

CAPITULO 7

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS PROPUESTOS

7.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS VIALES

7.1.1. Objetivos

El objetivo de esta parte del estudio es evaluar y priorizar los proyectos a través de un análisis multicriterio, dentro del cual la evaluación económica es uno de los criterios. No se trata entonces de realizar un análisis completo y detallado de cada proyecto, sino de determinar el valor de indicadores que permitan jerarquizarlos entre ellos.

Además, la evaluación se realiza a dos niveles. El primer nivel es el de “paquetes” de proyectos, tales como fueron propuestos en el Capítulo 6 de este informe. Un paquete tiene una coherencia funcional que corresponde a un corredor de penetración desde un puerto de la costa hacia puertos de la selva, a través de la sierra. Es decir todos los proyectos que pertenecen a un paquete se pueden evaluar juntos desde el punto de vista económico como un conjunto lógico y coherente. El segundo nivel es el de “proyecto”, donde se evalúa económicamente cada proyecto individual.

A continuación se describe la metodología propuesta para la evaluación económica, la que será complementada por la toma en cuenta de los aspectos ambientales, sociales, de desarrollo turístico, de apoyo a las exportaciones y de integración nacional e internacional en el análisis multicriterio. Estos otros criterios se aplicarán a cada proyecto individual, permitiendo una priorización dentro de cada paquete.

Las etapas posteriores consisten en definir un programa de inversiones posibles en base a las prioridades establecidas y a los recursos financieros disponibles, y luego evaluar con más detalles cada uno de los proyectos incluidos en este programa individualmente.

7.1.2. Marco general

La evaluación económica de proyectos consiste en un análisis diferencial entre una situación de referencia y una situación con proyectos.

La **situación de referencia** corresponde a la evolución “natural” del entorno si el proyecto no se realiza; no significa que las condiciones no cambian a lo largo del período de análisis: por ejemplo, en el caso del PIT, el entorno se modifica con la realización progresiva de los proyectos comprometidos, por lo que la situación en el 2013 será diferente de la situación actual.

La **situación con proyectos** se caracteriza por la agregación de los proyectos a la situación de referencia. También esta situación con proyectos puede cambiar en el tiempo, por las mismas razones que la situación de referencia.

La comparación entre ambas situaciones abarca los costos adicionales generados por el proyecto y los beneficios que se esperan del mismo. Los costos corresponden a las inversiones; los beneficios corresponden a las ventajas aprovechadas por el tráfico “normal”, posiblemente el tráfico “derivado” de otra ruta y de ser el caso el tráfico “generado” por el proyecto. Estas categorías se describen a continuación a grandes rasgos.

De ser necesario, se interpolan o extrapolan valores entre las fechas-horizontes de la simulación de tráfico (2004, 2013 y 2023), asumiendo una evolución geométrica de los parámetros; es el caso en particular de los volúmenes de tráfico.

Los indicadores económicos calculados al final del proceso son:

- La razón Beneficio anual/Costos (B/C) o Retorno del Primer Año (RPA).
- El Valor Presente Neto (VAN)
- El año óptimo de puesta en servicio.

Para calcular el indicador Beneficio/Costos se toma en cuenta las inversiones que corresponden al costo inicial del proyecto. En las etapas siguientes del PIT, se consideran el calendario de gastos, y de ser el caso, las varias fases sucesivas de realización, incluyendo la inversión, el mantenimiento y la operación de los proyectos.

El costo es un dato fijo mientras los beneficios aumentan con el tiempo. Por eso se calcula la razón Beneficio/Costo para los tres años-horizonte del estudio. Luego, por interpolación, se determina el “año óptimo de puesta en servicio”, es decir el año cuando esta razón pasa el valor de 14 %, tasa de descuento oficial del Perú.

7.1.3. Estimación de los beneficios

Los beneficios aparecen a raíz de la disminución esperada de los costos de transporte y del tiempo de viaje, es decir del costo generalizado de transporte. Se materializan para varios tipos de tránsito: “normal”, “derivado” y “generado”. Todo el proceso de evaluación de beneficios vale para los tres tipos de vehículos (VL, TP y TC).

i) Tránsito “normal”

El tránsito “normal” es el tránsito que utiliza la infraestructura en la situación de referencia. Este tráfico aprovecha en un 100 % la baja en los costos de transporte, es decir que su beneficio unitario es la diferencia entre los costos de transporte en la situación con proyectos y la situación de referencia.

