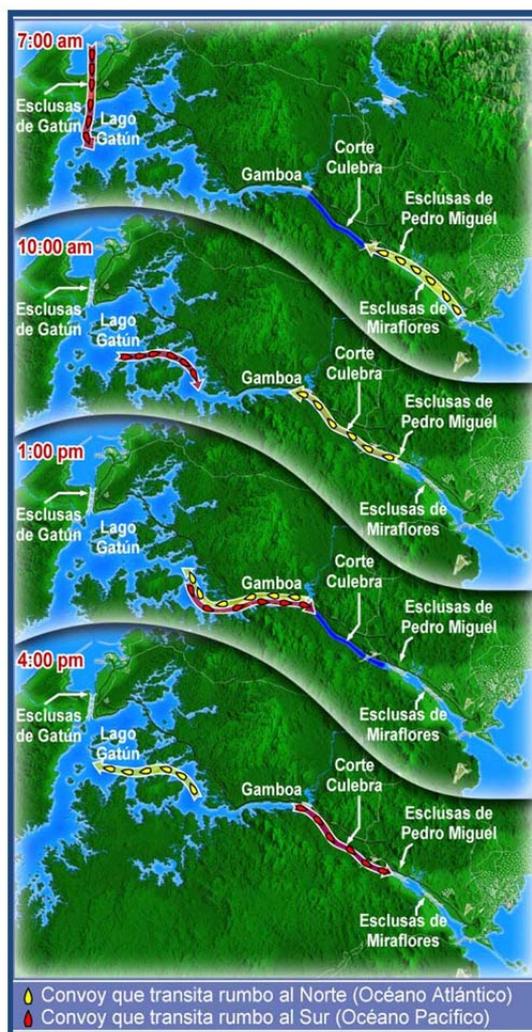


Ilustración 2-17. Diagrama esquemático del Método de Operaciones Semi-convoy

restringido en dirección sur atravesar el Corte Culebra para llegar a la esclusa de Pedro Miguel. En la práctica se observan periodos en que no se utiliza la esclusa de Pedro Miguel alrededor de 2 horas, y las esclusas de Miraflores hasta 3 horas o más.

Mientras que el grupo de buques con rumbo al Pacífico navegue a través del Corte, los buques con restricciones, con rumbo al Atlántico, terminan su tránsito a través de las Esclusas de Gatún, seguidas por buques regulares.

Finalmente, cuando el último buque con rumbo al Pacífico despeja el Corte Culebra, se permite a los buques regulares con rumbo al Atlántico, provenientes del fondeadero del Pacífico conjuntamente con los buques regulares con rumbo al Pacífico, provenientes del fondeadero de Gatún, entrar en el Corte Culebra (ver *ilustración 2-17*).

El método de semiconvoy utiliza el Lago Gatún para las filas de espera en el fondeadero, con el fin de maximizar la utilización del Corte Culebra y de otros recursos del Canal. El fondeadero del Lago Gatún también se utiliza para posicionar buques que sufren desperfectos mecánicos o buques cuyos tránsitos han sido interrumpidos debido a deterioros en la programación, neblina u otros factores, permitiendo así una mayor flexibilidad al programador. Aparte del fondeadero de Gatún, existen áreas de amarre en el Lago de Miraflores y en Gamboa, llamadas boyas de amarre, que están ubicadas fuera del cauce de navegación y que permiten posicionar hasta dos buques en cada estación. Las boyas de amarre en Gamboa se utilizan primordialmente para posicionar buques en dirección al Pacífico cuando hay neblina en el Corte Culebra.

2.3.4.2. Proceso de Tránsito de un Buque por el Canal de Panamá

El proceso de tránsito de un buque a través del Canal es similar para todos los buques. Cada tránsito involucra procesos complejos donde participan más de 150 empleados del Canal.

A continuación se sintetiza el procedimiento de un tránsito típico con restricciones de un buque portacontenedores, tamaño Panamax de 270 metros de eslora y 32.2 metros de manga, desde el lado Atlántico hacia el lado Pacífico del Canal.

Procedimientos previos al tránsito por el Canal

- Planificación del tránsito del buque (fecha y hora) por el Departamento de Programación
- Medición de las dimensiones del buque por el Departamento de Arqueo para determinar el peaje que deberá pagar el buque (para el primer tránsito)
- Gestión del cobro del peaje por parte del Departamento de Contabilidad

Procedimientos de un tránsito típico por el Canal

Luego que los departamentos de Programación, Arqueo y Contabilidad autorizan el tránsito del buque por el Canal, el Coordinador de Entrada del Puerto (CEP) le informa al capitán del buque que puede entrar al área de anclaje interno.

El Oficial de Abordaje y el Inspector de la ACP abordan el buque y realizan una inspección general de cuarentena y de los equipos de navegación a bordo. Cualquier deficiencia detectada deberá ser atendida antes de proceder con el tránsito.

Seguido de la inspección, los prácticos asignados abordan el buque, luego de haber recibido instrucciones y de haberse familiarizado con la información general del buque.

Una vez abordado, los prácticos instruyen al capitán que proceda a levantar el ancla. Los prácticos reportan su ubicación y disponibilidad para iniciar su tránsito al Centro de Control de Tráfico Marítimo, el cual les provee su hora de esclusaje actualizada y el tráfico de buques en el área.

Después de que el ancla se ha asegurado, uno de los prácticos dirige el buque al canal de navegación que conduce a las Esclusas de Gatún. Una vez que los prácticos del Canal suben a bordo de cualquier buque en aguas del Canal, tienen la responsabilidad de la navegación del buque.

Luego de 30 minutos, el buque se acerca a las Esclusas de Gatún, donde una lancha lleva una cuadrilla de 21 pasacables a bordo del buque. A su vez, dos remolcadores asignados al buque se acercan y se amarran uno en la popa y otro en la proa de babor del buque. Éstos, ayudan a maniobrar el buque hacia la vía de las Esclusas de Gatún.

20 minutos después, los pasacables de la esclusa amarran un extremo de las sogas a los cables de las locomotoras y el otro extremo es llevado por otros pasacables en bote cerca del barco, para que los pasacables abordo lo aseguren alrededor de una gran bita.

Una vez aseguradas las sogas, se abren las primeras compuertas e inicia el tránsito por las esclusas de Gatún, el cual dura aproximadamente 90 minutos.

Al extremo sur de las Esclusas de Gatún, los pasacables a bordo sueltan los últimos cables de las locomotoras y posteriormente desembarcan.

Posteriormente, comienza su travesía por el Lago Gatún y el Corte Culebra, donde un remolcador se amarra a la popa del buque. El mismo permanecerá junto al buque en su trayecto por el Corte. La travesía por el Lago Gatún y el Corte tarda aproximadamente 4 horas (240 minutos).

Cerca de las Esclusas de Pedro Miguel, el buque recibe su segundo remolcador, el cual se amarra a la proa del buque. Asimismo, una lancha lleva la cuadrilla de pasacables hacia el buque, al cual ayudarán a transitar a través de las Esclusas de Pedro Miguel y Miraflores.

Al llegar el buque a las Esclusas de Pedro Miguel se repite el proceso de esclusaje. El tránsito por estas esclusas es el más rápido, ya que consiste de un solo nivel.

Después de transitar las Esclusas de Pedro Miguel durante 40 minutos, llega al Lago Miraflores, el cual atraviesa en 20 minutos hasta llegar a las Esclusas de Miraflores, donde se repite todo el proceso para iniciar el esclusaje.

70 minutos más tarde, llega el buque a la última compuerta de las esclusas y se retiran los cables de las locomotoras. Los pasacables recogen su equipo y se dirigen a desembarcar. Uno de los prácticos desembarca junto a los pasacables y el otro permanece en el buque hasta que salga de las aguas del Canal.

Finalmente, 2 horas después (120 minutos), la nave cruza por debajo del Puente de las Américas en el Océano Pacífico y el práctico del Canal devuelve la responsabilidad de la navegación del buque al capitán y desembarca.

Como lo ilustra esta travesía, una nave demora un promedio de 8 a 10 horas en transitar el Canal de Panamá.



PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL CANAL DE PANAMÁ

Durante los últimos 10 años previos al inicio del Proyecto de Ampliación, el Canal estuvo implementado un programa integral de modernización, actualización y mejoras, con el propósito de ofrecer un mejor servicio y satisfacer la demanda creciente y la rápida migración de los navieros a buques más grandes. Para el año 2005, según datos de la ACP, la inversión en mejoras había ascendido aproximadamente a B/. 1,400 millones.

Como resultado, el Canal obtuvo un pequeño aumento en la capacidad de tránsito diario. Sin embargo, la demanda internacional seguirá aumentando, así como el tamaño de los barcos y el porcentaje de portacontenedores.

Para las próximas dos décadas, se prevé que el comercio internacional continuará creciendo a tasas superiores que el crecimiento de las principales economías, lo cual representa para el Canal una gran oportunidad para aprovechar la demanda creciente de las rutas que por ahí transitan. En contraste, el Canal enfrenta una insuficiencia de capacidad para atender esa creciente demanda, lo cual reflejan las grandes inversiones en mejoras que hace el Canal para prestar un servicio competitivo.

De acuerdo a estudios realizados por la ACP, el Canal alcanzaría su capacidad máxima hacia los años 2010 – 2012. Después de esa fecha no habría capacidad para el mayor tránsito de barcos ni de más carga, lo cual no permitiría un mayor uso de la posición geográfica del país para estos propósitos y afectaría negativamente el desarrollo de todas las actividades del Conglomerado económico de la Región Interoceánica.

3.1. ¿POR QUÉ AMPLIAR EL CANAL DE PANAMÁ?

De acuerdo a los estudios y modelos de demanda realizados, para el análisis de rentabilidad de la ampliación del Canal, señalan que la demanda de la ruta por Panamá será creciente. Esto se debe al crecimiento acelerado del comercio internacional.

Entre los principales elementos que impulsan el crecimiento de la demanda, se encuentra el segmento de portacontenedores, en particular los que sirven la ruta entre la costa este de Estados Unidos y el noreste de Asia. Mediante las estadísticas de tránsito que realiza la ACP cada año fiscal (a partir de ahora AF), se puede analizar la relevancia que tiene cada una de las rutas para el Canal, ya sea por el volumen de carga que mueven o por el número de tránsitos.

En el año 2005 el tráfico por el Canal alcanzó los 279 millones de toneladas CPSUAB¹, y en el 2012 ascendió a 333 millones de toneladas CPSUAB. Las proyecciones de demanda potencial realizadas por la ACP a través del Modelo de Simulación de Capacidad del Canal de Panamá, indican que si el Canal tuviera la capacidad suficiente el volumen de tráfico que transitaría por el Canal podría alcanzar en el caso más probable 525 millones de toneladas CPSUAB en el año AF 2015. En el caso optimista, o escenario de mayor crecimiento, el volumen de tráfico podría ascender a 685 millones de toneladas CPSUAB, y en el caso pesimista, o escenario de menor crecimiento, a 442 millones de toneladas CPSUAB. Este crecimiento de la demanda potencial del Canal actual implica un aumento de los 12,647 tránsitos de alto calado anuales registrados en el año AF 2005, hasta alrededor de 19,600 tránsitos en el año AF 2025 en el escenario más probable, 24,300 en el escenario de mayor crecimiento, y 17,100 en el escenario de menor crecimiento.

Este crecimiento esperado de la ruta de Panamá representa un aumento en un lapso de 20 años, desde que fueron realizados los estudios en el 2005, de más del 50% en el número de tránsitos y de más del 85% en el volumen de toneladas CPSUAB que transitarán por el Canal.

Estas proyecciones señalan que existe una gran oportunidad de crecimiento para el Canal; sin embargo, si no se amplía la capacidad del Canal, no podrían transitar por el Canal la cantidad de buques que se pronostican, ni siquiera en el escenario pesimista.

3.1.1. Tendencias que pronostican la pronta saturación de la capacidad del canal

El incremento de tamaño de los buques, en especial los portacontenedores, como consecuencia del desarrollo y crecimiento de las cadenas de suministro, se ha visto reflejado en el aumento de volumen de tonelaje que anualmente transita por el Canal de Panamá.

Este cambio, evidencia de que existe la posibilidad de que el Canal carezca de la capacidad para servir competitivamente la configuración de la nueva demanda. En esta sección veremos las tendencias que pronostican la pronta saturación de la capacidad de

¹ CPSUAB (Sistema Universal de Arqueo de Buques del Canal de Panamá): 1 tonelada CP/SUAB equivale a 100 pies³ o 2.83m³.

esta infraestructura, según el análisis realizado por la ACP (Plan Maestro del Canal de Panamá, 2006).

3.1.1.1. Nivel de servicio del Canal como condicionantes de la capacidad

El nivel de servicio que ofrece el Canal determina el valor que la ruta tiene para sus clientes. Por consiguiente, es importante definir el estándar de calidad de servicio óptimo del Canal. Dado que el principal objetivo de los buques al utilizar el Canal de Panamá es ahorrar tiempo, el Canal mide su calidad de servicio en base a dos tiempos: el tiempo de espera promedio para transitar por el Canal y el tiempo de tránsito promedio. A la combinación de estos tiempos se le denomina tiempo en aguas del Canal (TAC). Al considerarse las tendencias promedio del tiempo en aguas del Canal y también su dispersión o variabilidad, el TAC se considera como el indicador principal de la confiabilidad del servicio del Canal.

En el año 2005, el tiempo promedio en aguas del Canal fue de 16.5 horas para buques que transitaban con reservación y de 34.5 horas para buques que transitaban sin reservación. El tiempo en aguas del Canal varía significativamente entre distintos segmentos de mercado debido a la naturaleza del negocio al que se dedica cada segmento. Cada segmento hace uso de distintos tipos de buques y, a su vez, presenta mayor o menor sensibilidad a los tiempos de espera. Por ejemplo, los segmentos de portacontenedores, portavehículos y de pasajeros operan servicios con itinerarios preestablecidos, lo cual requiere un tránsito por el Canal con alta confiabilidad. Por ello, estos segmentos suelen hacer uso del sistema de reservas del Canal.

No obstante, dado al largo tiempo de espera para transitar el Canal, los demás segmentos ya están comenzando a utilizar este sistema; sin embargo, no logran conseguir cupos de reservación, ya que los mismos han sido acaparados por los segmentos anteriormente mencionados con mucho tiempo de antelación.

Dado a esto y al continuo crecimiento de la demanda, el Canal necesita aumentar su capacidad, a fin de mejorar el nivel de servicio y aumentar el valor de la ruta para los usuarios.

3.1.1.2. Carencia de tiempo para realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación

El Canal, como cualquier otra infraestructura, requiere de trabajos periódicos de mantenimiento, reemplazo y rehabilitación. Los trabajos más intensos suelen involucrar el cierre temporal de uno de los carriles de alguna de las esclusas. Desde el 2007, el Canal programa alrededor de 5 cierres de vía por mantenimiento al año, los cuales tienen una duración de aproximadamente 7 días cada uno. Anteriormente, eran 6 cierres al año, durante 11 días cada uno.

Cuando una vía es cerrada por mantenimiento en alguna de las esclusas, la capacidad remanente del Canal es inferior a la cantidad de buques que arriban diariamente, causando la formación de largas colas de buques en espera para transitar. Los cierres de vía por mantenimiento se programan con amplia anticipación, para efectuarse durante los meses que históricamente tienen menos tráfico. Igualmente, el

Canal informa a sus usuarios las fechas de cierres de la vía con un año de anticipación, para que éstos ajusten su programación adecuadamente.

Durante los cierres de vía en el año AF 2004, el tiempo de servicio promedio para los buques sin reservación ascendió a más de 60 horas, llegando a 100 horas en los casos más extremos. El TAC para los buques sin reservación se triplicó durante los cierres de vía. Se estima que, por cada cierre programado de una vía, se suman de 10 a 15 buques a la cola de espera. En el caso de que el cierre de vía sea por una urgencia y no haya sido programado y anunciado con amplia anticipación, el crecimiento de la cola de buques es significativamente mayor.

Esto demuestra que el Canal ya no tiene la holgura necesaria para realizar los trabajos de mantenimiento necesarios y que a medida que incrementa la demanda, los trabajos de mantenimiento tendrán un impacto cada vez mayor en el nivel del servicio del Canal. Esto obligará a los usuarios a considerar otras alternativas, especialmente a aquellos usuarios que operan servicios en itinerario y que por la naturaleza de su negocio no puedan cambiar su programación, aunque se les comunique los cierres de vía con amplia anticipación.

3.1.1.3. Saturación de la capacidad para tránsitos diurnos

La capacidad diurna del Canal es utilizada principalmente por los buques a los que les aplican mayores restricciones de navegación, en la mayoría de los casos, buques de mayor tamaño o que representan riesgos adicionales debido a características especiales. A estos buques no se les permite transitar por las esclusas ni por el Corte Culebra de noche, y se identifican con el código de restricción CCDL (por sus siglas en inglés *Clear Cut & Daylight in the Locks*).

Dentro de la categoría de restricción CCDL están todos los buques con eslora mayor de 244 metros y manga mayor de 27.7 metros. Esta restricción es la que actualmente se aplica a la mayoría de buques portacontenedores, de pasajeros y portavehículos. Estos son los buques que operan mayormente en itinerario y para los cuales la confiabilidad del servicio es vital. Actualmente, sólo pueden transitar por el Canal sosteniblemente entre 9 y 10 buques con esta restricción por día.

A la mayoría de los buques con eslora menor de 244 metros y manga mayor de 27.7 metros se les permite transitar por las esclusas las 24 horas al día, pero su tránsito por el Corte Culebra debe ser diurno, y sin cruzarse con otros buques en dirección opuesta. Estos buques se identifican con el código de restricción DLCC (por sus siglas en inglés *Daylight in the Cut & Clear Cut*). La mayoría de los buques a los que se le aplica esta restricción están en el segmento de graneleros secos y líquidos, para los cuales no se prevé un aumento en los tránsitos.

Dado a este desequilibrio entre los tránsitos diurnos y nocturnos, existe alguna holgura de capacidad en las esclusas y el Corte Culebra durante las horas de la noche. Si los buques que tienen la restricción CCDL pudieran transitar como si tuviesen la DLCC, el Canal podría aumentar el número de reservaciones para buques con mangas mayores a 27.7 metros de los actuales 13 cupos por día a 16 cupos por día.

La causa principal de las limitaciones de capacidad impuestas por buques restringidos a esclusajes diurnos es que los sistemas de iluminación existentes son insuficientes para proveer adecuada visibilidad que permita a los buques de mayor tamaño efectuar maniobras de esclusajes nocturnos, de acuerdo con los estándares y normas de seguridad. En la última década el incremento acelerado del uso de buques de mayor tamaño ha causado que el espacio entre el casco del buque y la pared de la cámara de las esclusas sea cada vez más angosto.