Los datos de tránsito y de costo de transporte provienen directamente del modelo de transporte del PIT. El tránsito “normal” es el de la situación de referencia.

ii) Tránsito “derivado”

Un tránsito “derivado” puede aparecer, en general cuando la carretera en proyecto tiene una ruta alternativa competidora en su vecindad y/o cuando los efectos del proyecto son de gran magnitud, por ejemplo si se trata de un atajo. La reducción de los costos de transporte en el

proyecto atrae un tránsito que utilizaba una ruta alternativa en la situación de referencia. Los datos de tránsito derivado se deducen de los resultados de la modelación. En el tramo vial estudiado, corresponden a la diferencia -positiva- entre los transitos con proyectos y sin proyectos. En la(s) ruta(s) alternativa(s), esta diferencia es negativa.

Para este segmento de tránsito, el beneficio unitario es la diferencia entre (i) el costo de transporte en la situación con proyectos pasando por el proyecto, y (ii) el costo de transporte en la situación de referencia siguiendo la ruta alternativa inicial.

iii) Tránsito “generado”

Siempre existe una demanda potencial que, por ser demasiado altos los costos de transporte, no se materializa; con la mejora brindada por el proyecto se vuelve factible el transporte de personas o de mercancías en condiciones económicas aceptables por el usuario. El método de evaluación del tránsito generado, a través de un modelo específico, se describe más detalladamente a continuación.

El beneficio unitario de este tránsito “generado” es, según la teoría económica, la mitad del beneficio unitario del tránsito “normal”, es decir la mitad de la diferencia entre los Cij unitarios en las situaciones sin y con proyecto(s). El modelo general de simulación proporciona directamente esta información ya que calcula los Cij en cada subtramo como parte del proceso de asignación.

iv) Aplicación por tipo de proyecto

Excepto en ciertos casos, se puede aplicar directamente la metodología general a todos los tipos de obras propuestas: Construcción, Ampliación, Pavimentación, Refuerzo o Rehabilitación.

En el modelo, la situación de referencia se simula de la manera expuesta en la Sección 5.3 del Capítulo 5 de la Parte 3 del Informe Final:

- Incluye los proyectos comprometidos, y considera que estos se mantienen en un estado “bueno” a lo largo del período de estudio.
- Considera que las demás carreteras se mantienen en su estado actual.
- Salvo las carreteras con una estructura insuficiente, que se deterioran inexorablemente con el tiempo.

En la situación con proyectos, las mejoras propuestas reducen los costos de transporte, lo que lleva posibles cambios en los volúmenes de tránsito.

En ambas situaciones, las velocidades de recorrido pueden disminuir y los costos de transporte pueden crecer cuando aparece el fenómeno de congestión.

El tránsito normal corresponde a las previsiones de tránsito por origen-destino y a su asignación por el modelo. Puede ser parcialmente derivado hacia nuevas rutas, acorde las variaciones de costos de transporte entre la situación de referencia y con proyectos. Todos los proyectos pueden generar tránsito nuevo, con la excepción de los refuerzos, que normalmente son obras preventivas que se realizan antes de que el tránsito pueda reaccionar a un deterioro de las condiciones y al aumento de los costos de transporte.

Los beneficios unitarios se estiman según la metodología general en todos los casos.

7.1.4. Procedimientos prácticos

Esta sección proporciona detalles sobre la fuente de los datos de tránsito y de costos de transporte, y los procedimientos por seguir; los pasos descritos se repiten para cada tipo de vehículo y cada año-horizonte. También se menciona la fuente de los datos de costo de inversión.

i) Agregación progresiva de resultados

Los cálculos se realizan al nivel más bajo de la segmentación de la red, o sea el subtramo, porque es el elemento homogéneo de la red en todos los aspectos; en particular se puede describir por características únicas en la situación de referencia y en la situación con proyectos.

Después se agregan los resultados de los subtramos a tres niveles:

1. A nivel de proyecto, lo que corresponde a un elemento homogéneo en cuanto a la situación futura.
2. A nivel de paquetes de proyectos, que corresponden a conjuntos homogéneos del punto de vista funcional. Recordamos aquí que un proyecto (consecuentemente los subtramos que lo componen) puede pertenecer a varios paquetes contiguos; en este caso se suman su costo y sus beneficios a los de cada paquete.
3. Para eliminar las dobles cuentas, se agregan también los resultados a nivel del país, lo que proporciona un punto de comparación promedio para los proyectos y paquetes.

ii) Tránsito normal y derivado

El tránsito normal corresponde a la situación de referencia; la asignación de la matriz O-D en la red de referencia proporciona los tráfico por subtramo de la red. En la situación con proyectos, la nueva asignación realizada por el modelo general agrega el tránsito normal y el derivado.

El modelo también calcula los costos de transporte por vehículo y el tiempo de recorrido en cada subtramo de la red, y desde luego los costos de transporte totales para el tránsito total, tanto en la situación de referencia como la con proyectos.

Estos costos de transporte totales incluyen los del tránsito normal y del tránsito derivado; la diferencia entre los costos totales en las dos situaciones incluye:

- El ahorro de costo aprovechado por el tránsito normal.
- La diferencia entre los costos del tránsito derivado en las rutas alternativas iniciales (situación de referencia) y en la ruta nueva (situación con proyectos).

Así este cálculo global toma en cuenta todos los beneficios esperados de los proyectos.

iii) Tránsito generado

El tráfico generado es proporcionado por el modelo de transporte como se explica en el Apéndice 2/3 de este informe. Los beneficios unitarios se calculan como la mitad del beneficio unitario del tránsito normal. Este beneficio unitario ya está calculado a nivel de subtramo para calcular los beneficios del tránsito normal, de tal manera que la evaluación no requiere más preparación de datos.

iv) Costos de operación de los vehículos

Los costos de operación de los vehículos dependen de su velocidad, la cual varía en función de las características físicas de la carretera y de la congestión. La velocidad de recorrido promedio se determina por la combinación de la geometría, el tipo de capa de rodadura, el estado de las carreteras. La congestión reduce la velocidad en función de la razón volumen de tráfico/capacidad (V/C).

Utilizando el modelo HDM-4, más precisamente su módulo RED-HDM-4, se calcularon los COV unitarios para:

- Velocidades entre 100 y 20 km/h por rangos de 10 km/h.
- Carreteras pavimentadas, afirmadas y de tierra.
- Tres tipos de terreno (plano, ondulado, montañoso).
- Tres tipos de vehículos (VL, TP, TC).

Se graficaron los resultados para confirmar que los COV no cambian de manera significativa en los rangos más altos de velocidad, hasta 60 km/h. Entre 60 y 20 km/h se ajustaron curvas de regresión (polinomiales del tercer grado) para relacionar el COV con la velocidad. Se observa que las funciones resultantes no son significativamente distintas para las varias combinaciones de tipo de carretera y tipo de terreno. Finalmente se utilizaron tres funciones $COV = f(\text{velocidad})$ correspondientes a los tres tipos de vehículos.

v) Costos de obras

Los costos de los proyectos corresponden a precios de mercado con IGV. Por consiguiente, además del IGV, incluyen varios impuestos, tales como los derechos de importación del equipo y de algunos materiales, varios gravámenes sobre los productos petroléos, etc. El análisis detallado del peso de estos impuestos incluidos se realizó para algunos proyectos de construcción y de rehabilitación; se observaron tasas en el orden de 21 %.

En esta etapa del PIT, se utilizó un factor medio de 0.79 para pasar del costo financiero con IGV al costo económico, para todas las obras.

7.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS VIALES

La aplicación de la metodología expuesta anteriormente conduce a los resultados resumidos en los cuadros a continuación. Los resultados se presentan aquí sucesivamente a nivel de paquete y de proyecto.

7.2.1. Evaluación por paquete

La definición de los paquetes fue presentada previamente en el Capítulo 6 (véase Mapa 6.1 adjunto al final del Capítulo 6); corresponden a las zonas siguientes:

- Paquete I : Norte
- Paquete II : Costa-Sierra Norte
- Paquete III : Centro Norte
- Paquete IV : Centro Sur
- Paquete V : Sur.

Para cada año-horizonte se calculó la razón Beneficio/Costos como se muestra en el Cuadro 7.1. El desglose de los costos de transporte y de los beneficios por paquete se presenta en el Apéndice 7/1.