Por otro lado, las restricciones en el Corte Culebra no permiten a los buques de alto calado encontrarse o cruzarse con otro buque navegando en la dirección opuesta. Como se explicó en el capítulo anterior, el Canal programa su tráfico por este cauce de tal forma que los buques con esta restricción naveguen, uno detrás de otro, agrupados en una dirección primero y en la otra después. De esta forma transitan más buques por el Corte, en comparación con la opción de transitar los buques alternados de uno a uno.

3.1.1.4. Aumenta el uso del Sistema de Reservaciones

Todo buque que desee transitar por el Canal puede elegir si transitar por orden de arribo o con tránsito reservado. El sistema de reservaciones ofrece a los buques un tránsito en un día garantizado y con un tiempo de tránsito de 18 horas o menos, desde su arribo a la primera esclusa hasta la salida de la última esclusa.

En el caso de los buques que transitan por orden de llegada, también se toman en cuenta las restricciones operacionales para planificar el orden en que transitarán por el Canal. Por ejemplo, los buques con pocas restricciones operaciones usualmente transitan sin tener que esperar mucho ya que permiten mayor flexibilidad de programación. Es por ello que existe la probabilidad que un buque de menores restricciones transite por el Canal primero que un buque de mayores restricciones que haya llegado antes que éste.

Los principales usuarios de este sistema son los segmentos de mercado que operan servicios con itinerarios fijos (servicios de línea) o que transportan carga perecedera o de alto valor. Generalmente estos son los segmentos de portacontenedores, portavehículos, pasajeros y buques que transportan carga refrigerada no contenerizada.

La mayoría de estos buques son los de mayores dimensiones. Por lo tanto, están sujetos a la aplicación de mayores restricciones operacionales durante el tránsito. Cuando estos buques no consiguen un cupo de reservación, su fecha de tránsito depende de la disponibilidad que el Canal tenga para programarlos según el orden de llegada. Esta situación no sólo prolonga su tiempo de espera, sino que también crea un alto grado de incertidumbre en cuanto al tiempo necesario para transitar.

Por el contrario, los buques de menor de tamaño tienen un menor grado de restricciones operacionales para transitar el Canal. Para estos buques, el Canal aún tiene suficiente capacidad disponible, por lo que transitan sin reservación, usualmente de noche o en periodos de holgura operacional para el Canal, en aproximadamente 30 horas promedio.

Actualmente, el Canal pone a disposición de sus usuarios 21 cupos de reservación por día, 13 para buques mayores de 27.7 metros de manga (*Super*) y 8 para buques mayores a 27.7 metros de manga (*Regular*). Estos 21 cupos representan más del 50% de la capacidad total actual del Canal. Durante el AF 2002 se utilizaron más del 70% de los cupos disponibles, en el AF 2003 ascendió a 74% y para el AF 2005 alcanzó el 91% de utilización.

En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la cantidad de usuarios que no logran obtener un cupo de reservación cuando lo necesitan. En el AF 2001, el porcentaje de solicitudes rechazadas era solamente del 1%, y para el AF 2005, ya era de un 18%. Este es un indicador importante de la falta de capacidad para poder brindar un servicio confiable y expedito de manera sostenible a los usuarios.

La demanda de cupos de reservación ha aumentado como resultado del incremento general en el número de tránsitos y en particular en los tránsitos de buques que operan en itinerarios fijos, así como por la creciente variabilidad en el nivel de servicio que reciben los buques que no transitan con reservación. En el AF 1995 solamente el 30% de los buques que transitaron por el Canal utilizaron el sistema de reservas, en el AF 2000 aumentó a 41% y en el AF 2005 incrementó a 73%.

3.1.2. Límites de capacidad del Canal actual

Como fue anteriormente mencionado, la capacidad del Canal depende de múltiples factores, principalmente de la combinación de buques que deseen transitar la vía y de sus restricciones operacionales.

Mediante el Modelo de Simulación de Capacidad del Canal de Panamá, la ACP analiza el impacto de la mezcla de buques y otros factores que influyen en la capacidad del Canal. De esta forma, proyecta y analiza los tránsitos futuros por el Canal, tomando en cuenta cambios de infraestructura, modos de operación, condiciones climatológicas, tamaño y tipo de buque, y segmento de mercado.

Los límites de capacidad del Canal son determinados por el volumen de tráfico medidos en toneladas CPSUAB y la mezcla del tamaño y tipo de los buques que transitan por el Canal. Para simplificar, el Canal clasifica los buques que transitan por la vía en dos grupos: los buques de alto calado (manga superior a 27.7 metros) y los buques pequeños (manga inferior a 27.7 metros).

Como ya se ha explicado anteriormente, a los buques de alto calado suelen aplicársele un alto grado de restricciones, lo cual acarrea menos capacidad de tránsitos y más utilización de recursos. Sin embargo, representa más volumen de toneladas CPSUAB.

Por el contrario, a los de menor tamaño se les aplica un menor grado de restricciones, por lo cual, utilizan menor cantidad de recursos y menos capacidad del Canal. No obstante, representan menor volumen de toneladas CPSUAB, lo cual se traduce en menores ingresos para el Canal.

De acuerdo al análisis de frontera de capacidad del Canal, realizado por la ACP, si todos los buques fueron pequeños, podrían transitar por el Canal actual un promedio de 21,900 buques al año o 60 buques diarios. A pesar de que permitiría duplicar la capacidad de tránsito, solamente resultaría entre 195 y 205 millones de toneladas CPSUAB anuales. Por otro lado, si todos los buques fueran de alto calado, sólo podrían transitar por el Canal actual un promedio de 7,300 buques al año o 20 buques diarios, aproximadamente la mitad de los buques que actualmente utilizan esta ruta. Esto resultaría en un volumen de entre 245 y 250 millones de toneladas CPSUAB anuales.

Este análisis permite observar que ningunos de los dos extremos representa la capacidad máxima sostenible del Canal en términos de volumen de toneladas CPSUAB o de ingresos para el Canal, ya que la relación entre tránsitos y volumen CPSUAB no es directa y a la existencia de restricciones operacionales.

3.1.3. Buques Pospanamax: oportunidad de crecimiento para el Canal de Panamá

Los buques de dimensiones superiores a la capacidad del Canal actual han existido desde los años 90; sin embargo, no fue hasta finales de los años 80 que éstos empezaron a utilizarse para el transporte de carga contenerizada.

Poder transportar grandes volúmenes de carga en un solo viaje, le permite a las empresas navieras aprovechar las economías de escala, logrando transportar más carga, a mayor velocidad, con un costo unitario bajo. Esto ha impulsado el crecimiento de la flota mundial de buques portacontenedores de dimensiones pospanamax en las principales rutas comerciales, como lo son la ruta Asia a la costa este de Estados Unidos, la ruta Asia a Europa y la ruta del noreste de Asia a la costa este de Estados Unidos. El ahorro que resulta de las economías de escala ofrecido por los buques pospanamax explica la preferencia creciente de los navieros de emplear dichos buques en esas rutas.

Los usuarios del Canal han indicado que colocarán buques de dimensiones pospanamax de contenedores por la ruta de Panamá tan pronto como puedan transitar por el Canal. Se anticipa que para el año 2025 el Canal recibirá más de 4,000 tránsitos anuales de buques pospanamax de contenedores cuya capacidad de carga equivaldrá a transitar más de 6,000 buques Panamax anuales. El tránsito de buques pospanamax permitirá al Canal maximizar sus ingresos y reducir sus costos operativos, funcionando con mayores volúmenes de carga, menos tránsitos, es decir, más eficientemente.

El principal reto que enfrentará el Canal en los próximos años será el de adecuarse a las necesidades del segmento de buques portacontenedores.

3.2. PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL CANAL DE PANAMÁ

El Canal de Panamá tiene una gran oportunidad de desarrollo y crecimiento; sin embargo, para poder aprovecharla deberá dotarse a corto y mediano plazo de la capacidad necesaria para aumentar su participación en el mercado.

Esta oportunidad de crecimiento se presenta en un momento en el cual el Canal, por funcionar muy cerca de su máxima capacidad sostenible, enfrenta el reto de mantener y mejorar la confiabilidad y calidad de su servicio.

Por consiguiente, el Canal de Panamá ha desarrollado una Plan Maestro mediante el cual soluciona el problema de insuficiencia de capacidad a corto y mediano plazo. Éste propone tres programas estratégicos de inversión, a saber:

- Programa de mantenimiento y reemplazo
- Programa de optimización del Canal actual
- Programa de ampliación del Canal mediante un Tercer Juego de Esclusas

La intención de éste capítulo es explicar cada uno de estos programas, a fin de que en el Capítulo 4 podamos analizar cómo éste ambicioso proyecto impactará el tráfico de buques por la ruta de Panamá.

3.2.1. Programa de mantenimiento y reemplazo

Este programa abarca actividades recurrentes de reemplazo, mantenimiento y renovación entre el AF 2005 y el AF 2025, a fin de mantener la planta actualizada y prolongar su vida útil, pero sin aumentar su capacidad.

Las inversiones incluidas en este programa son la generación y distribución de energía, distribución de agua, seguridad, ambiente, tecnología y telecomunicaciones, edificios y estructuras, equipo flotante, vehículos y equipos de transporte, equipo y maquinaria, modernización y rehabilitación, proyecto de reemplazo y mantenimiento.

3.2.2. Programa de optimización del Canal actual

Este programa tiene como finalidad dotar al Canal de Panamá de capacidad para atender la demanda potencial a corto plazo, maximizar el rendimiento, mantener y mejorar el nivel de servicio, utilizando la infraestructura actual hasta el momento en que inicie operaciones el tercer juego de esclusas.

Para ello, la ACP ha propuesto una combinación de mejoras a la infraestructura y cambios al régimen operacional del Canal actual, con lo que se reducirán los cuellos de botella existentes y las restricciones de navegación. Su principal objetivo es maximizar la cantidad de buques grandes con mayor grado de restricciones operacionales que puedan transitar por el Canal, manteniendo los más altos niveles de seguridad y servicio, y asegurar el recurso hídrico para el consumo de la población y el funcionamiento del Canal.

De acuerdo con las proyecciones de la demanda potencial, y manteniendo niveles de servicio competitivos, este programa permitirá al Canal aumentar su capacidad máxima sostenible hasta 50 millones de toneladas CPSUAB adicionales al año, equivalente a aproximadamente 5 tránsitos adicionales al día.

Para optimizar la capacidad del Canal actual, es indispensable reducir las restricciones de navegación, que impone la infraestructura a la plena utilización del sistema de tránsito, e implementar soluciones que permitan el máximo uso de los activos existentes. Algunas de las estrategias propuestas son:

- Aprovechar la capacidad nocturna disponible de las esclusas y equilibrar la utilización diurna con la nocturna.
- Incrementar la utilización de las esclusas del lado Pacífico.
- Flexibilizar y hacer más seguro el tránsito por el Corte Culebra.
- Reducir el tiempo de ciclo del tránsito por las esclusas de Gatún.
- Optimizar la programación de los tránsitos para reducir las ineficiencias inherentes a la variabilidad de la mezcla de buques.
- Proveer más calado para aumentar el valor de la ruta por el Canal, de tal forma, que se pueda transportar más carga con menos tránsitos.
- Incrementar el aprovechamiento de la capacidad de almacenamiento útil de agua del lago Gatún.
- Reducir los riesgos de interrupción de tránsito por crecidas del río Chagres.

La ejecución de estas estrategias será posible luego de finalizados los proyectos comprendidos en el Programa de Optimización del Canal a corto plazo.

Este programa está conformado por diez proyectos específicos agrupados en cuatro grandes áreas de maniobra estratégica, los cuales se listan en la *Tabla 3-1*, así como sus efectos en la capacidad y servicio. Cada uno de estos proyectos será descrito detalladamente en las próximas secciones.

Según análisis realizados por la ACP, una vez el Canal implementa estas mejoras, el principal factor que limitará la capacidad del Canal será el número de buques que puedan transitar por las esclusas, específicamente las esclusas de Pedro Miguel y hasta cierto grado las esclusas de Gatún. Una vez alcanzado este nivel de utilización máxima, se experimentará un rendimiento decreciente con cualquier otra mejora que se proponga para incrementar la capacidad.

Proyecto de Optimización de la Capacidad del Canal actual	
Maximizar la Utilización Nocturna de las Esclusas	
- Sistema mejorado de iluminación de esclusas	
Maximizar la Utilización de las Esclusas del Pacífico	
- Enderezamiento y ensanche del Corte Culebra	
- Estaciones de amarre al norte de las esclusas de Pedro Miguel	
Mejoras a Equipos y Sistemas Operativos	
- Sistema de carrusel en la esclusa de Gatún	
- Mejoras a la flota de remolcadores	
- Sistema mejorado de programación de buques	
Mejorar la seguridad y nivel de servicio del Canal	
- Aumento del calado máximo	
- Profundización de las entradas del Atlántico y el Pacífico	
- Profundización de los cauces de navegación	
- Programa de mitigación de crecidas del lago Gatún	

Tabla 3-1. Proyectos de Optimización de la Capacidad del Canal actual.
Fuente: ACP

3.2.2.1. Maximizar la Utilización Nocturna de las esclusas

Este proyecto consiste en la instalación de un nuevo sistema de iluminación en las esclusas y en sus cámaras, que incrementará la visibilidad para hacer más seguras las condiciones de tránsito de buques Panamax durante la noche, que actualmente están restringidos a tránsitos de día por las esclusas.

El nuevo sistema de iluminación para las esclusas consistirá en nuevas lámparas de postes altos (*high mast lights*) que reemplazarán al sistema actual, complementados por un sistema de iluminación en las cámaras de las esclusas.

Esta inversión permitirá que más del 95% de los buques transiten por las esclusas en cualquier momento durante las 24 horas del día.

El programa tendrá como resultado una reducción del tiempo en aguas del Canal para buques de más de alto calado, mejorando el equilibrio entre la utilización de la capacidad diurna y nocturna del Canal, y permitirá aumentar la cantidad de cupos de reservación que el Canal pudiese ofrecer diariamente para buques mayores de 27.7 de manga.

3.2.2.2. Maximizar la Utilización de las Esclusas del Pacífico

Esta estrategia consiste en dos proyectos específicos, cuyos objetivos principales son maximizar la utilización de las esclusas del Pacífico, en particular la de Pedro Miguel. En breve se explica en qué consiste cada uno de los proyectos.

a. Enderezamiento y ensanche el Corte Culebra

El Corte Culebra es la sección más angosta del cauce de navegación del Canal que tiene una longitud de 12.7 kilómetros. El ancho existente del Corte Culebra de 192 metros.

Este proyecto tiene por objeto mejorar la seguridad de la navegación en el Corte, especialmente para buques Panamax, y permitir el encuentro o cruce selectivo de dos buques Panamax navegando en dirección opuesta durante el día. Este proyecto consiste en dos componentes: el primero es el enderezamiento de las curvas del cauce de navegación del Corte Culebra, y el segundo es el ensanche de los cauces de navegación del Corte a 218 metros en las rectas.

Con el ensanche del Corte Culebra será posible realizar encuentros entre buques Panamax que cumplan con ciertas características de tamaño, seguridad y maniobrabilidad, lo que a su vez permitirá alcanzar la máxima capacidad sostenible de las esclusas, particularmente de esclusa de Pedro Miguel.

La ejecución de este proyecto requiere de dragado y excavación seca. Adicionalmente, se requiere trabajos de estabilización de taludes, drenajes, reforestación y restauración de ambientes naturales.

b. Construcción de estaciones de amarre al norte de la esclusa de Pedro Miguel

La esclusa de Pedro Miguel mantiene diariamente periodos de inactividad de hasta dos horas, causado por el método de operación semiconvoy, el cual fue explicado en el Capítulo 2.

El Canal opera con el modo de semiconvoy debido a que el cauce del Corte Culebra no es lo suficientemente ancho para permitir el encuentro seguro de dos buques de dimensiones Panamax en direcciones opuestas. En este sentido, el tránsito por el Corte Culebra es principalmente en una sola dirección durante el día, cuando el Canal programa los tránsitos de buques de mayor tamaño; y es principalmente en dos direcciones durante la noche, cuando el Canal programa los tránsitos de buques de menor tamaño.

Para mantener la operación de la esclusa de Pedro Miguel, en forma constante e ininterrumpida, se propone el desarrollo de dos estaciones de amarre ubicadas justo al norte de Pedro Miguel. En estas estaciones de amarre se posicionarían temporalmente buques en dirección al Pacífico que iniciarían su tránsito durante la noche o la madrugada.

Estos buques continuarían su tránsito hacia el Pacífico a través de las esclusas de Pedro Miguel después que el último buque del grupo proveniente del Atlántico termine

su esclusaje en Gatún y mientras el grupo en dirección al Atlántico completa su tránsito por el Corte Culebra. De esta forma, la esclusa de Pedro Miguel se mantendrá en uso continuo con buques que iniciaron su tránsito durante la noche, mientras llega el grupo de buques Panamax rumbo al Pacífico.

La construcción de estas estaciones de amarre reducirá el tiempo de inactividad de las esclusas de Pedro Miguel, al poder acomodar hasta dos buques Panamax en la estación de amarre. Estos buques podrán transitar por las esclusas hacia el Pacífico durante los cambios de dirección, de forma que las esclusas del Pacífico, en particular la de Pedro Miguel, podrán continuar operando de forma ininterrumpida durante el cambio de dirección.

3.2.2.3. Mejorar Equipos y Sistemas Operativos

Este programa está conformado por tres proyectos específicos, que permitirán mejorar el uso de la capacidad disponible de las esclusas, en particular, las esclusas de Gatún:

a. Implementación del sistema de carrusel en las Esclusas de Gatún

Las esclusas actuales operan en dos formas: regular y relevo. Como se explicó anteriormente, la ACP ha diseñado un nuevo modo de operación, denominado “carrusel”. Éste permitirá aumentar aún más la capacidad de *uno* de los carriles de las esclusas de Gatún al reducir el tiempo de ciclo.

En el sistema de carrusel, las locomotoras se moverán alrededor de las esclusas como una banda transportadora sin fin para asistir a los buques, eliminando la necesidad de amarrar los buques a la pared de la esclusa como se hace durante el esclusaje de relevo. Cuando una de las vía opera con el sistema de carrusel, la otra vía continuará operando en modo relevo o regular, según lo programado.

Para éste modo se requerirán tres grupos de locomotoras para el tránsito de dos buques simultáneamente por un carril de las esclusas. Después de terminado el primer esclusaje, el primer grupo de locomotoras regresa a su punto de origen, mientras los otros dos grupos de locomotoras asisten a los siguientes dos buques durante su esclusaje (*ilustración 3-1*).

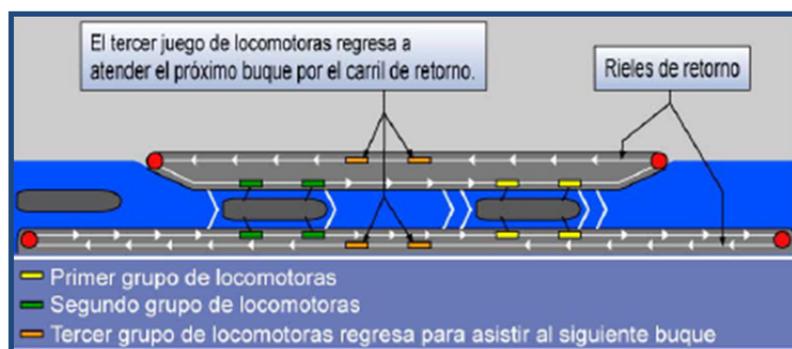


Ilustración 3-1. Modo de operación del Sistema Carrusel en las esclusas de Gatún.

Según los análisis de capacidad realizados por la ACP, el sistema carrusel permite reducir varios minutos el tiempo de ciclo del esclusaje de un buque Panamax en las esclusas de Gatún, comparándolo con el modo de operación de relevo. La reducción de tiempo permitiría el paso de uno o dos buques más al día.

Este método sólo ha sido propuesto para las esclusas de Gatún, por ser de tres niveles, y además, son las únicas que ya tienen rieles de retorno en operación.

b. Mejora de la flota de remolcadores

Dado al incremento en el tamaño y calado de los buques que transitan por el Canal, se necesitan remolcadores con características apropiadas que puedan asistir a estos buques. Además, la ACP adoptó los requisitos más recientes de la Organización Marítima Internacional (OMI) para control de emisiones y sistema de tratamiento de aguas servidas y oleosas.

Al presente, sólo el 70% de la flota de remolcadores del Canal cumple con los estándares de la OMI, siendo los remolcadores con más años de servicios los que presentan más deficiencias y altos costos de mantenimiento.

Este proyecto tiene como finalidad reemplazar los remolcadores que evidencian altos costos de mantenimiento; que no tienen la suficiente potencia para asistir a los buques tipo Panamax y que carecen de sistema de mitigación exigidos por los programas internacionales.

c. Mejora del sistema de programación de buques

La programación de buques juega un papel muy importante en la optimización de la capacidad del Canal y en el rendimiento de los activos existentes.

Aunque el tránsito de buques se programe con antelación, requiere ser revisado diariamente, ya que el tránsito marítimo es sensible a cancelaciones, cambio de los tiempos estimados de llegada de los buques, o cambios en las condiciones operacionales o climáticas. En la actualidad, en Canal opera con un sistema de programación de buques que abarca 48 horas: las 24 horas del día en curso y las 24 horas del día siguiente. Sin embargo, esta programación no permite prever el impacto de la demanda en el nivel de servicio y no facilita la toma de acciones correctivas.

Se propone un nuevo sistema, que consistirá de un sistema computarizado que automática y dinámicamente actualizará la información de arribos tan pronto esté disponible. Esto permitirá prever, en tiempo real, cuál será el nivel de servicio y la utilización del sistema de acuerdo con los niveles pronosticados de tráfico.

Asimismo, este sistema brindará a sus clientes retroalimentación de forma electrónica, pudiendo estos mantenerse informados sobre las fechas estimadas de tránsito y tiempos de espera aproximados para aquellos que opten por transitar según el orden de llegada. Además, brindará a los clientes retroalimentación sobre cupos de reservación disponibles para que puedan hacer mejor uso de ellos.

3.2.2.4. Mejorar la Seguridad y el Nivel de Servicio del Canal

La intención de este proyecto es permitir a sus clientes aumentar la capacidad de carga, especialmente la de los buques Panamax, mediante el incremento del calado máximo del Canal. Este proyecto no aumentará la capacidad del Canal en función de los tránsitos, mas sí, en función del tonelaje.

Está compuesto por tres proyectos específicos, los cuales se describen en el siguiente contexto.

a. Aumento del calado máximo del Canal y profundización de las entradas del Atlántico y del Pacífico

La flota de buques que transitan regularmente por el Canal cuenta con un número significativo de buques Panamax, los cuales pueden navegar con un calado de 13.3 metros en agua dulce tropical (ADT)². El calado máximo del Canal es de 12 metros en ADT, lo cual limita el calado de estos buques (ver *ilustración 3-2*).

Esto no impide a los buques poder transitar por el Canal; no obstante, éstos deben transitar con menos carga, lo cual les resulta en una subutilización de la capacidad del buque y en menores rendimientos para los navieros.

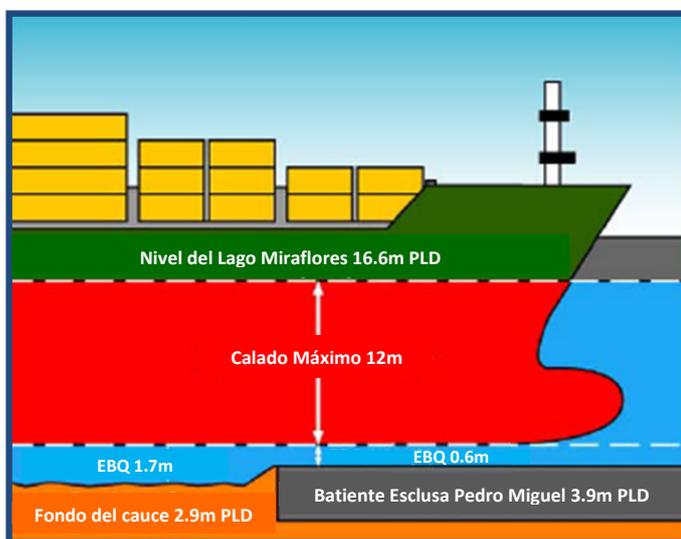


Ilustración 3-2. Límite de calado máximo del Canal actual
*EBQ: Espacio Bajo la Quilla

El calado máximo permitido por el Canal actual está limitado por el nivel del piso de la batiente de la cámara de la esclusa de Pedro Miguel, y en su parte superior por el nivel operativo más alto del lago Miraflores. Por seguridad en la navegación, el Canal estableció que los buques deben transitar con un espacio no menor a 60 centímetros entre la quilla del buque y el piso de la batiente de la esclusa de Pedro Miguel. El nivel más alto al que puede llegar el lago Miraflores está limitado por el borde de las aberturas de los brazos que abren y cierran las compuertas en las esclusas de Miraflores y Pedro Miguel. Si el agua del lago Miraflores sobrepasa ese nivel el agua entrará a través de las aberturas, inundando los túneles y cuartos de máquinas de las esclusas. Con 60 centímetros de espacio bajo la quilla del buque y el lago Miraflores a

² Un buque Panamás de 4,500 TEUs está diseñado para navegar con un calado de 13 metros en agua salada, equivalente a 13.3 metros en agua dulce tropical (ADT). El agua dulce es menos densa que el agua salada, por lo cual disminuye la flotabilidad del buque.

su nivel máximo de 16.6 metros PLD³, el calado máximo posible es de 12 metros en ADT.

Para aumentar el calado a 12.3 metros, la ACP, luego de evaluar varias alternativas, determinó en subir el nivel del lago Miraflores (ver *ilustración 3-3*). Para lograrlo, requiere sellar las cámaras donde operan los brazos hidráulicos que abren y cierran las compuertas de las esclusas y adecuar estos brazos hidráulicos para que operen mientras estén inmersos en el agua.

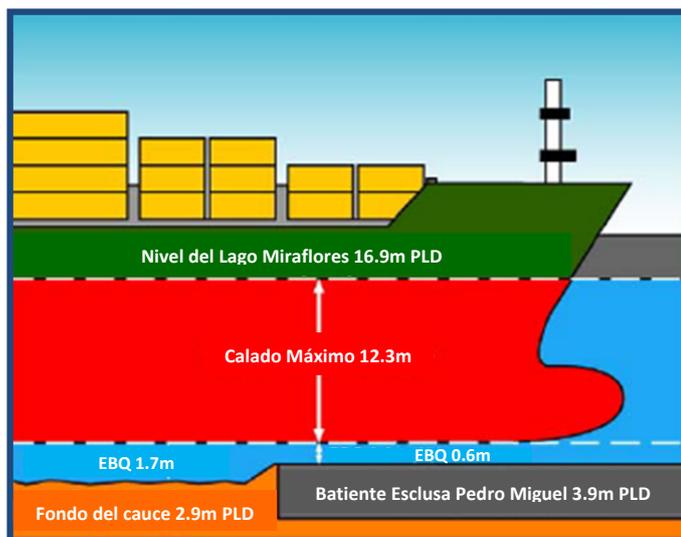


Ilustración 3-3. Límite de calado máximo del Canal actual
*EBQ: Espacio Bajo la Quilla

Además, es necesario profundizar las entradas del Canal tanto en el Pacífico como en el Atlántico. Como los cauces de las entradas del Canal son agua salada, los buques que navegan en estos cauces lo hacen con un calado menor al que tendrán una vez que entren en los cauces de agua dulce del Canal. Los buques que navegan en los cauces de las entradas también están expuestos a las variaciones de las mareas, especialmente en las entradas del Pacífico, donde el nivel del mar puede tener variaciones de hasta 6 metros entre marea baja y marea alta. Por esta razón, se propuso profundizar las entradas del Canal para permitir un calado de 12.6m en agua salada tropical, incluso durante los periodos de mareas más bajas.

b. Profundización del Cauce de Navegación del lago Gatún

El pronóstico de demanda de agua, tanto para el consumo humano como para los esclusajes, señala que para el año 2016 las necesidades de agua superarán el rendimiento máximo del sistema hídrico del Canal.

En la actualidad, la hidrografía de la región oriental de la cuenca del Canal produce, en promedio, una escorrentía anual utilizable de 4,800 MMC de agua, lo cual es suficiente para un promedio de 63 esclusajes diarios. De esta escorrentía total utilizable, unos 1,400 MMC resultan inutilizables por la falta de capacidad de almacenaje en el sistema de lagos, equivalente a aproximadamente 18 esclusajes diarios. Es decir, que una porción debe ser vertida al mar sin ser utilizada por la población o para la operación del Canal.

Por lo tanto, el Canal ha decidido incrementar la capacidad de almacenamiento de agua del lago Gatún ya que representa la mejor estrategia para aumentar el

³ Todas las cotas del Canal hacen referencia al Nivel Preciso de Referencia (PLD por sus siglas en inglés: *Precise Level Datum*), que está en las entradas del Atlántico y del Pacífico a nivel del mar.

rendimiento del sistema hídrico del Canal y garantizar el suministro de agua en las cantidades necesarias.

El lago Gatún, además de almacenar agua, es un lago de navegación por donde pasan los cauces del Canal, por lo que no se le puede extraer toda el agua para realizar esclusajes. Se debe mantener siempre un nivel mínimo, suficiente para que los buques puedan navegar con el calado apropiado. Por ello, para poder aprovechar una mayor cantidad del agua almacenada en el lago, sin afectar el calado de los buques, se deben profundizar los cauces de navegación.

Se propone profundizar los cauces de navegación del lago Gatún y del Corte Culebra en 0.9 metros. Esta profundización, de 11.3 metros PLD a 10.4 metros PLD, reducirá el nivel mínimo de operación del lago Gatún de 24.8 metros a 23.9 metros PLD, manteniendo calado máximo actual de 12m. La profundización de los cauces también permitirá ofrecer 0.3m de calado adicional en los periodos en que el nivel de operación del lago Gatún sea superior a los 24.2m PLD (ver ilustración 3-4).

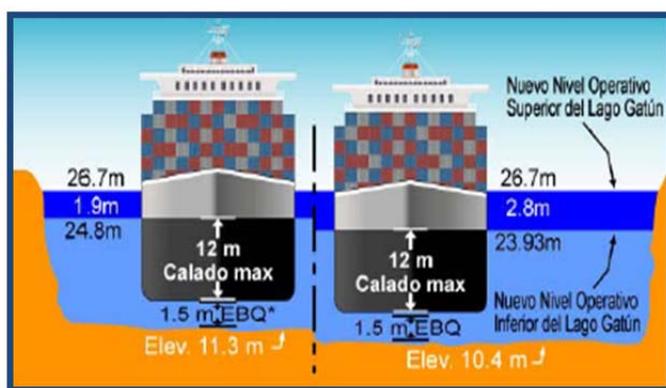


Ilustración 3-4. Efecto de Profundización de los Cauces del Lago Gatún en la Capacidad de Almacenamiento del Sistema Hídrico

*EBQ: Espacio Bajo la Quilla

**Todas las elevaciones usan como referencia el PLD

Con esta mejora, la capacidad total del sistema hídrico del Canal sería de aproximadamente 400 MMC adicionales, por año, equivalente a más de 5 esclusajes diarios adicionales.

c. Mitigación de crecidas del lago Gatún

El control de inundaciones y de crecidas en los cauces de navegación del lago Gatún es vital para la operación segura, eficiente e ininterrumpida del Canal. El mecanismo principal de control de crecidas en el lago Gatún es el vertedero de la represa de Gatún, diseñado en 1908. Los estándares internacionales establecen que las represas deben diseñarse para que sus vertederos permitan la descarga segura de la crecida máxima probable, a fin de evitar daños a las instalaciones y no afectar significativamente la operación del sistema.

Utilizando herramientas de simulación elaboradas por expertos internacionales, se concluyó que el vertedero existente en Gatún no es capaz de manejar la crecida máxima probable, por lo que es necesario aumentar la capacidad de vertido. Sin embargo, estudios de la ACP señalaron que no es técnicamente viable modificar el vertedero actual para dotarlo de la capacidad adicional necesaria, por lo que es necesario construir otro vertedero.

Este vertedero estará ubicado en el estribo oeste de la represa de Gatún, en la falda del cerro Gatún, aproximadamente a 1 kilómetro del vertedero actual. Al igual que el vertedero existente, este nuevo vertedero descargará las aguas hacia el cauce del Río Chagres.

3.2.3. Programa de Ampliación del Canal mediante la Construcción de un Tercer Juego de Esclusas

Con el propósito de mantener la competitividad, rentabilidad y los beneficios al país a largo plazo, el Canal de Panamá se ha visto en la obligación de aumentar su capacidad. Otros factores que han impulsado esta expansión son los crecientes volúmenes de carga pronosticados para la ruta del Canal y el aumento en el uso de buques de dimensiones pospanamax, sobre todo en los segmentos clave para el crecimiento del Canal.

Este proyecto es un programa integral de ampliación de la capacidad del Canal, cuyos tres componentes son:

- Construcción de esclusas nuevas con sus correspondientes cauces de navegación.
- Mejoras a los cauces de navegación existentes.
- Implementación de un programa de suministro y ahorro de agua.

Este proyecto permitirá que por el Canal transiten buques portacontenedores que transportan el doble de la carga que pueden transportar los buques Panamax que utilizan las esclusas existentes. Por su parte, el Canal manejará mayor volumen de carga y menor número de tránsitos, potenciando así la capacidad total del sistema. En pocas palabras, tanto el Canal como sus usuarios se beneficiarán de las economías de escala.

3.2.3.1. Construcción del Tercer Juego de Esclusas

El proyecto consiste en dos complejos de esclusas de tres cámaras o niveles cada uno. Un complejo estará 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 Miraflores. Cada complejo incluye nuevos cauces de navegación que las integran al sistema de cauces de navegación existente.

Además, las esclusas incluirán un sistema de tres tinas de reutilización de agua por cada cámara de esclusas (ver *ilustración 3-5*). Las tinas de reutilización de agua será



Ilustración 3-5. Configuración del tercer juego de esclusas

ubicada en el Atlántico al lado este de la esclusas y, en el Pacífico, al oeste de la esclusa.

Las esclusas utilizarán compuertas rodantes, con un sistema de llenado y vaciado por gravedad a través de conductos (alcantarillas) internos y aperturas en los muros laterales de las cámaras.

A diferencia de las esclusas actuales, estas esclusas usarán remolcadores para el posicionamiento y maniobra de buques dentro de las cámaras, en lugar de locomotoras.

A continuación se describen la configuración y componentes de las nuevas esclusas:

a. Dimensiones de las cámaras de las esclusas

Las dimensiones de las nuevas esclusas serán de 55 metros de ancho por 427 metros de largo por 18.3 metros de profundidad mínima, lo cual permitirá el manejo de buques con las siguientes dimensiones máximas: eslora de 366 m, manga de 49 m y calado de 15 m en ADT (ver *ilustración 3-6*). El buque modelo ha sido identificado como el buque portacontenedores pospanamax de mayor tamaño que utilizarían los navieros rutinariamente en las rutas de mayor frecuencia, volumen e intensidad por el Canal, con capacidad de cargar hasta 12,000 TEUs.

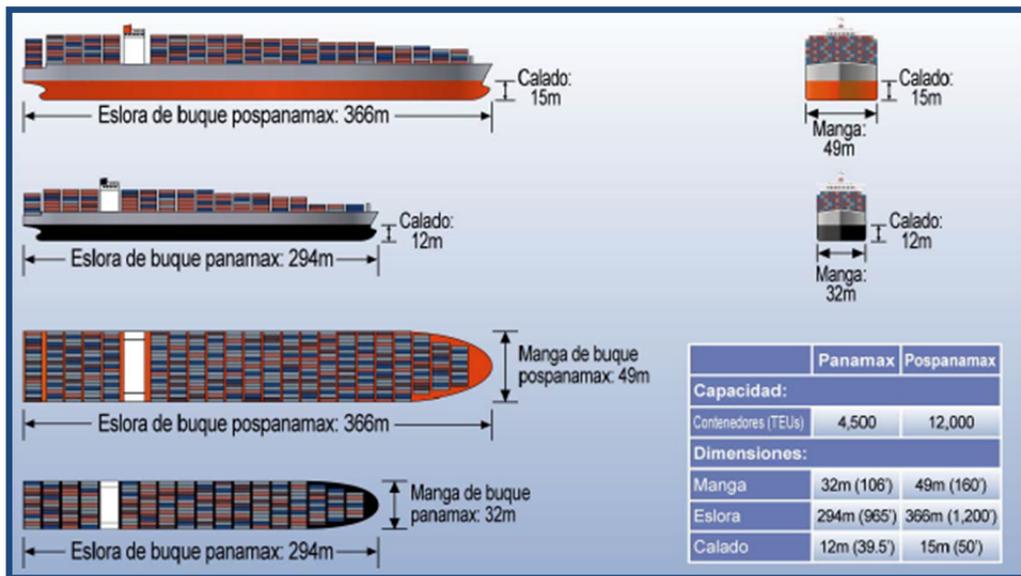


Ilustración 3-6. Comparación entre Buques Portacontenedores Panamax y Pospanamax.
Fuente: ACP

b. Compuertas rodantes

Las compuertas de las esclusas son uno de los componentes más críticos en la construcción y operación de las esclusas, ya que 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.