Cuadro 7.1 - Beneficios totales y razón B/C por paquete de proyectos

(Costos y beneficios en millones de US\$ de 2004 a precios económicos)						
	Paquete I	Paquete II	Paquete III	Paquete IV	Paquete V	País ^(*)
Inversión	148	469	505	541	334	1,675
2004						
Beneficios totales	25	40	66	61	40	179
Beneficios / Costo	16.9%	8.5%	13.0%	11.3%	11.9%	10.7%
2013						
Beneficios totales	46	74	158	168	69	384
Beneficios / Costo	30.8%	15.7%	31.2%	31.0%	20.7%	22.9%
2023						
Beneficios totales	77	141	287	327	140	755
Beneficios / Costo	52.4%	30.1%	56.7%	60.4%	42.1%	45.1%

(*) Debido a que algunos proyectos se incluyen en dos paquetes, los resultados en el ámbito del país son distintos de la suma de los resultados de los paquetes

El indicador Beneficio/Costo calculado para el año 2004 pasa la tasa de descuento del Perú para el Paquete I solamente. Al contrario, en 2013, todos los indicadores pasan este valor, lo que significa que todos deberían ponerse en servicio antes de esta fecha.

A lo largo de los años, los Paquetes III y IV mejoran su posición relativa, por el peso creciente de la Carretera Central en los beneficios, a raíz de la congestión prevista allá.

7.2.2. Evaluación por proyecto

En el caso general, la evaluación sigue los pasos de la metodología general expuesta en la Sección 7.1. Sin embargo, algunos ajustes se debieron realizar para tratar casos especiales.

Algunos proyectos provocan una desviación sensible de tránsito hacia la carretera nueva o mejorada. En este caso, la aplicación de la metodología general introduce un sesgo si se realiza la evaluación a nivel del proyecto individual. En efecto, a raíz de la desviación de tránsito hacia el proyecto, los COV totales en la carretera estudiada se calculan en base a volúmenes de tránsito heterogéneos: en la situación de referencia, se trata del tránsito normal solamente; en la situación de proyecto, se trata del tránsito normal más el tránsito derivado. El resultado puede ser un aumento de los COV totales, a pesar de la reducción de los COV unitarios.

En la realidad, este aumento eventual está más que compensado por la reducción del tránsito, y por lo tanto de los COV, en las carreteras competidoras que sufren una reducción de sus niveles de tránsito a raíz de la desviación de tránsito. Por eso, para que la evaluación sea correcta, es necesario considerar juntas todas las carreteras afectadas por el proyecto, es decir el proyecto mismo más las carreteras de donde proviene el tráfico derivado; estas carreteras se consideran como componentes de un solo y mismo proyecto.

Los fenómenos en juego podrán ser identificados y evaluados durante el estudio de factibilidad de los proyectos; a nivel global, que es lo que corresponde al PIT, no se puede llegar más allá de una evaluación conjunta de todas estas carreteras. Por eso se calculan los indicadores económicos para el conjunto y no por carretera, y se asigna el mismo resultado a todas las carreteras. Es el caso de los proyectos siguientes:

- P1-15 + P1-17 + P1-18: La construcción del tramo Quilca-Matarani de la Costanera R 001SA (Proyecto P-17) y la pavimentación/rehabilitación de su tramo Dv. Punta Bombón-Dv. Ilo (Proyecto P-18) resulta en una desviación de tránsito de la Carretera Panamericana (R 001S) entre Camaná y Tacna en beneficio de la Costanera. El Proyecto P-17 (Dv. Aplao-Dv. Mollendo) que se ubica en la Panamericana debe analizarse en conjunto con los dos proyectos de la Costanera.
- P2-14 + P2-27: La Carretera Central (R 020) y la Carretera Lima-Canta-Cerro de Pasco (R 018) compiten potencialmente entre ellas. La demanda total de transporte entre la zona de Lima y las zonas de Cerro de Pasco, Huánuco, Tingo María y Pucallpa se reparte entre las dos carreteras según su nivel de servicio respectivo. Por ello, los proyectos P2-14 ubicado en la Carretera Central y P2-27 ubicado en la Ruta 018 deben analizarse juntos.