Las nuevas esclusas contarán con dos compuertas rodantes en cada extremo de cada una de las cámaras o escalones. Las compuertas rodantes funcionan desde un nicho anexo y perpendicular a la cámara de la esclusa. Esta configuración de compuertas hace de cada nicho un dique seco, lo cual permite hacer trabajos de mantenimiento a la compuerta en su sitio sin que tengan que ser removidas y sin mayor interrupción del funcionamiento de la esclusa. De esta forma, la nueva esclusa podría seguir operando con las compuertas de respaldo durante los trabajos de mantenimiento, permitiendo aumentar la capacidad y flexibilidad de la operación de esclusaje.

c. Posicionamiento de buques en las esclusas mediante remolcadores

Luego de que la ACP evaluara y comparara múltiples sistemas para el posicionamiento de los buques, determinó que para el tercer juego de esclusas no sería factible el uso de locomotoras debido a la cantidad y capacidad de las locomotoras que serían necesarias para maniobrar con seguridad los buques de dimensiones Panamax. Por ejemplo, se necesitarían entre 12 y 16 locomotoras, de mayor tamaño que las actuales, para maniobrar un buque de estas dimensiones y peso en la nueva esclusa.

En lugar de utilizar locomotoras, los buques serán posicionados en las nuevas esclusas mediante el uso de remolcadores. Este sistema, operando en relevos, necesitaría 9 remolcadores en el Pacífico y 8 en el Atlántico. El sistema de posicionamiento de buques mediante remolcadores constituye tecnología probada con amplia disponibilidad de fabricantes, componentes y repuestos y, además, constituye una extensión natural de las operaciones de la flota de remolcadores del Canal.

d. Tinas de reutilización de agua (ver sección 3.2.3.3)

e. Ubicación y Canales de acceso de las nuevas esclusas

El complejo de esclusas pospanamax del Pacífico se ubicará al oeste de las esclusas de Miraflores y el complejo de esclusas pospanamax del Atlántico se ubicará al este de las esclusas de Gatún (ver *ilustración 3-7*).

La nueva esclusa del Pacífico estará conectada con el extremo sur del Corte Culebra, por medio de un cauce de 5.8 kilómetros de longitud, que circunvala el lago Miraflores. Un cauce adicional, hacia el sur, de 1.3 kilómetros, conectará la esclusa con la entrada de mar existente.

La esclusa del Atlántico incluye un cauce de acceso de 3.2 kilómetros de largo que conectará con la entrada del mar actual.

Los nuevos cauces serán de 218 m de ancho en las rectas, lo que permitirá el tráfico, en una sola dirección, de buques pospanamax con las siguientes dimensiones: manga de 46.3 metros, eslora de 366 metros y calados máximos variables, de hasta 15.2 metros ADT con un nivel del lago de 25.9 metros.

La diferencia entre la manga máxima que permitirán las esclusas y la que permitirán los cauces de navegación, se debe principalmente a que los cauces de navegación pueden ser adaptados, a través del tiempo, para manejar buques de mangas

mayores. Sin embargo, las esclusas no pueden variar sus dimensiones y por ende deben ser diseñadas para el buque de mayor tamaño.

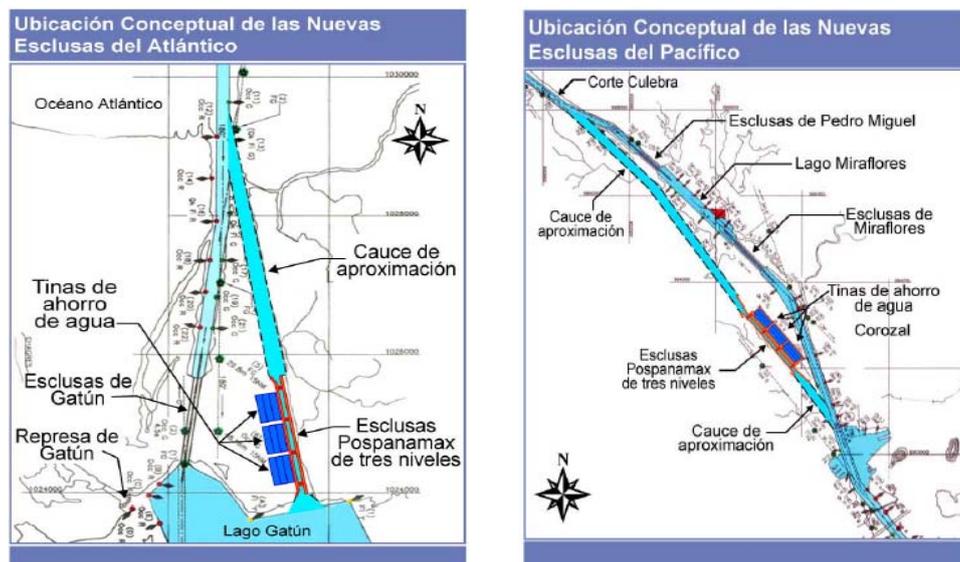


Ilustración 3-7. Localización de las nuevas esclusas y sus cauces de navegación

3.2.3.2. Mejoras a los cauces de navegación existentes

Los cauces de navegación se dividen en tres categorías: cauces de entradas al Atlántico y Pacífico, 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. Estas restricciones operativas tienen un impacto negativo sobre la flexibilidad operativa del Canal.

Con el propósito de reducir estas restricciones, y por consiguiente, aumentar la capacidad operativa del Canal, la ACP ha contemplado en el proyecto de ampliación la profundización y ensanche de los cauces de navegación existentes.

Por un lado, se profundizarán los cauces de navegación del Corte Culebra y del Lago Gatún 1.2 metros, hasta el nivel de 9.2 metros PLD, así como los cauces de navegación de las entradas de mar en ambos extremos del Canal.

Esto permitirá el tránsito de buques con un calado máximo de 14.0 metros en agua dulce tropical (ADT), equivalente a 13.5 metros en agua salada tropical (AST), con un nivel operativo del lago de 24.7 metros o más, guardando un espacio bajo la quilla de 1.52 metros. No obstante, cabe la posibilidad de poder brindar calados de hasta 15.2 metros en ADT (14.8 metros en AST), dependiendo del nivel operativo del lago Gatún.

Por otro lado, se ampliará el ancho del Corte Culebra a 218 metros, el mismo ancho de los cauces de acceso a las nuevas esclusas pospanamax, a fin de que puedan transitar buques de hasta 46.3 metros de manga, en una sola dirección.

De igual forma, los cauces de navegación de las entradas del mar y la bordada de Gamboa serán ensanchados a 225 metros, así como las rectas del lago Gatún a un mínimo de 280 metros y las curvas del cauce de navegación del lago Gatún a un ancho mínimo de 366 metros. Permitiendo así el encuentro de buques de dimensiones mayores que Panamax en sentidos opuestos

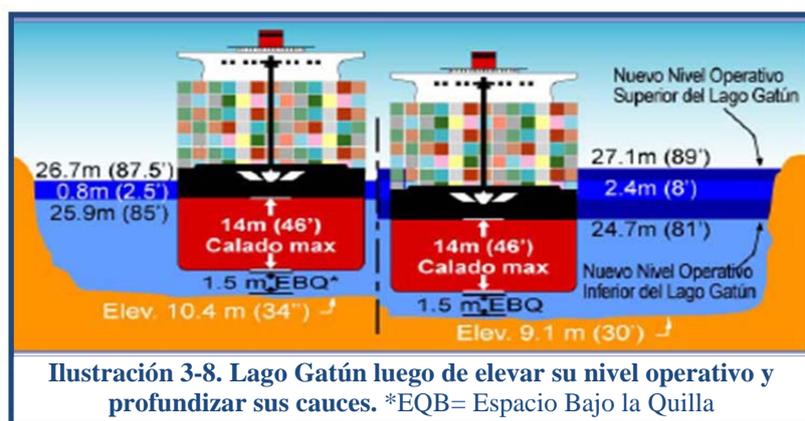
3.2.3.3. Programa de suministro y ahorro de agua

Este programa tiene dos objetivos principales: 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; y brindar calados atractivos con altos niveles de confiabilidad durante todo el año a los buques pospanamax que utilicen la vía.

Para ello, este programa incluye dos proyectos específicos: (a) profundización y aumento del nivel operativo y; (b) la introducción de un sistema de reutilización de agua mediante el uso de tinas paralelas a las cámaras de las esclusas.

a. Profundización y Elevación del nivel operativo máximo del lago Gatún

Mediante este proyecto, se elevará el nivel máximo de operación del lago Gatún en aproximadamente 0.45 metros, del nivel actual de 26.7 metros PLD al nivel 27.1 metros PLD; y se profundizará sus cauces de 10.4 metros PLD a 9.1 metros PLD. La combinación de este proyecto con el de profundización de los cauces de navegación, incrementará la capacidad de almacenamiento de agua del lago Gatún (ver *ilustración 3-8*). Esto le permitirá al sistema hídrico del Canal suministrar, en promedio, 165 millones de galones de agua adicionales por día. Este volumen de agua adicional es suficiente para efectuar un promedio de aproximadamente 1,100 esclusajes adicionales por año sin afectar la disponibilidad de agua para consumo de la población.



b. Tinas de reutilización de agua

Cada cámara de las nuevas esclusas estará dotada de tres tinas laterales para la reutilización del agua, lo que suma nueve tinas por complejo de esclusas y 18 tinas en total.

Las tinas son estructuras de almacenamiento de agua adyacentes a las cámaras de las esclusas y conectadas a éstas mediante alcantarillas reguladas por válvulas de paso para mover el agua en ambas direcciones, por gravedad, sin necesidad de bombas (ver *ilustración 3-9*). Estas tinas almacenarán temporalmente el agua proveniente de las cámaras de las esclusas, contrario a las esclusas actuales, en las cuales el agua luego de utilizada para los esclusajes es vertida al mar.

La cantidad de tinas por cada cámara de la esclusa determina cuánta agua se utiliza en cada esclusaje. La utilización de agua con esclusas de tres niveles sin tinas sería de 0.48 MMC, y con tres tinas sería de 0.19 MMC, según los estudios realizados por la ACP.

De acuerdo a la ACP, estas tinas reducirán en 60% la cantidad de agua que se utilizará para cada esclusaje, comparado con lo que utilizarían si no se construyeran las tinas. Es decir, que las nuevas esclusas con tres tinas de reutilización de agua utilizarán 7% menos agua que las esclusas existentes por cada tránsito.

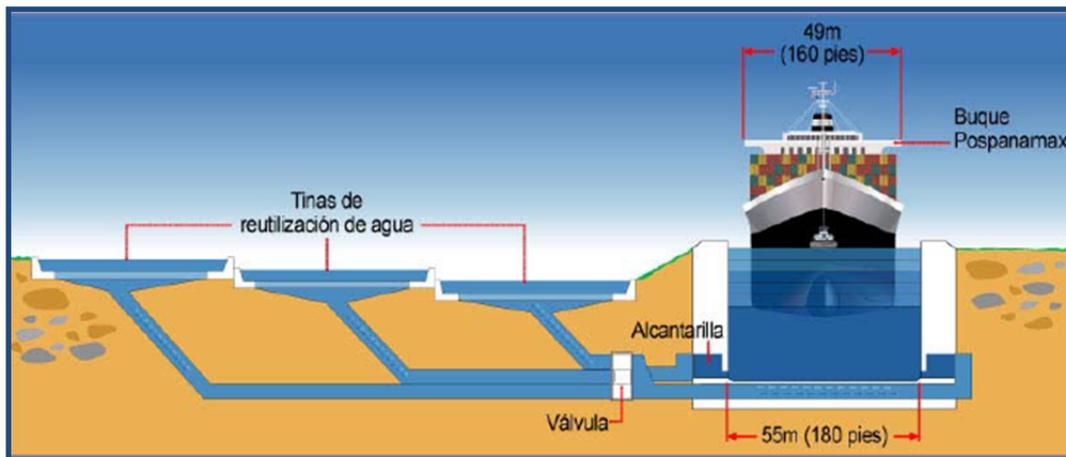


Ilustración 3-9. Sección transversal del nuevo complejo de esclusas, con tinas de reutilización de agua.



CAPÍTULO
4

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL CANAL DE PANAMÁ

El análisis de la capacidad futura del Canal es un elemento clave para cumplir con las expectativas del mercado, ya que, mediante el estudio de una serie de factores físicos y operativos críticos, permite estimar su potencial en términos de capacidad y de nivel de servicio a los clientes.

Éste análisis, basado en el rendimiento y demanda histórica del Canal, permitió determinar los factores físicos y operativos que afectan la capacidad del Canal, el grado de influencia de estos factores, y lo más importante: determinar la capacidad futura del Canal estimada, considerando diversos factores.

Cabe resaltar que el análisis se enfoca en la capacidad desde el punto de vista de las operaciones de tránsito de buques específicamente, para lo cual se estudiaron los principales componentes del Canal descritos en los Capítulos 2 y 4.

Por otra parte, el análisis supone que los recursos requeridos para el tránsito por el Canal (agua, personal, suministros, materiales, combustible y energía eléctrica) serán proporcionados de manera suficiente y que la mezcla de buques que transiten por las esclusas Panamax, antes y después de las mejoras, será proporcionalmente igual.

El capítulo a continuación, tiene como principal objetivo identificar los factores que afectan la capacidad operativa del Canal actual y su respectivo grado de incidencia. Posteriormente, comparará la capacidad operativa del Canal ampliado con el actual bajo dos escenarios: (1) utilizando la tecnología del Canal actual y (2) utilizando la tecnología y mejoras propuestas.

La capacidad del Canal no se puede definir sólo términos de la cantidad máxima de buques que pueden transitar por él diariamente, ya que ésta varía significativamente en función de la combinación del tamaño y tipo de buque que desea transitar.

Además de las dimensiones y características del buque, existen otros factores que afectan la capacidad máxima del Canal. Por ejemplo, la geografía, que incluye la configuración física de cauces y esclusas, las restricciones operacionales que imponen el horario, como la noche, los trabajos de mantenimiento y ciertos eventos climáticos, como neblina y lluvias.

Si no tuviéramos en cuenta estos factores y el servicio se brindara ininterrumpidamente, el Canal de Panamá tendría una capacidad máxima de 60 tránsitos al día, es decir aproximadamente 21,900 tránsitos al año, de acuerdo al *Plan Maestro del Canal de Panamá* (2006).

Sin embargo, en el AF 2012, el Canal de Panamá registró un total de 14,544 tránsitos, equivalente a un promedio de 40 tránsitos diarios.

Los factores que influyen en la capacidad de tránsitos del Canal de Panamá se dividieron en cinco partes:

- a. Mezcla de Buques y restricciones de Navegación
- b. Modo de operación y tiempos de esclusaje
- c. Factores Climáticos
- d. Trabajos de mantenimiento
- e. Rendimiento hídrico

Todos estos factores representan un reto al Canal para ofrecer a sus usuarios un tránsito expedito, confiable y seguro.

4.1. CAPACIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ EN SU CONFIGURACIÓN ACTUAL

En esta primera parte, se describirá cada uno de los factores arriba mencionados y cómo afectan la capacidad del Canal de Panamá en su configuración actual, en función del número de tránsitos.

4.1.1. Mezcla de buques y restricciones de navegación

La mezcla de buques es la cantidad de buques por categoría de tamaño, características y segmentos de mercado que solicitan transitar por el Canal, ya sea rumbo al Atlántico o al Pacífico. Este factor es considerado uno de los más importantes, ya que dependiendo de estas tres variables, se le asignan al buque o no restricciones de navegación durante su tránsito por los cauces y las esclusas.

Las reglas y restricciones de navegación fueron desarrolladas por la ACP con el objetivo de procurar tránsitos seguros por el Canal. Son establecidas en base a la configuración física de las esclusas y los cauces de navegación, restricciones del clima, experiencia de pilotos y características del buque (dimensiones, segmento de mercado,

tipo de carga) entre otros. En resumen, estas reglas definen los procesos de la operación del Canal y la programación y navegación del buque.

El Canal está compuesto por cinco cauces de navegación con características distintas:

1. Cauce que conecta el Océano Pacífico con las esclusas de Miraflores.
2. Cauce del lago Miraflores, entre las esclusas de Miraflores y las esclusas de Pedro Miguel.
3. Cauce del Corte de Culebra, entre las esclusas de Pedro Miguel y Gamboa.
4. Cauce del lago Gatún, entre Gamboa y las esclusas de Gatún.
5. Cauce que conecta las esclusas de Gatún con el Océano Atlántico. Cada cauce está compuesto por bordadas que, debido a su configuración particular, requieren diferentes reglas de navegación, las cuales a veces son únicas para cada tipo de buque.

Las características físicas de los cauces que afectan la capacidad del Canal son: el ancho de las rectas y curvas, la profundidad del cauce, la configuración y proximidad de las riberas y bancos, así como la cantidad, proximidad y desviación de las curvas. Estas características establecen los parámetros de cuán rápido pueden navegar los buques a través de cada uno de los cauces, qué tipo de buques pueden navegar en ellos con luz del día, qué distancias mínimas deben existir entre buques y qué combinaciones de buques y tipos de cargas pueden encontrarse, en cada cauce.

Al no ser el Canal un cauce expedito, como lo sería, por ejemplo, un estrecho natural o el mar abierto, los buques más grandes y aquellos con menor maniobrabilidad requieren condiciones especiales para transitar y, por consiguiente, necesitan más tiempo que los buques pequeños para hacerlo.

En el caso del Canal de Panamá, el 95% de los buques *Super* (con manga superior a 27.7 metros e inferior a 32.3 metros) tiene que transitar por el Corte Culebra de día y en una sola dirección debido a las restricciones de navegación. Según las estadísticas de tráfico de la ACP, el 58% de los buques que transitaron el Canal correspondían a la categoría de dimensiones *Super*.

Debido a la creciente demanda de buques más grandes con mayores restricciones que transitan principalmente en el periodo diurno, Canal tiene menor holgura operativa de día que de noche.

En los últimos años, se ha dado un incremento en las dimensiones de los buques, principalmente en los buques del segmento de portacontenedores. En la ruta de Panamá, este segmento encabeza la lista del total de tránsitos del Canal de Panamá por segmentos de mercado, con un 28.8% del total de tránsitos de alto calado registrados en el AF 2012 (12, 862 buques). Ver *Tabla 4-1* y *Gráfico 4-1*.

Los operadores de buques portacontenedores utilizan el buque más grande que pueda transitar por el Canal, con el fin de disminuir sus costos unitarios por contenedor y maximizar así las reducciones de costo que les ofrecen las economías de escala.

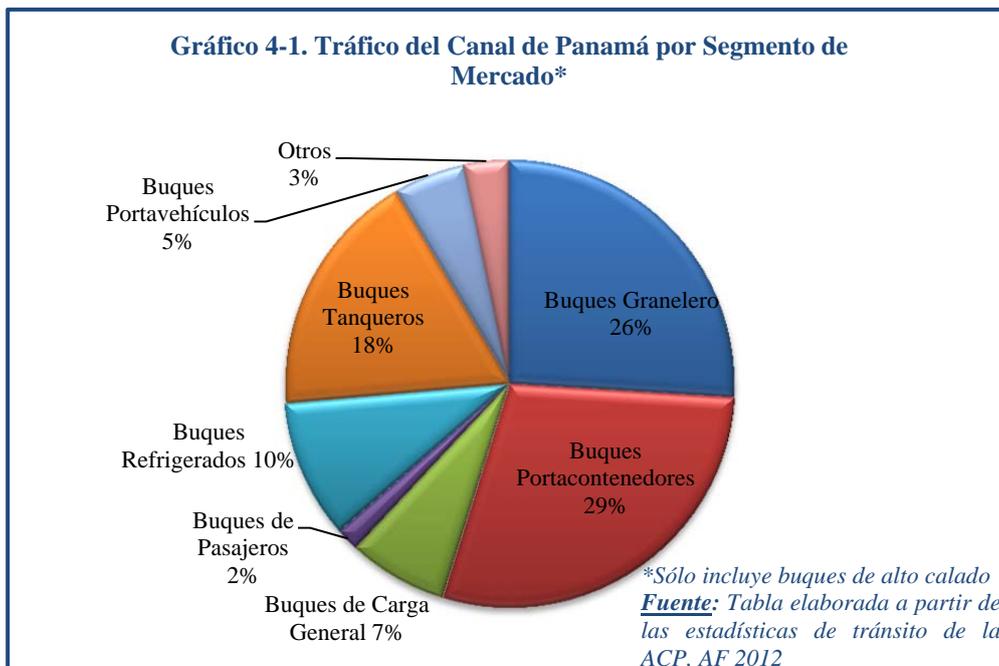
Esto ha generado un continuo aumento del tonelaje CPSUAB que transita por el Canal y una reducción en la cantidad de tránsitos en general. Sin embargo, ha generado un incremento en el porcentaje de buques de dimensiones Panamax que transitan por el Canal.

Tabla 4-1. Tráfico del Canal de Panamá por Segmento de Mercado*

Segmentos del Mercado	Total de Tránsitos			Tránsitos 2012 (%)
	2012	2011	2010	
Buques Granelero	3.340	3.292	3.064	26,0%
Buques Portacontenedores	3.709	3.631	3.419	28,8%
Buques de Carga General	917	943	834	7,1%
Buques de Pasajeros	211	225	225	1,6%
Buques Refrigerados	1.291	1.684	1.925	10,0%
Buques Tanqueros	2.300	2.308	2.233	17,9%
Buques Portavehículos	671	634	608	5,2%
Otros	423	271	283	3,3%
Total de Tránsitos	12.862	12.988	12.591	

*Sólo incluye buques de alto calado

Fuente: Tabla elaborada a partir de las estadísticas de tránsito de la ACP, AF 2012



De acuerdo al Informe Anual del Canal de Panamá 2012, publicado por la ACP, el tránsito de buques Panamax representó el 56.3% de tránsitos de alto calado, un incremento del 3% comparado con el 53.3% del AF 2011. Esta cifra equivale a 49.8% del total de tránsitos registrados para el 2012, incluyendo buques pequeños.

Para evaluar cómo repercuten la mezcla de buques y las restricciones de navegación en la capacidad de tránsitos del Canal actual, se tomó en cuenta la siguiente información proporcionada por el Departamento de Operaciones de la ACP:

- Capacidad máxima del Canal (teórica)	60 buques/día ³
- Capacidad de buques bajo las condiciones (1) y (3)	44 buques/día
- Capacidad de buques bajo condiciones (2) y (3)	38 buques/día

Las capacidades arriba suministradas fueron dadas en base a las siguientes condiciones:

1. El 60% de los buques que transitan el Canal, diariamente, son *Super*. No existen restricciones de navegación.
2. El 60% de los buques que transitan el Canal, diariamente, son *Super*. El 95% de éstos navegan bajo restricciones.
3. Los esclusajes se realizan bajo el modo *Operación de un Cañón* en Gatún y Miraflores, y en modo regular en la esclusa de Pedro Miguel.

A partir de los datos anteriores, podemos concluir lo siguiente:

- a. La mezcla de buques reduce la capacidad máxima del Canal en un 26.7%
- b. Las restricciones de navegación reducen en un 13.6% la capacidad del Canal, tomando en cuenta que la mezcla diaria de buques es: 60% buques *Super* y 40% buques regulares.

De ahora en adelante, se analizará la capacidad del Canal suponiendo que las condiciones (2) y (3) arriba mencionadas se cumplen, ya que es como opera el Canal actualmente.

4.1.2. Modo de operación y tiempos de esclusaje

El tiempo necesario para efectuar un esclusaje es determinado por la configuración física de las esclusas y su equipamiento: los tiempos de operación de las válvulas; la apertura y cierre de las compuertas; y el movimiento del agua por gravedad a través de los conductos, alcantarillas y cámaras de las esclusas. Estos tiempos, conjuntamente con los tiempos operacionales para posicionar el buque en las cámaras, determinan los tiempos y ciclos de operación de las esclusas.

La *Tabla 4-2* indica algunos tiempos de la operación de esclusaje de buques de alto calado para efectos de ilustración.

³ La capacidad teórica del Canal actual supone que los buques que transitan por la vía tienen manga inferior a 27.7 metros y de aproximadamente 24,000 toneladas CPSUAB. Por lo tanto, no tienen ningún tipo de restricciones de navegación. Tampoco toma en cuenta los factores que afectan la capacidad de tránsitos por el Canal.

Tabla 4-2. Tiempo Promedio para los Distintos Componentes de un Esclusaje de Buques de Alto Calado

Componente	Tiempo de Ejecución (minutos)		
	Miraflores	Pedro Miguel	Gatún
Abrir o cerrar compuertas	18	12	24
Llenar o vaciar cámaras	24	12	36
Mover buque entre cámaras	30	0	60
Entrada y salida de buques	60	60	60
Total (minutos)	132	84	180
Total	2hr 12min	1hr 24min	3hr

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)

La Tabla 4-3 resume los tiempos estimados de la operación de esclusaje de buques pequeños.

Tabla 4-3. Tiempo Promedio para los Distintos Componentes de un Esclusaje de Buques Pequeños

Componente	Tiempo de Ejecución (minutos)		
	Miraflores	Pedro Miguel	Gatún
Abrir o cerrar compuertas	12	8	16
Llenar o vaciar cámaras	18	9	27
Mover buque entre cámaras	10	0	20
Entrada y salida de buques	20	20	20
Total (minutos)	60	37	83
Total	1hr	37min	1hr 23min

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)

Estas tablas demuestran que los tiempos de esclusajes varían según las dimensiones del buque. Por lo tanto, los buques de mayores dimensiones tienen mayor tiempo de esclusaje.

El tiempo total del esclusaje también varía según la eficiencia del personal y el modo de operación de las esclusas.

Actualmente, cada carril de las esclusas se puede operar en dos modos de operación: regular y relevo, excepto las esclusas de Pedro Miguel, que sólo pueden operar en modo regular ya que sus dimensiones no permiten el tránsito de dos buques simultáneamente por las cámaras de las esclusas.

En condiciones regulares, la manera más común hoy en día de operar las esclusas de Miraflores y Gatún, con los niveles de tránsitos actuales, es la *Operación de*

un Cañón, en la cual se utilizan esclusajes de relevo en un carril de las esclusas, y esclusajes regulares en el otro.

La Tabla 4-4 muestra una aproximación de los tiempos de esclusajes y de ciclo para cada tipo de esclusaje en cada una de las esclusas, así como sus capacidades asumiendo que se las esclusas de Miraflores y Gatún utilizan la *Operación de un Cañón*.

Tabla 4-4. Tiempo de Exclusajes (minutos) y Capacidad de las Exclusas Existentes para un Buque de Alto Calado

Tipos de Exclusaje Posibles		Miraflores	Pedro Miguel	Gatún
		Regular y Relevo	Regular	Regular y Relevo
Exclusaje Regular	Tiempo de Exclusaje	75	65	120
	Tiempo de Ciclo	85	75	135
Exclusaje Relevo	Tiempo de Exclusaje	80	no aplica	115
	Tiempo de Ciclo	65	no aplica	75
Capacidad de esclusajes diarios (asumiendo el uso de <i>Operación de un Cañón</i> en Miraflores y Gatún; y el tránsito de buques pequeños)		70 esclusajes	60 esclusajes	60 esclusajes
Capacidad de esclusajes diarios (asumiendo el uso de <i>Operación de un Cañón</i> en Miraflores y Gatún; y que el 60% de los buques son <i>Super</i> y navegan sin restricciones)		51 esclusajes	44 esclusajes	44 esclusajes
Capacidad de esclusajes diarios (asumiendo el uso de <i>Operación de un Cañón</i> en Miraflores y Gatún; y que el 60% de los buques navegan bajo restricciones)		44 esclusajes	38 esclusajes	38 esclusajes

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)

Como se observa, el tiempo de ciclo en las esclusas de Gatún y Miraflores es significativamente menor cuando se utiliza el modo de operación de relevo, en comparación con el modo de operación regular. Recordemos que el tiempo de ciclo es el tiempo que transcurre, desde que un buque inicia su paso por la esclusa, hasta que la primera cámara del primer complejo esté lista para recibir al próximo buque. Esto marca una gran diferencia en la capacidad del sistema, ya que determina la cantidad de buques que pueden transitar por las esclusas en un día.

El modo *Operación de un Cañón* permitiría 70 esclusajes diarios en las esclusas de Miraflores y 60 en las esclusas de Gatún, asumiendo que los buques que transitan por el Canal navegan sin restricciones. Por otro lado, si utilizamos este mismo modo, pero considerando que el 60% de los buques que transitan por el Canal navegan bajo restricciones, la capacidad sería la siguiente: 44 esclusajes al día por las esclusas de Miraflores y 38 en las de Gatún. Dado que las esclusas de Pedro Miguel sólo operan bajo el modo regular, su capacidad sería de 38 buques, asumiendo que el 60% del total de tránsitos es restringido.

Como observación interesante, las esclusas de Pedro Miguel y Gatún, a pesar de utilizar modos de operación distintos, presentaron la misma capacidad de buques. Esto se debe a que sus tiempos de ciclo resultaron ser iguales para los modos de operación correspondientes.

A partir de lo anterior, se puede conjeturar que la capacidad del sistema se encuentra limitada por las esclusas de Pedro Miguel y Gatún. Aunque las esclusas de Miraflores tengan mayor capacidad de esclusajes, los buques adicionales congestionarían la esclusa de Pedro Miguel, sin contribuir a aumentar la capacidad total del sistema.

Por otro lado, los tiempos de esclusaje y de ciclo de las esclusas de Miraflores y Pedro Miguel son muy parecidos operando en modo regular. Podríamos asumir entonces que si las dimensiones de la esclusa de Pedro Miguel permitiesen operar bajo el modo *Operación de un Cañón*, tendría capacidad de 44 tránsitos⁴ en lugar de 38 tránsitos diarios. Sin embargo, las esclusas de Gatún limitarían la capacidad a 38 buques bajo las mismas condiciones.

Esto último nos permite deducir que el modo de operación regular en las esclusas reducen la capacidad de tránsito del sistema en un 13.6%. Si se operaran las tres esclusas bajo el modo regular, las esclusas que limitarían el sistema serían las de Gatún con 52 esclusajes para el tránsito de buques sin restricciones, y 33 esclusajes asumiendo que el 60% de los buques que transitan diariamente navegan bajo restricciones.

A continuación, la *Tabla 4-5* resume los impactos de los modos de operación de las esclusas sobre la capacidad del Canal:

Tabla 4-5. Capacidad de Exclujajes de las Exclujas Existentes

Tipos de Exclujaje Posibles		Miraflores	Pedro Miguel	Gatún
		Regular y Relevó	Regular	Regular y Relevó
Tránsito sin Restricciones	Exclujaje Regular	60	60	52
	Exclujaje Un Cañón	70	no aplica	60
Tránsito con Restricciones	Exclujaje Regular	38	38	33
	Exclujaje Un Cañón	44	no aplica	38

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)

⁴ La mezcla de buques es 60% de dimensiones *Super*, no existen restricciones de navegación.

4.1.3. Factores Climáticos

Algunas condiciones climáticas recurrentes, como la niebla en el Corte Culebra, también afectan la capacidad del Canal, aunque puede ocurrir en cualquier momento del año, la mayor ocurrencia de niebla en el Corte Culebra se da durante septiembre, octubre y noviembre, y, típicamente, aparece después de la media noche y se extiende hasta poco después del amanecer. La niebla tiene un impacto tan significativo en la capacidad que, durante periodos de niebla, no permite la navegación en cauces donde la visibilidad sea menos de 305 metros. En consecuencia, esta restricción por falta de visibilidad reduce significativamente la capacidad del Corte Culebra, así como la de la esclusa de Pedro Miguel, pues la misma está ubicada en el extremo sur del Corte Culebra y, para continuar operando, depende de un tráfico constante en el Corte Culebra.

Dado que el Canal difícilmente puede controlar la incidencia de niebla en el Corte Culebra, la ACP ha concretado sus esfuerzos en maximizar la utilización del Corte en los periodos en que es transitable. En este sentido, la estrategia para mitigar el efecto de la niebla, y operar en Canal a su máxima capacidad posible, consiste en continuar transitando buques por las esclusas incluso en periodos de niebla. Los buques que transitan la esclusa de Pedro Miguel se posicionan al norte de la misma, justo antes del Corte Culebra, de forma que estén listos para proseguir su tránsito a través del Corte cuando éste no esté restringido por falta de visibilidad. De esta forma se logra maximizar la utilización de la esclusa de Pedro Miguel.

Anteriormente, en aquellos días que por probabilidad ocurriera niebla, no se programaban buques para transitar por el Corte Culebra desde la 1:00 a.m. hasta las 7:00 a.m., lo cual ocasionaba un periodo de inutilización de siete horas. Si el Canal tiene capacidad para 44 tránsitos de buques sin restricciones de navegación, operando 24 horas ininterrumpidamente, de los cuales el 60% de los buques son de dimensiones *Super*, podríamos calcular, mediante una regla de tres, que por el Canal transitan 13 buques cada siete horas, aproximadamente.

Si el Canal no programara tránsitos durante esas siete horas a causa de la niebla, dejarían de transitar 13 buques, reduciendo así la capacidad del Canal en un 29.5%.

4.1.4. Mantenimiento de las esclusas

Muchos de los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de las esclusas requieren del cierre total o parcial de uno de sus carriles. Siendo el Canal un sistema con tres juegos de esclusas de dos vía, si una vía de un juego de esclusas es cerrada se convierte en un cuello de botella, afectando la capacidad y el nivel de servicio del Canal. A pesar de que estos trabajos se programan con mucha antelación, para realizarse durante los meses con menor tráfico histórico, y de que los clientes son informados con un año de anticipación, es durante estos meses donde se registran los niveles de servicio más deficientes. Esto se debe principalmente a que durante los cierres de vía, la capacidad del Canal se reduce significativamente.

Las interrupciones por mantenimiento se dividen en cuatro tipos:

a. Servicio de alcantarillas seca

Consiste en que una alcantarilla se pone fuera de servicio y el agua dentro de ella es removida para facilitar el mantenimiento. Durante este procedimiento, no se interrumpe el servicio en las dos vía; sin embargo, aumenta el tiempo de llenado y vaciado de las cámaras, lo cual aumento el tiempo de tránsito de los buques.

b. Servicio de cámara seca

En este procedimiento se remueve el agua de las cámaras, a fin de facilitar los trabajos de mantenimiento que, de otra forma, tendrían que realizarse bajo el agua. Éste mantenimiento interrumpe el servicio de tránsito de la vía afectada, por lo tanto, reduce la capacidad de tránsitos.

c. Servicio de vía

Esta operación también paraliza el servicio de tránsito en la vía afectada. No obstante, como no requiere de la remoción del agua en las cámaras, requiere de una duración menor al servicio de cámara seca.

d. Reacondicionamiento de esclusas

Durante esta labor se reparan o reemplazan maquinarias y equipos normalmente sumergidos. Por lo general, requiere vaciar el agua de las cámaras o alcantarillas y realiza preparativos especiales para minimizar el impacto en las operaciones del Canal.

El Canal programa cerca de cinco cierres de vía por mantenimiento al año, los cuales tienen una duración de aproximadamente 7 días cada uno (35 días/año). Durante esos días la capacidad del Canal se reduce a 26 u 28 tránsitos diarios de buques que navegan bajo condiciones regulares. Esto equivale a una reducción del 31.6% de la capacidad del Canal, operando en condiciones regulares (ver *Tabla 4-6*).

Tabla 4-6. Capacidad de Tránsitos de Buques durante los Trabajos de Mantenimiento de las Esclusas

	Tránsito diario			Tránsito anual *		
	Operaciones sin Mantenimiento	Operaciones durante los Mantenimientos	Reducción de capacidad	Operaciones sin Mantenimiento	Operaciones durante los Mantenimientos	Reducción de capacidad
Tránsito sin restricciones	60	41	31,7%	21.900	21.235	3,0%
Tránsito con restricciones	38	26		13.870	13.450	

**El Canal programa cierres de vía 35 días al año, durante los cuales ofrece su capacidad mínima.*

Fuente: *Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)*

Al analizar los impactos que ocasionan los mantenimientos en la capacidad operativa del Canal a gran escala, se encontró que estos disminuyen en un 3,0% el nivel de tránsitos anuales.

4.1.5. Rendimiento hídrico y confiabilidad de calado del sistema de lagos del Canal

El tránsito de buques a través del Istmo de Panamá depende de la disponibilidad de agua dulce, proveniente de los lagos Gatún y Alhajuela, ubicados en la región oriental de la Cuenca del Canal, cuya fuente principal de abastecimiento es el río Chagres. Las principales utilidades de estos dos lagos son suministrar agua para el consumo de la población y almacenar y suministrar el agua que se utiliza para el funcionamiento del Canal.

Por un lado, el lago Gatún, un estanque extenso y de poca profundidad, cuyas funciones son el almacenamiento de agua y servir como cauce de navegación del Canal entre las esclusas de Pedro Miguel y Gatún. Su capacidad para almacenar agua está definida por los niveles máximos y mínimos de operación, que a su vez están definidos por limitaciones físicas. Su nivel máximo de operación está definido por la configuración física de las riberas del embalse, y su nivel mínimo, por el fondo de los cauces de navegación y el calado máximo que el Canal brinda a los buques. A medida que se extrae más agua de este lago, ya sea para el funcionamiento del Canal, o bien, para el consumo de la población, su nivel descende, por lo cual se tendría que ofrecer un menor calado a los buques., afectando la competitividad y el valor de la ruta.

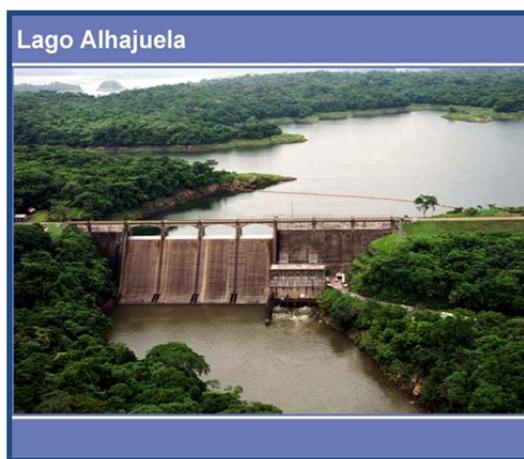


Ilustración 4-1. El lago Alhajuela es la principal reserva hídrica para la generación de agua potable para la ciudad de Panamá

Por otro lado, el lago Alhajuela, tiene tres objetivos principales: proveer agua cruda a la planta potabilizadora de Chilibre, servir de amortiguador para las crecidas súbitas del río Chagres y almacenar agua para suplir los déficit del lago Gatún durante los periodos de escasez (*ilustración 4-1*). Por lo tanto, su volumen utilizable está delimitado entre su ribera (nivel máximo) y el de la toma de agua de la planta de Chilibre (nivel mínimo). Además, durante la transferencia controlada de agua hacia el lago Gatún, se genera electricidad por medio de turbinas hidroeléctricas ubicadas en la represa Madden.

Durante la temporada lluviosa, cuando el régimen de precipitación pluvial excede la capacidad de almacenamiento de los lagos, la ACP aprovecha la abundancia de agua para generar energía hidroeléctrica en la represa de Gatún. Si hay excedente de agua que no puede almacenarse, ésta es vertida de forma controlada al mar por los vertederos de las represas de Gatún o Miraflores para evitar desbordamientos e inundaciones. Claro está, que la generación de energía hidroeléctrica procede luego de

haber garantizado suficiente agua para el consumo de la población y para el funcionamiento del Canal.

Históricamente, el sistema de lagos del Canal ha abastecido la demanda de agua con una confiabilidad volumétrica del 99.6% (porcentaje de volumen de agua necesario que el sistema pudo suministrar). De hecho, los periodos en los que el Canal no pudo ofrecer el calado de 12 metros ADT fueron muy breves y ocasionados por el Fenómeno del Niño, durante los años 1982 a 1983 y de 1997 a 1998. Durante estas sequías, el Canal se vio obligado a restringir por varios meses el calado máximo permitido a los buques en tránsito.

Actualmente, el sistema hídrico de la Cuenca del Canal actual puede proveer hasta un máximo de 9.4 MMC por día, equivalente a 3,431 MMC de agua por año o 45 esclusajes diarios, aproximadamente. Un esclusaje completo (de océano a océano) utiliza un promedio de 0.208MMC de agua dulce.

La región metropolitana extrae de los lagos de la cuenca aproximadamente 370 MMC de agua por año para consumo de la población, es decir, 1MMC de agua por día (equivale a 4.9 esclusajes diarios).

Mediante la *Tabla 4-7*, se sintetiza el consumo de agua anual promedio, tanto para el consumo de la población, y el porcentaje de la capacidad actual que representa cada uno de ellos:

Tabla 4-7. Tiempo Promedio para los Distintos Componentes de un Exclujaje de Buques Pequeños

	Consumo diario (MMC)	Consumo anual (MMC)*	Porcentaje de consumo anual
Operaciones del Canal	7.204	2.885.0	84%
Población	1.014	370.0	11%
Capacidad del Canal	9.400	3,431.0	

**Se asume que se realizan 38 esclusajes diarios, sin interrupciones, 365 días al año.*

***Fuente:** Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)*

Esta tabla indica que actualmente la cuenca hídrica del Canal tiene capacidad suficiente para cubrir las necesidades de consumo de agua de la población y para su funcionamiento. Sin embargo, el *Estudio de Pronósticos de Agua para Consumo e Industrial en el Área Metropolitana*, desarrollado por la compañía Harza Engineering (2001), señala que el Canal, en su configuración actual, carecerá de la capacidad suficiente para suministrar el agua necesaria para el consumo humano y para el funcionamiento del Canal más allá del año 2016.

4.2. CAPACIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ LUEGO DE SU OPTIMIZACIÓN Y DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN

Como fue explicado en el Capítulo 3, la ampliación del Canal se divide en tres grandes proyectos: (1) Programa de mantenimiento y reemplazo; (2) Programa de optimización del Canal actual y (3) Programa de ampliación del Canal mediante un Tercer Juego de Esclusas.

En esta sección, se analizarán cómo las actividades contenidas en el Proyecto de Optimización y en el Proyecto de Ampliación del Canal beneficiarán el funcionamiento y la capacidad operativa del sistema. El impacto que tendrá el programa de mantenimiento sobre las operaciones del Canal no será analizado, puesto que abarca actividades recurrentes de mantenimiento y reemplazo que se realizarán, paulatinamente, entre el año 2005 y 2025.

4.2.1. Capacidad del Canal Optimizado

En esta sección, se analizará la capacidad operativa del Canal luego de finalizado el programa de optimización.

Este programa tiene como propósito maximizar la utilización diurna y nocturna de las esclusas, así como mejorar los equipos y sistemas operaciones, y la seguridad y confiabilidad de calado.

4.2.1.1. Maximización nocturna y diurna de las esclusas

Para incrementar la utilización nocturna de las esclusas se propuso, por una parte, la implementación de cambios operacionales que extenderán el tiempo durante el cual se permiten los esclusajes para buques que sólo puedan transitar durante el día por las esclusas y, por otra, la implementación de un sistema mejorado de iluminación en las esclusas (ver *ilustración 4-2*).

Para maximizar la utilización de las esclusas del Pacífico, se propuso un programa de dos fases. Como primera fase, el enderezamiento del Corte Culebra para facilitar la navegación y cumplir con los requisitos de seguridad sobre la visibilidad de la navegación. Como segunda fase, el ensanche del Corte Culebra para permitir encuentros de buques Panamax.

La implementación de estas mejoras tendría como resultado el relajamiento o, inclusive, la completa eliminación de algunas restricciones operativas que actualmente limitan el Canal. Esto permitiría extender los periodos de tránsito diurno para los buques que tienen restricciones.



Ilustración 4-2. Nuevo sistema de iluminación HML (*High Mast Light*)

De acuerdo al Plan Maestro del Canal de Panamá (2006), con estas mejoras, más del 90% de los buques podrán transitar por las esclusas las 24 horas al día, resultando en un aumento de aproximadamente cuatro tránsitos al día. Es decir, que podrán transitar por el Canal alrededor de 42 buques diariamente. Por consiguiente, las restricciones de navegación seguirían afectando la capacidad del Canal, pero en un 4.6% de la capacidad mínima que permite la mezcla de buques en la cual 60% son buques *Super* (44 buques diarios).

A partir de este programa, las condiciones de operaciones regulares serían las siguientes:

1. Se descartan las interrupciones ocasionadas por factores climatológicos o de mantenimiento;
2. El 60% de los buques que transitan el Canal, diariamente, son *Super*;
3. El 90% de los buques *Super* transitan por el Canal sin restricciones de navegación; y
4. Los esclusajes se realizan bajo el modo *Operación de un Cañón* en Gatún y Miraflores, y en modo regular en la esclusa de Pedro Miguel.

4.2.1.2. Mejora de la seguridad y nivel de servicio de calado

Los demás programas contemplados en este proyecto no impactan la capacidad del Canal en función de la cantidad de tránsitos; sin embargo, considero de gran importancia el programa de mejora de la seguridad hídrica y la confiabilidad de calado, ya que mediante la profundización del cauce de navegación del lago Gatún, la capacidad total del sistema hídrico del Canal sería de aproximadamente 400 MMC adicionales, por año, equivalente a más de 5 esclusajes diarios adicionales. En otras palabras, aumentaría la capacidad hídrica de la cuenca del Canal en un 11.7% con respecto a la capacidad actual.

4.2.2. Capacidad del Tercer Juego de Esclusas

En esta parte, se analizará la capacidad operativa del tercer juego de esclusas del Canal de Panamá, a partir del estudio de los factores que influyen en el número de tránsitos diarios por el Canal.

4.2.2.1. Mezcla de buques y restricciones de navegación

De acuerdo al Plan Maestro del Canal de Panamá, desarrollado por la ACP en el 2006, basado en el resultado de proyecciones y simulaciones de la capacidad del Canal, el Canal mejorado tendrá una capacidad máxima de 340 millones de toneladas CPSUAB al año y, ampliado, una capacidad 600 millones de toneladas CPSUAB.

Es decir, que el tercer juego de esclusas pospanamax tendrá capacidad para manejar la diferencia de tonelaje entre estas dos grandes cifras: 260 millones de toneladas CPSUAB anualmente.

Al igual que en las esclusas actuales, la capacidad operativa de las nuevas esclusas, en función de la cantidad de tránsitos, dependerá de varios factores, entre ellos, el más importante: la mezcla de buques.

Para evaluar cómo repercute la mezcla de buques y las restricciones de navegación en la capacidad de tránsitos del Canal actual, se tomó en cuenta la siguiente información extraída del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006):

- Capacidad máxima del tercer juego de esclusas (teórica)	30 buques/día ⁵
- Capacidad de buques bajo la condición (1) y (3)	15 buques/día
- Capacidad de buques bajo la condición (2) y (3)	12 buques/día

Para calcular estas capacidades se asumieron las siguientes condiciones:

1. El 100% de los buques que transiten las esclusas pospanamax, diariamente, serán buques de dimensiones Panamax, con capacidad promedio de 47,600 CPSUAB (3,500 TEUs). Transitan sin restricciones.
2. El 17% de los buques que transiten las esclusas pospanamax, diariamente, serán buques de dimensiones pospanamax, con capacidad promedio de 109,000 CPSUAB (8,000 TEUs); mientras que el resto serán buques Panamax, con capacidad promedio de 47,600 CPSUAB (3,500 TEUs). Los buques pospanamax transitarán por el Canal bajo restricciones de navegación.
3. Los esclusajes se realizan en el modo de operación relevo.

A partir de los datos anteriores, se puede deducir que cuánto más grande sean los buques que transiten por las nuevas esclusas, menor será la capacidad operativa de las mismas.

De ahora en adelante, se analizará la capacidad de las nuevas esclusas asumiendo que se cumplen las condiciones (2) y (3) arriba mencionadas.

4.2.2.2. Modo de operación y tiempos de esclusaje

Como se mencionó en la Sección 4.1.2, el tiempo de esclusaje es determinado por la configuración física de las esclusas y su equipamiento, y por los tiempos operacionales requeridos para posicionar un buque en las cámaras.

Las nuevas esclusas contarán con nuevas tecnologías que le permitirán ser más eficientes que las esclusas actuales, reduciendo los tiempos de esclusaje y de ciclo. En primer lugar, dispondrá de compuertas rodantes, las cuales tardarán menos tiempo en ser cerradas o abiertas; en segundo lugar, los buques se posicionarán en las esclusas con la ayuda de remolcadores en lugar de locomotoras.

La *Tabla 4-8* muestra algunos tiempos de la operación de esclusaje de buques pospanamax para efectos de ilustración.

⁵ La capacidad teórica del Canal actual supone que los buques que transitan por la vía tienen manga inferior a 27.7 metros y de aproximadamente 24,000 toneladas CPSUAB. Por lo tanto, no tienen ningún tipo de restricciones de navegación. Tampoco toma en cuenta los factores que afectan la capacidad de tránsitos por el Canal.

Tabla 4-8. Tiempo Promedio para los Distintos Componentes de un Esclusaje de Buques Pospanamax en el Tercer Juego de Esclusas

Componente	Tiempo de Ejecución (minutos)
Abrir y cerrar compuertas	16
Llenar o vaciar cámaras	42
Mover buque entre cámaras	20
Entrada y salida de buques	20
Total (minutos)	98
Total	1hr 40min

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del estudio “Evaluación de la Factibilidad de un Sistema de Posicionamiento de Buques Asistidos por Remolcadores”, realizado por la ACP en el 2003.

Tabla 4-9. Comparación de los Tiempos Promedio para los Distintos Componentes de un Esclusaje de las Esclusas Panamax con las Esclusas Pospanamax (buques de alto calado)

Componente	Tiempo de Ejecución (minutos)		Diferencia de tiempo (minutos)
	Esclusas Panamax (Gatún)	Esclusas Pospanamax	
Abrir o cerrar compuertas	24	16	10
Llenar o vaciar cámaras	36	42	6
Mover buque entre cámaras	60	20	40
Entrada y salida de buques	60	20	40
Total (minutos)	180	84	
Total	3hr	1hr 40min	

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del Plan Maestro del Canal de Panamá (2006) y del estudio “Evaluación de la Factibilidad de un Sistema de Posicionamiento de Buques Asistidos por Remolcadores”, realizado por la ACP en el 2003.

En la *Tabla 4-9* se comparan los tiempos para los distintos componentes de esclusajes en las esclusas Panamax con los tiempos de los componentes en las esclusas pospanamax. En el caso de las esclusas Panamax, se eligió las esclusas de Gatún ya que ésta tiene tres niveles, al igual que las nuevas esclusas.

En la última columna aparecen los minutos de diferencia entre los componentes de ambas esclusas. Como se observa, los tiempos requeridos para abrir/cerrar compuertas, para mover buques entre cámaras y para entrar y salir a las esclusas, son inferiores en las esclusas pospanamax. Esto se debe principalmente al uso de remolcadores en lugar de locomotoras.

Con respecto a los tiempos de llenado y vaciado de las cámaras, estos son mayores en los esclusajes de buques pospanamax puesto que se requiere mayor

volumen de agua. No obstante, la diferencia es sólo de 6 minutos más, en comparación con las esclusas actuales.

En total, la nueva tecnología representa un ahorro de 1 hora y 20 minutos en los tiempos de esclusajes.

Por otro lado, la ACP prevé que el modo de operación de las esclusas sea relevo, a fin de maximizar la capacidad de las esclusas. El modo de operación regular sólo se utilizará cuando la demanda de tránsitos sea baja.

La *Tabla 4-10* muestra una aproximación de los tiempos de esclusajes y de ciclo para las nuevas esclusas cada tipo de esclusaje en cada una de las esclusas

Tabla 4-10. Tiempo de Exclusaje y de Ciclo de las Nuevas Exclusas (minutos) para buques Pospanamax

Tipos de Exclusaje Posibles		Tiempos aproximados (minutos)
Exclusaje Regular	Tiempo de Exclusaje	161
	Tiempo de Ciclo	176
Exclusaje Relevo	Tiempo de Exclusaje	161
	Tiempo de Ciclo	104

Fuente: Tabla elaborada a partir de información obtenida del estudio “Evaluación de la Factibilidad de un Sistema de Posicionamiento de Buques Asistidos por Remolcadores”, realizado por la ACP en el 2003.

Como se observa, el tiempo de ciclo es significativamente menor cuando se utiliza el modo de operación de relevo, en comparación con el modo de operación regular. El modo de operación de relevo permite maximizar la capacidad de las esclusas, es por ello, que lo hemos incluido en los supuestos para analizar la capacidad operativa de las nuevas esclusas, aunado al hecho de que la ACP prevé la utilización de este método.

De acuerdo con el análisis que realizamos para las esclusas actuales, el modo de operación regular reduce la capacidad de tránsito del sistema en un 13.6%. Si las nuevas esclusas tienen capacidad para 12 tránsitos diarios, asumiendo que los esclusajes se realizan en relevo, entonces la capacidad operativa se reduciría a 10 buques si en los esclusajes se utilizara el modo regular.

4.2.2.3. Factores Climáticos

Tal como se mencionó en la Sección 4.1.3, la niebla en el Corte Culebra es el factor climático que más impacta la capacidad del Canal, por causar restricciones de visibilidad.

Dado que el Corte Culebra formará parte de los cauces de navegación del nuevo complejo de esclusas, la niebla afectará la capacidad operativa de éstas de la misma forma que afecta la capacidad del Canal actual.

Actualmente la ACP programa tránsitos durante las horas que por probabilidad ocurriera niebla. Sin embargo, ha considerado restringir el tránsito de buques pospanamax por el Corte Culebra desde la 1:00 a.m. hasta las 7:00 a.m. los días que por probabilidad ocurriera niebla, a fin de asegurar la seguridad de la vía.

A pesar de esta restricción, la capacidad del Canal no se verá afectada ya que durante estas horas podrán transitar buques Panamax o de menores dimensiones, y el tránsito de buques pospanamax será programado en horas en las que la niebla no afecte las operaciones.

4.2.2.4. Mantenimiento de las esclusas

El uso de compuertas rodante tendrá un impacto menor en la capacidad de la esclusa. Esto se debe a que el mantenimiento de las compuertas rodantes podrá realizarse en los nichos de las compuertas, sin que éstas tengan que ser removidas. Además, mientras la primera compuerta se encuentre en mantenimiento, se utilizará la compuerta secundaria (ver *ilustración 4-3*).

Por lo tanto, el mantenimiento de las compuertas no afectará los esclusajes y, por ende, la capacidad del sistema.

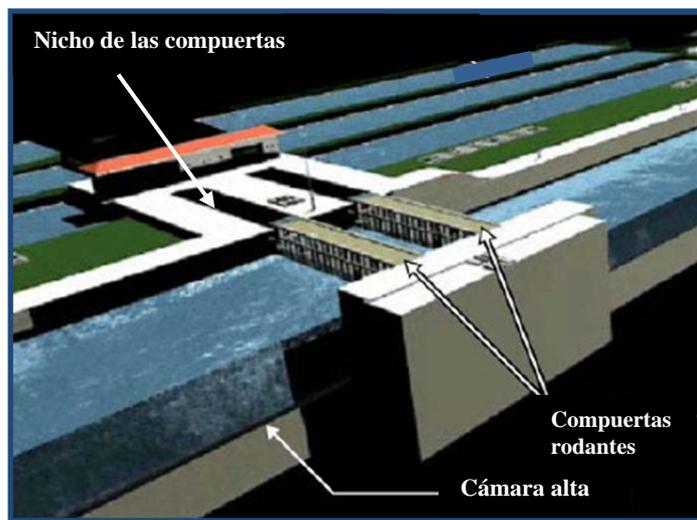


Ilustración 4-3. Sistema de compuertas rodantes del tercer juego de esclusas del Canal de Panamá.

Fuente: Plan Maestro del Canal de Panamá (2006)

Si se hubiesen utilizado compuertas de inglete, como las actuales, la capacidad del tercer juego de esclusas se vería reducida significativamente durante los cierres de vía por mantenimiento, puesto que el nuevo complejo de esclusas sólo es de una vía. Por ejemplo, si el complejo de esclusas del Atlántico es cerrado por mantenimiento, no sería factible programar tránsitos por las esclusas del Pacífico, ya que esto crearía un cuello de botella en las esclusas Panamax del Pacífico. Sumado a ello, no podrían transitar buques pospanamax durante esos días.

4.2.2.5. Rendimiento hídrico y confiabilidad de calado del sistema de lagos del Canal

El Canal ampliado con un tercer juego de esclusas pospanamax apareja necesidades de agua que excederán la capacidad hídrica del sistema de la Cuenca hidrográfica del Canal optimizado.

Es por ello que en el proyecto de ampliación del Canal se incluyó un programa de suministro y ahorro de agua que permita satisfacer holgadamente la demanda de consumo de agua de la población y para las operaciones del Canal.

Éste programa tiene tres principales propósitos:

1. Aumentar el rendimiento hídrico del sistema optimizado.
2. Reducir las necesidades de agua mediante sistemas de ahorro.
3. añadir fuentes de agua adicionales.

Para el primer propósito, se profundizará el cauce de navegación del lago Gatún; para el segundo, se implementarán tinas de reutilización de agua y, para el tercero, se aportará agua adicional de otras cuencas.

A continuación se explica cómo incrementará la capacidad del Canal cada uno de estos proyectos.

1. Subir el nivel del lago Gatún a 27.1 metros PLD

Una de las formas más eficientes de aumentar la capacidad de almacenamiento del lago Gatún (ver *ilustración 4-4*) es elevar su nivel máximo de operación, pues con esto se aumentaría el volumen de almacenamiento efectivo del lago.

Este proyecto incrementaría entre 3 y 5 esclusajes adicionales por día la capacidad del sistema hídrico actual.



Ilustración 4-4. El lago Gatún es la principal reserva de agua para el tránsito de buques en el Canal de Panamá

2. Profundización de los cauces de navegación a 9.1 metros PLD

Otra forma de aumentar la capacidad de almacenamiento del lago Gatún es la de profundizar los cauces de navegación. Esto permite que el agua del lago Gatún alcance niveles más bajos sin afectar el calado de los buques que transitan. Esto, a su vez, permite reducir el nivel mínimo de operación del lago, lo cual aumenta su volumen de almacenamiento efectivo.

Este proyecto aumentará la capacidad hídrica del sistema optimizado entre 7 y 10 esclusajes adicionales por día.

3. Tinas de reutilización de agua

El método más efectivo para reducir el consumo de agua de las esclusas pospanamax es el uso de piletas o tinas de reutilización de agua. Las tinas de reutilización de agua son estructuras de almacenamiento de agua, adyacentes a las cámaras de las esclusas, y conectadas mediante alcantarillas reguladas por 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, serían vertidas al mar. El agua almacenada en las tinas sería después revertida a las cámaras de las esclusas durante el proceso de llenado.

La utilización de agua para un esclusaje completo (de océano a océano) a través de las esclusas pospanamax, sin este sistema de tres tinas de utilización, sería de 0.48MMC. La implementación de las tinas de reutilización de agua permitirá el ahorro del 60% de este volumen de agua, utilizando sólo 0.19MMC por esclusaje.

Las esclusas del Canal actual consumen 0.208MMC por esclusaje. Por lo tanto, la utilización de este sistema permitirá que las nuevas esclusas consuman un 7% menos de agua que las esclusas existentes, por cada esclusaje. En otras palabras, las esclusas pospanamax, combinadas con la tecnología de tinas de reutilización de agua, permitirán que por el Canal transiten buques que puedan transportar más del doble de carga que un Panamax, con un consumo de agua menor.

La ejecución de estos tres proyectos es de vital importancia para el abastecimiento de agua para consumo de la población y para las operaciones del Canal. Según los estudios de proyecciones de demanda realizados por la ACP en el 2006, la previsión de demanda en el escenario más probable indica que para el año 2025, se tendrían que extraer del sistema de lagos del Canal un promedio diario de 12.2 millones de metros cúbicos (MMC) de agua por día, incluyendo los esclusajes y la demanda de agua para consumo. Este volumen de agua supera la capacidad hídrica del Canal actual.

4.3. CAPACIDAD OPERATIVA DEL CANAL ACTUAL vs CAPACIDAD OPERATIVA DEL CANAL AMPLIADO

En esta última sección del Capítulo, se sintetizarán los resultados obtenidos de los análisis realizados sobre la capacidad operativa del Canal, antes y después del Proyecto de Ampliación. La síntesis estará contenida en la *Tabla 4-11*, a continuación.

Tabla 4-11. Comparación de la Capacidad Operativa del Canal Actual con la Capacidad Operativa del Canal Ampliados

	Esclusas Panamax	Esclusas Pospanamax	Canal Ampliado
Capacidad de tránsitos (teórica)	60	30	90
Capacidad de tránsitos (condiciones regulares ⁶)	42	12	54
Ocurrencia de niebla	42	12	54
Capacidad de tránsitos durante trabajo de mantenimiento	28	12	40
Consumo de agua por esclusaje	0.208MMC	0.190 MMC	

De acuerdo a los datos de la *Tabla 4-11*, el Canal incrementará su capacidad de tránsitos en un 50%. Sin embargo, recordemos que por las esclusas pospanamax transitarán buques de mayores dimensiones, los cuales tienen más capacidad de carga. Por consiguiente, las nuevas esclusas manejarán más toneladas CPSUAB que las actuales, permitiendo así que el Canal de Panamá duplique su capacidad en función de toneladas CPSUAB.

Asimismo, las nuevas esclusas consumirán menos agua gracias a la implementación de las tinas de reutilización de agua, que permiten ahorrar el 60% del agua requerida en un esclusaje.

Por otro lado, en la *Tabla 4-12* se muestra la capacidad del Canal actual y la futura, en función de las dimensiones de los buques que podrán transitar.

Tabla 4-12. Capacidad del Canal Actual y Futura, en Función de las Dimensiones Máximas de los Buques

	Esclusas Panamax	Esclusas Pospanamax
Calado	12	15
Manga	32	49
Eslora	294	366
TEUs (Portacontenedores)	4,500	12,000

⁶ Las condiciones regulares asumidas durante la operación de las esclusas Panamax difiere de las asumidas para los esclusajes de las esclusas pospanamax. Para más detalles, ver las Secciones 4.1.1 (esclusas Panamax) y 4.2.2.1 (esclusas pospanamax).



CAPÍTULO
5

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se ha centrado en el análisis de la capacidad actual y futura del Canal, a partir del estudio de los factores físicos y operativos que posiblemente interfieran en las operaciones regulares del Canal, provocando una disminución en la capacidad operativa del mismo.

A su vez, se estudió cómo funciona el Canal actual, a fin de desarrollar la base de conocimiento necesaria para entender a profundidad el negocio de tránsito y plantear las circunstancias en las cuales es probable que opere el tercer juego de esclusas.

Sumado a lo anterior, se utilizó información estadística para definir los escenarios bajo los cuales calcular la capacidad del Canal actual y futura. De esta forma, se intentó llevar a cabo el estudio bajo circunstancias que se acercan a la realidad.

Del estudio y análisis de todos estos aspectos se obtuvieron resultados, a partir de los cuales se pudo deducir el comportamiento del tráfico por el Canal en situaciones específicas, lo cual permitió la formulación de conclusiones.

Este último capítulo pretende presentar de forma breve los puntos fundamentales del trabajo desarrollado, exponer las principales conclusiones y discutir las líneas de investigación que queden abiertas.

5.1. CONCLUSIONES

La realización de este estudio, cuyo objetivo general era analizar la capacidad operativa del Canal de Panamá bajo su configuración actual y futura, mediante el entendimiento del sistema y la identificación y evaluación de los factores físicos y operativos que influyen en las operaciones del Canal, permitió la formulación de las siguientes conclusiones:

Capacidad del Canal Actual (Esclusas Panamax)

1. La capacidad del Canal, en términos de la cantidad máxima de buques que pueden transitar por él diariamente, varía significativamente, día a día, en función de una serie de factores: mezcla de buques y restricciones de navegación, modos de operación y tiempos de esclusaje, fenómenos climáticos, trabajos de mantenimiento y capacidad hídrica.
2. De los factores físicos y operativos identificados, el que significativamente impacta la capacidad operativa del Canal de acuerdo a los cálculos efectuados es la Mezcla de Buques, el cual puede llegar a reducir en un 27% la capacidad. Esto se debía principalmente a las restricciones de navegación aplicadas a los buques de grandes dimensiones, los cuales representan más del 50% de los buques que transitan diariamente por el Canal. Sin embargo, a partir de los programas de mejoras, la mayoría de estas restricciones desaparecerán.
3. La capacidad del Canal decrece cuando los buques a transitar son de alto calado, no sólo por las restricciones de navegación, sino también porque requieren más tiempo para efectuar un esclusaje y maniobrar en los cauces de navegación.
4. Las dimensiones de las esclusas limitan las dimensiones de los buques que pueden transitar por el Canal; sin embargo, poco influyen en el número de tránsitos diarios.
5. Los tiempos de ciclo también determinan la cantidad de buques que pueden transitar por el Canal en un día. Cuanto más corto es el tiempo de ciclo, mayor será la capacidad. El tiempo de ciclo varía según el modo en el que se realice el esclusaje, por lo tanto, el modo de operación que debe emplearse durante los esclusajes debe ser el que menor tiempo de ciclo ocasione.
6. Al igual que la mezcla de buques, los cierres de vía de las esclusas por trabajos de mantenimiento también reducen notablemente la capacidad del Canal diaria. Sin embargo, el impacto que tiene este factor sobre la capacidad anual es poca (3%), ya que es un suceso controlado, que ocurre cinco veces al año, durante siete días aproximadamente.
7. El sistema hídrico de la Cuenca del Canal, actualmente, cuenta con capacidad para satisfacer el consumo de la población y para sus operaciones; sin embargo, el agua que queda luego de cubrir estas dos necesidades es sólo un 5% de lo que almacena, lo cual no es suficiente para las operaciones de las nuevas esclusas pospanamax.

Capacidad del Canal (Tercer Juego de Esclusas)

1. Al igual que ocurre con las esclusas actuales, la capacidad del tercer juego de esclusas, en términos de la cantidad de buques que puedan transitar por él diariamente, variará en función de la mezcla del tamaño y del tipo de buque que desea transitar. En este caso, transitarán buques mucho más grandes, por lo cual: (a) la capacidad se verá reducida en un 50%, de acuerdo a los cálculos, y (b) la capacidad en toneladas CPSUAB será mayor a pesar de que transiten menos buques.
2. Las dimensiones de las nuevas esclusas permitirán el paso de buques pospanamax, lo cual le dará al Canal la oportunidad de participar en un nuevo mercado.
3. De igual forma que en las esclusas actuales, la capacidad de las nuevas esclusas también dependerá del tiempo de ciclo, el cual viene dado por el modo de operación que se utilice.
4. Los trabajos de mantenimiento no afectarán el funcionamiento de estas esclusas por la tecnología de las nuevas compuertas. Por lo tanto, no habrá reducción de capacidad durante las obras de mantenimientos de estas esclusas.
5. El sistema hídrico de la Cuenca del Canal, gracias a los trabajos de profundización del lago Gatún, tendrá más capacidad de almacenamiento. Asimismo, las tinas de reutilización de agua reducirán la necesidad de agua proveniente del Lago Gatún. Por consiguiente, el suministro hídrico de la cuenca oriental será suficiente para seguir suministrando agua para el consumo de la población y para sus operaciones, sin tener que reducir el calado operativo.

Considerando las resoluciones arriba listadas, concluyo que el Canal aumentará su capacidad, tanto en la cantidad de tránsitos diarios, como en las dimensiones máximas de los buques, luego de finalizados los programas de mejoras y el proyecto de ampliación. Esto resultará en un aumento de tonelaje, lo cual se traduce en la generación de significativos ingresos al Canal, y por consiguiente, a Panamá.

5.2. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

El trabajo efectuado ha dejado líneas abiertas para posibles investigaciones futuras, a saber:

1. Importancia del Canal de Panamá en el Desempeño del País como Plataforma Logística.
2. Impacto de la Ampliación del Canal de Panamá en el Desarrollo de los Puertos a nivel Internacional.
3. Relevancia del Canal de Panamá en el Comercio Internacional y su Impacto en la Cadena de Suministro.



ESTUDIO ECONÓMICO

El presente proyecto tiene como finalidad identificar aquellos factores físicos y operativos que influyen en la capacidad del Canal de Panamá y, a su vez, determinar los impactos que tienen éstos sobre la capacidad operativa del Canal, en ambos escenarios: el Canal en su configuración actual y el Canal una vez ejecutados los proyectos de mejoras y de ampliación.

En este capítulo, se desarrollará el estudio económico del proyecto, desglosando los costes directos e indirectos, y amortizaciones por cada una de las etapas en las que se dividió el proyecto:

- 1. Planteamiento del proyecto*
- 2. Recolección de información*
- 3. Análisis y síntesis de la información*
- 4. Redacción y difusión del informe final*

Dado que se trata de un trabajo de investigación y análisis, los costes a considerarse son: costes de las horas de trabajo dedicadas al desarrollo del proyecto y costes de materiales.

6.1. ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se divide en cuatro etapas, las cuales se describen a continuación:

1. Planteamiento del proyecto

Durante esta etapa, se analiza la necesidad de desarrollar el proyecto, se definen los objetivos y se plantea la utilidad del estudio. A su vez, se determinan los recursos disponibles para el desarrollo del proyecto (recurso humano capacitado, equipamiento, materiales). Una vez hecho esto, se planifica el desarrollo del proyecto y se asignan los recursos requeridos.

2. Recolección de información

En esta etapa, se identifican las fuentes de la información necesaria para llevar a cabo el proyecto. Una vez localizadas las fuentes de información, se procede a extraer, procesar y retener la información, para emplearla en la investigación, que permitirá analizar la capacidad del Canal actual y futura.

3. Análisis y síntesis de la información

En esta fase, se organiza y sintetiza la información recopilada para poderla transferir al desarrollo del proyecto. Esto implica el análisis de información sobre la capacidad actual del Canal de Panamá, los factores físicos y operativos que afectan negativamente su capacidad operativa, y la capacidad futura luego de ejecutados los proyectos de mejoras y de ampliación. De igual forma, es importante conocer el entorno en el cual se llevan a cabo las actividades operativas del Canal. Finalmente, se formularán las conclusiones del proyecto a partir de los objetivos establecidos.

4. Redacción y difusión del informe final

La redacción del trabajo es la última fase en el proceso de investigación. Consiste en reunir en un documento la información recopilada, los análisis y las deducciones que conforman los resultados del proyecto. Luego de ser revisado y aprobado por los participantes, se generan las copias necesarias para su difusión.

6.2. EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO

Las personas que participarán en el desarrollo del proyecto se listan a continuación, en orden jerárquico descendiente, junto con sus principales funciones:

a. Director

Es el responsable de la planificación del proyecto en todos sus aspectos, ejecutando lo siguiente: definición de objetivos, identificación de las actividades a realizar, determinación de los recursos necesarios, dirección y coordinación de todos los recursos empleados en el proyecto, toma de decisiones, revisión del desarrollo del

proyecto y proposición de modificaciones cuando concurren circunstancias que así lo aconsejen.

b. Encargada de Desarrollar el Proyecto

Es quien recopila la información necesaria para llevar a cabo la investigación, evalúa y sintetiza la información, y, finalmente, aplica la información y sus conocimientos en la realización del estudio, cumpliendo con los objetivos prefijados.

c. Auxiliar Administrativo

Asiste a la Encargada de Desarrollar el Proyecto en la redacción de la memoria, y en cualquier otra actividad administrativa.

6.3. ESTUDIO ECONÓMICO

En esta sección se presentarán los cálculos de las horas efectivas y costes horarios de cada uno de los participantes del proyecto, cálculo de las amortizaciones del equipo informático utilizado, coste de material consumible, costes indirectos y horas de personal dedicadas a cada etapa del proyecto.

6.3.1. Horas efectivas anuales y costes horarios del personal

A continuación, en la *Tabla 6-1*, se desglosan las horas efectivas anuales, en base al Calendario Laboral de Valladolid, 2013.

Tabla 6-1. Horas Efectivas Anuales

Concepto	Días
Año medio	365
Domingos	-52
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos reconocidos*	-14
Media de días perdidos por enfermedad	-15
Total estimado días efectivos	264
Total horas/año efectivas (8 horas/día):	2.112

*Calendario laboral de Valladolid, 2013

El equipo de trabajo está conformado por un Ingeniero Industrial, el cual actúa como director del proyecto; por una Ingeniera Marítima Portuaria, encargada de desarrollar la investigación, analizar la información y elaborar las conclusiones en base a los resultados; y por una secretaria, asignada generar el informe final y demás tareas administrativas. La *Tabla 6-2* desglosa el coste horario de cada uno de estos profesionales.

Tabla 6-2. Costes del Equipo de Trabajo

Concepto	Director	Ingeniera Marítima Portuaria	Secretaria
Sueldo	55.300 €	25.200 €	14.815 €
Seguro Social (35%)	19.355 €	8.820 €	5.185 €
Total	74.655 €	34.020 €	20.000 €
Coste horario	35,35€	16,11 €	9,47 €

6.3.2. Cálculo de Amortizaciones (equipo informático)

Para el desarrollo y redacción del proyecto se requirió de equipo informático, cuyo periodo de amortización es de 5 años, con cuota lineal. La *Tabla 6-3* resume los cálculos de las amortizaciones.

Tabla 6-3. Cálculo de las Amortizaciones del Equipo Informático

Concepto		Coste	Cantidad	Coste total
Portátil Intel Core Duo, 800 MHz, 320 GB HDD, 4 GB RAM		850 €	1	850 €
Impresora EPSON Workforce WF-7015		200 €	1	200 €
Softwares	Microsoft Windows 7	135 €	1	135 €
	Microsoft Office (2010)	180 €	1	180 €
Total a amortizar:				1.365 €
Tipo		Coste	Amortización (20%)	
Diaria		3,74	0,75 €	
Horaria		0,47	0,09 €	

6.3.3. Coste de materiales consumibles

En el cálculo de los costes de los materiales consumibles, en primer lugar, se calculó el coste total de los materiales utilizados exclusivamente para la realización del proyecto, y posteriormente, será imputado a cada etapa según el porcentaje de utilización (*Tabla 6-4*).

Tabla 6-4. Costes de Materiales Consumibles

Concepto	Coste
Papeles de impresora	20 €
Suministros para impresora	55 €
Otros	35 €
Total (3 meses)	110 €

Etapa 1 (10%); Etapa 2 (15%); Etapa 3 (5%); Etapa 4(70%)

6.3.4. Costes Indirectos

La *Tabla 6-5* muestra los costes indirectos totales, generados por alquileres, consumo de teléfono y electricidad y otros, durante el periodo en el que ejecutó el proyecto, los cuales serán imputados a cada etapa según el porcentaje de utilización.

Tabla 6-5. Costes Indirectos

Concepto	Coste
Alquileres	570 €
Teléfono	30 €
Electricidad	69 €
Otros	82 €
Total (3 meses)	751 €

Etapa 1 (10%); Etapa 2 (30%); Etapa 3 (25%); Etapa 4(35%)

6.4. COSTES ASOCIADOS A CADA ETAPA DEL PROYECTO

En esta sección, se calcularán los costes asociados a cada una de las etapas del proyecto, en base a la información contenida en las tablas anteriores.

6.4.1. Etapa 1: Planteamiento del proyecto

En esta etapa, el Director analiza la necesidad de desarrollar el proyecto, define los objetivos y plantea la utilidad del estudio. Junto con la Ingeniera, determina quiénes van a participar en el proyecto y cómo se va a llevar a cabo el estudio.

La secretaria toma nota durante las reuniones entre el Director y la Ingeniera. En la *Tabla 6-6*, se condensa los costes asociados a esta primera etapa:

Tabla 6-6. Costes Vinculados a la Etapa de Planteamiento del Proyecto

Concepto		Horas	Coste (€)	Coste total (€)
Personal	Director	25	35,35	883,75
	Ingeniera	10	16,11	161,10
	Secretaria	5	9,47	47,35
Amortización del equipo informático		10	0,09	0,90
Material consumible		10%	110,00	11,00
Costes indirectos		10%	751,00	75,10
COSTE TOTAL:				1.179,20

6.4.2. Etapa 2: Recolección de información

En esta etapa, la Ingeniera procede a extraer, procesar y retener la información, que posteriormente será analizada.

La Secretaria le brinda asistencia a la Ingeniera en la recopilación de la información y en la organización de la misma.

La *Tabla 6-7* recopila los costes asociados a la segunda etapa:

Tabla 6-7. Costes Vinculados a la Etapa de Recolección de Información

Concepto		Horas	Coste (€)	Coste total (€)
Personal	Director	0	35,35	0,00
	Ingeniera	240	16,11	3.866,40
	Secretaria	50	9,47	473,50
Amortización del equipo informático		290	0,09	26,10
Material consumible		15%	110,00	16,50
Costes indirectos		30%	751,00	225,30
COSTE TOTAL:				4.607,80

6.4.3. Etapa 3: Análisis y síntesis de la información

En esta fase, la Ingeniera analiza la información recopilada y formula las conclusiones del proyecto a partir de los objetivos establecidos. La Ingeniera se reúne con el Director, a fin de informarle los resultados obtenidos, y éste toma decisiones a partir de los resultados.

La *Tabla 6-8* reúne los costes vinculados a la tercera etapa:

Tabla 6-8. Costes Vinculados a la Etapa de Análisis y Síntesis de la Información

Concepto		Horas	Coste (€)	Coste total (€)
Personal	Director	30	35,35	1.060,50
	Ingeniera	150	16,11	2.416,50
	Secretaria	80	9,47	757,60
Amortización del equipo informático		195	0,09	17,55
Material consumible		5%	110,00	5,50
Costes indirectos		25%	751,00	187,75
COSTE TOTAL:				4.445,40

6.4.4. Etapa 4: Redacción y difusión del informe final

En esta última etapa, la Secretaria reúne en un documento la información recopilada, y los análisis y las deducciones que se formularon a partir de los resultados del proyecto. Luego es revisado por la Ingeniera y el Director, y de ser aprobado, la Secretaria genera las copias necesarias para su difusión.

La *Tabla 6-9* desglosa los costes vinculados a esta cuarta etapa:

Tabla 6-9. Costes Vinculados a la Etapa de Redacción y Difusión del Informe Final

Concepto		Horas	Coste (€)	Coste total (€)
Personal	Director	50	35,35	1.767,50
	Ingeniera	70	16,11	1.127,70
	Secretaria	120	9,47	1.136,40
Amortización del equipo informático		240	0,09	21,60
Material consumible		70%	110,00	77,00
Costes indirectos		35%	751,00	262,85
COSTE TOTAL:				4.393,05

6.5. COSTE TOTAL DEL PROYECTO

El coste total del proyecto es la suma de los costes de cada una de las etapas que lo conforman. Seguidamente, la *Tabla 6-10* agrupa los costes para cada una de las etapas.

Tabla 6-10. Coste Total del Proyecto

Etapa	Horas empleadas	Coste
Planteamiento del Proyecto	40	1.179,20 €
Recopilación de información	290	4.607,80 €
Análisis y síntesis	260	4.445,40 €
Redacción del informe final	240	4.393,05 €
Total	830	14.625,45 €

GLOSARIO

Agua Dulce Tropical (ADT): Agua dulce en el trópico que, en el Lago Gatún, tiene una densidad de 0.9954 grs/cc a (29.4°C). La transición a agua dulce tropical con frecuencia altera el equilibrio longitudinal de un buque grande aumentando el calado de proa aproximadamente en 7.5 a 10 centímetros, con un incremento a su calado de cerca de 7 pulgadas en conjunto.

Agua Salada Tropical (AST): Agua salada en mares tropicales con una densidad de 1.025 grs/cc.

Aguas del Canal: Se refiere a toda el agua en el área de compatibilidad con la operación del Canal.

Alcantarilla: Túnel ancho que corre dentro de los muros centrales y laterales de las esclusas y suministran el agua necesaria para las operaciones de esclusaje.

Apopado: Fenómeno en el cual se aprecia un aumento en el calado en la popa de un buque cuando acelera su trayecto en aguas poco profundas. El efecto se acentúa a mayor tamaño de buque, mayor velocidad y/o menor profundidad bajo la quilla.

Arqueo: Es el proceso de determinar la capacidad de carga y el volumen interno de un buque. Esto se realiza escalando las dimensiones de los planos o tomando medidas físicas de la superestructura del buque y digitalizando el volumen bajo cubierta. Se mide en toneladas de arqueo (1 tonelada de arqueo es equivalente a 100 pies cúbicos).

Asiento: Diferencia en profundidad entre los calados de proa y popa.

Astillero: Sitio o lugar con instalaciones apropiadas para la construcción y reparación de naves o embarcaciones.

Atraque: Maniobra por la que una nave se coloca junto a una estructura marítima.

Batiente o quicio: Saliente de concreto en el piso de la recámara de una esclusa que sirve de tope y sello a la parte inferior de la compuerta.

Boya: Artefacto flotante sujeto al fondo acuático para la señalización náutica, como la demarcación de canales de navegación, señalar peligros sumergidos y puntos de referencia; entre otros fines.

Boyas de amarre: Se refiere a estructuras de forma cilíndrica o boyas de tanque de gran tamaño con una gran capacidad de flotación, provistas de un pesado anclaje.

Buque de carga general: Naves que transportan gran variedad de productos, la mayoría en parcelas pequeñas en rutas regionales.

Buque de pasajeros o crucero: Naves que transportan pasajeros para viajes de recreación donde el viaje y las instalaciones del buque son considerados parte esencial de la experiencia.

Buque granelero: Naves que transportan graneles secos, que incluyen los granos como maíz, soya, trigo, y otros graneles como mineral de hierro, carbón, manufacturas de hierro y acero, fertilizantes, cobre, aluminio, azúcar, sal, cemento, astillas de madera.

Buque portacontenedor: Naves que transportan contenedores que llevan toda clase de mercancía, principalmente productos procesados o terminados, usualmente de mayor valor que los graneles.

Buque portavehículos: Naves que transportan automóviles, camiones y carga de proyecto. Esta categoría también incluyen los buques Ro-Ro (Roll On/Roll Off – buques equipados con rampas para que los camiones puedan entrar y salir a recoger o dejar carga).

Buque refrigerado: Naves que transportan productos perecederos, que incluyen frutas, carnes, y productos lácteos. Este tipo de buques posee bodegas con paredes aislantes dentro del cual aire frío se circula hasta obtener la temperatura adecuada a la carga que se está transportando.

Buque tanquero, buque cisterna, o buque petrolero: Naves que transportan graneles líquidos, que incluyen el petróleo crudo, productos derivados del petróleo (diesel, gasolina, combustible de aviación, gas licuado), productos químicos, entre otros.

Calado: Medida vertical de la parte sumergida del buque. Profundidad a la que se sumerge el buque.

Cámara: Estructura delimitada por compuertas, en la esclusa, donde un buque se mantiene mientras es elevado o bajado a cada nivel o escalón.

Canales de navegación: Áreas o secciones rectas y navegables del Canal

Ciclo de tiempo del esclusaje: Intervalo de relevo o la diferencia de tiempo entre la salida de un buque y la salida del siguiente buque.

Compuertas de inglete: tipo de puertas utilizadas en las esclusas del Canal existente, que abren y cierran las cámaras internas de las esclusas. Consisten en pares de compuertas de acero que forman una V con el vértice en dirección al nivel superior de las aguas, de tal manera que la presión del agua mantiene ambas secciones selladas herméticamente cuando las compuertas están cerradas.

Compuertas deslizantes: Una estructura de acero en forma de pared en una caja, que funciona sobre carriles apoyados en un vagón con ruedas arriba y abajo, en el piso de la esclusa. Es conducida por cable por un sistema de torno. La extensión de la compuerta bloquea el ancho de la esclusa por completo. Posee una hendidura o nicho en la cual se colocan las compuertas cuando están abiertas.

CPSUAB o Canal de Panamá / Sistema Universal de Arqueo de Buques: Unidad de medida (en toneladas de arqueo) del espacio disponible para carga y pasajeros basado en el Sistema Universal de Arqueo de Buques del Canal de Panamá. El número de toneladas CPSUAB de un buque de una embarcación determina su peaje por el Canal.

Cuenca: Unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados.

Desplazamiento: Volumen de agua desplazado por el peso del buque, que equivale al peso de la carga y pertrechos que lleva un buque, sumado al peso ligero del buque a un calado determinado.

Dique seco: Cavidad o espacio cerrado por compuertas construido en la ribera del mar o río, para carena o reparación de naves.

Dragado: Actividad de excavar material en el fondo de áreas sumergidas y de elevarlo mediante dragas hacia la superficie para ser transportada por bombas y tuberías o por barcazas hacia un sitio de disposición de materiales.

Escora: Inclinación del barco con respecto a la vertical.

Fondeadero: Espacio de agua considerado adecuado por su ubicación y naturaleza de fondo, para anclar las naves.

Justo a tiempo: Metodología de producción que tiene como objetivo un proceso continuo, sin interrupciones en la producción. Conseguir este objetivo supone la minimización del tiempo total necesario desde el comienzo de la fabricación hasta la facturación del producto.

Luz de poste alto (High Mast Lighting - HML): Iluminación de alta intensidad instalada en las esclusas, con el propósito de mejorar la visibilidad de los buques en tránsito durante horas nocturnas..

Manga: Dimensión transversal que indica el ancho del casco de un buque.

Mezcla de buques: se refiere a la cantidad, características y dimensiones de un grupo o conjunto de buques.

Panamax: Buques cuya manga (ancho) es de 30.5 m a 32.3m. Este término se utiliza para describir la clase de buque de mayor tamaño que actualmente puede transitar por el Canal de Panamá.

Pasacables: Personal de la ACP encargado de asegurar los cables de las locomotoras o las sogas de amarre a los buques, durante maniobras de esclusajes, amarre en las estaciones de amarre o las esclusas y operaciones con remolcadores.

Popa: Sección posterior de un buque.

Pospanamax: Buques que no pueden ser acomodados en el Canal existente debido a que sus dimensiones exceden la capacidad de las esclusas actuales del Canal de Panamá. Cualquier buque cuya manga exceda 32.62m (107 pies) o su eslora exceda 294.4 m (965 pies) es considerado pospanamax.

Proa: La sección delantera de un buque.

Punto de referencia para elevaciones (Precise Level Datum - PLD): El nivel del plano que se usa de referencia para medir alturas y elevaciones. Para el Canal de Panamá, el 0.00 PLD adoptado fue la media del nivel del mar tal y como se determinó en el periodo previo a la construcción.

Quilla: Pieza longitudinal de un buque que va de proa a popa, formando el canto o arista inferior del casco y que constituye el eje del buque y la base del armazón.

Remolcador: Equipo flotante que asiste a los buques durante su tránsito por el Canal de Panamá, principalmente en las entradas y salidas de las esclusas y durante su trayecto por el Corte Culebra.

Restricciones de tránsito: Son las limitaciones que el Canal impone a buques para asegurar tránsitos seguros por la vía acuática. Se aplican a buques cuyo tamaño, tipo de carga o características físicas suponen un mayor riesgo cuando transitan por las esclusas, el Corte Culebra u otros puntos específicos en los canales de navegación.

Rompeolas: Estructura costera que tiene por finalidad principal proteger la costa o un puerto de la acción de las olas del mar o de fenómenos climatológicos.

Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System - GPS): Equipo satelital que permite el cálculo de coordenadas tridimensionales útiles para la navegación o, mediante el uso de métodos adecuados, para la determinación de mediciones de precisión, provisto que se posean receptores que capten las señales emitidas por los satélites.

Subcuenca: Área de drenaje de menor superficie que una cuenca y que forma parte de esta, constituyendo un tributario de la misma, o sea una cuenca que sale o que drena a una cuenca de mayor tamaño.

Super: Buques con 91.0 a 99.9 pies de manga. Representa la categoría de buques que precede en tamaño a los buques Panamax.

TEU: Siglas en inglés de “Twenty Foot Equivalent Unit”. Unidad de medida estándar internacional establecida por ISO (International Organization for Standardization). Un TEU es equivalente a un contenedor de 20 pies de largo por 8 pies de ancho por 8.5 pies de altura.

Tiempo de esclusaje: Duración del tránsito de un buque por un complejo de esclusas, de un extremo al otro. Se mide desde que el buque cruza el inicio del muro lateral de las esclusas, en un extremo, hasta que cruza el final del mismo muro, en el otro extremo.

Tiempo en aguas del Canal (TAC): Tiempo en que un buque permanece en aguas del Canal, después de declararse listo y ser encontrado en condiciones para transitar por autoridades del Canal. Resulta de la suma del tiempo de espera del buque, medido desde el momento en que declara su disponibilidad para transitar, con el tiempo que le toma transitar.

Tiempo en tránsito (TET): Duración del tránsito de un buque por el Canal de Panamá, desde el momento en que se pone en marcha en el fondeadero hasta que sale de aguas del Canal.

Tiempo entre esclusajes o tiempo de ciclo: Lapso temporal promedio entre buques, en el proceso en que cada uno es atendido por un complejo de esclusa.

Trasbordo: Transferencia de una unidad de carga de nave a puerto y viceversa, entre naves dentro del mismo recinto portuario o de un puerto a una nave en otro puerto, sin nacionalizarse.

Vertedero (de una represa): Salida para el exceso de agua ubicada sobre o alrededor de una represa cuando el embalse está lleno.

BIBLIOGRAFÍA

Textos

Autoridad del Canal de Panamá (2006). *Plan Maestro del Canal de Panamá* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>. Consultado: abril, 2013.

Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación* [en línea]. Madrid, McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. Primera edición. Disponible en: http://www.upsin.edu.mx/mec/digital/metod_invest.pdf. Consultado mayo 2013.

Estudios

Autoridad del Canal de Panamá (2003). *Feasibility Evaluation of a Tug Assisted Locks Vessel Positioning System* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>, consultado: mayo, 2013.

Autoridad del Canal de Panamá Canal/ Paragon Consulting/ Rockwell Software (2006). *Simulation Model of Panama Canal Vessel Transit* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>. Consultado: junio, 2013.

Consortio Post-Panamax (2005). *Alternative Conceptual Design of Pacific and Atlantic Post-Panamax Locks 3x2 Water Savings Basins* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>. Consultado: junio, 2013.

Manual de Operaciones Internos de la ACP

Autoridad del Canal de Panamá. *Operations Manual: Locks Operations* [en PDF]. Edición 2010.

Autoridad del Canal de Panamá. *Operations Manual: Operating Procedures* [en PDF]. Edición 2010.

Autoridad del Canal de Panamá. *Operations Manual: Transit Operations Division* [en PDF]. Edición 2010.

Informes

Autoridad del Canal de Panamá (2012). *Informe Anual 2010, Informe Anual 2011 e Informe Anual 2012* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>. Consultado: mayo, 2013.

Noticias

ACP adopta medidas preventivas para uso de agua [en línea]. Panamá: Autoridad del Canal de Panamá (mayo, 2013). Consultado: julio, 2013*.

Canal de Panamá pone a prueba servicio de Justo a Tiempo [en línea]. Panamá: Autoridad del Canal de Panamá (mayo, 2013). Consultado: julio, 2013*.

Canal de Panamá revitaliza su papel en el comercio mundial durante 13 años de administración panameña [en línea]. Panamá: Autoridad del Canal de Panamá (enero, 2013). Consultado: julio, 2013*.

*Noticias disponibles en: <https://micanaldepanama.com/categoria/reporte-de-prensa/>

Revistas

Autoridad del Canal de Panamá. *El Faro* [en línea]. Abril 2013-No. 60. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>, consultado: mayo, 2013.

Documentos Audiovisuales

Autoridad del Canal de Panamá (2012). *Abróchense los cinturones, ¡El Canal de Panamá a Toda Marcha!* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>. Consultado: abril, 2013.

Autoridad del Canal de Panamá (2012). *Así son los vertidos en el Canal de Panamá* [en línea]. Disponible en: <https://micanaldepanama.com/>. Consultado: junio, 2013.

Autoridad del Canal de Panamá (2012). *This is How the Expanded Canal will work* [en línea]. Disponible en: http://www.youtube.com/watch?v=0lZ_6UVmoKo. Consultado: abril, 2013.

Otras páginas web consultadas

Autoridad Marítima de Panamá. <http://www.amp.gob.pa/>. Consultado: abril, 2013.

Georgia Tech Logistics Innovation & Research Center (Panama), A Unit of the Supply Chain & Logistics Institute. <http://logistics.gatech.pa/es/>. Consultado: abril 2013.

Salarios en España. <http://www.salarios.eu/>. Consultado: julio, 2013.