En otros casos, se asignó a los proyectos el resultado del Paquete al cual pertenece; es el caso de los proyectos siguientes:

- P2-6 (R 006 Chogoyape-Pte. Cumbil), P2-7 (R 010A Trujillo-Dv. Otuzco), P2-24 (R 010B Calemar-R 005N/Juanjui), P4-2 (D 106 Cajamarca): La construcción del tramo faltante Calemar-R 005N/Juanjui (Proyecto P2-24) resulta en cambios de asignación de tránsito en algunas de las carreteras del Paquete II. En el caso de los proyectos mencionados, fue difícil analizar en detalle estos cambios. Por ello se optó para asignar a estos proyectos los resultados del paquete.
- P3-3 (R 003N Corongo-Tauca): la viabilidad de la construcción de este tramo faltante de la Longitudinal de la Sierra no pudo analizarse usando los resultados del modelo, ya que la asignación de tránsito se encontró poco significativa, debido a que este tramo une zonas entre las cuales los intercambios son insignificantes. Por ello se optó para asignar a este proyecto los resultados del Paquete II.
- P4-20 (D 107 Cusco-Pisac): la viabilidad de este proyecto no pudo analizarse usando los resultados del modelo. Su realización resulta en un aumento de tránsito, debido a una desviación de tránsito de la carretera Poroy-Urubamba (D 105) cuyo análisis detallado no pudo hacerse en el marco de este estudio de planificación. Por ello se optó para asignar a este proyecto los resultados del Paquete IV
- P2-28 (R 036 Tacna-Tarata): la viabilidad de este proyecto tampoco no pudo analizarse usando los resultados del modelo. Su realización resulta en un aumento de tránsito, debido a una desviación de tránsito de la carretera Moquegua-Mazocruz (R 034) cuyo análisis detallado no pudo hacerse en el marco de este estudio de planificación. Por ello se optó para asignar a este proyecto los resultados del Paquete V.

Los resultados detallados por proyecto se presentan en el Apéndice 7/1, donde se muestran los COV anuales en las situaciones de referencia “sin proyecto” y “con proyecto”, así como los beneficios correspondientes. El Cuadro 7.2, adjunto al final de este capítulo, resume los resultados y muestra los beneficios totales, costos, relación B/C, rango y nota de los proyectos. La columna “Rango” indica la ubicación del proyecto en una lista ficticia por orden creciente del valor de la razón Beneficios / Costo en 2013 (B/C). Ya que existen

81 proyectos propuestos, la mejor nota es “81” y corresponde al proyecto con el valor máximo de B/C; la nota “1” corresponde al proyecto con el valor mínimo de B/C. La columna “Nota” atribuye al proyecto una nota igual a $(\text{Rango}/81 \times 10)$, tal como se explica en la Sección 9.1.2 del Capítulo 9. La columna “Ajustes” recuerda que unos proyectos se evalúan por grupo, tal como se explicó previamente.

7.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS PORTUARIOS

Los proyectos por evaluar son de varios tipos:

- Adquisición de equipos de manejo.
- Ampliación de áreas de almacenaje.
- Aumento del calado.
- Construcción de nuevos muelles.

Los beneficios esperados dependen del tipo de proyecto como se explica a continuación:

7.3.1. Proyectos con beneficios tangibles

Los beneficios pueden ser de tres tipos: ahorro de tiempo de servicio, ahorro de tiempo de espera y ahorro de costos globales de los barcos. Las mejoras esperadas tienen un impacto mayor en la economía de los puertos: El tiempo de los barcos tienen un valor muy alto y todo ahorro de tiempo se traduce por mejores fletes, reducción de precios CIF y economía para la comunidad nacional.

- **Ahorro de tiempo de servicio**

La puesta en servicio de equipos modernos con rendimientos más altos permite reducir la duración de las operaciones de carga/descarga y la estancia de los barcos en los amarraderos. Los beneficios correspondientes se valorizan aplicando el costo diario del barco de referencia al ahorro de tiempo.

Por consecuencia se reduce también la tasa de ocupación de los muelles, lo que a su vez reduce el tiempo de espera de los demás barcos.

- **Ahorro de tiempo de espera**

La congestión del puerto aumenta con el tráfico; se vuelve cada más alta la tasa de ocupación de los muelles, su disponibilidad baja, los barcos tienen que esperar más y más tiempo antes de poder amarrarse, etc. Una mejora en la eficiencia o la capacidad del puerto permite reducir la tasa de ocupación de los muelles, acelerar la rotación de los barcos y reducir el tiempo de espera antes de poder acceder a un puesto de amarradero libre. Los beneficios correspondientes se valorizan aplicando el costo diario del barco de referencia al ahorro de tiempo.

La construcción de nuevos muelles evidentemente aumenta la capacidad del puerto, y por eso reduce la tasa de ocupación de los amarraderos y el tiempo de espera de los barcos. Las mejoras de la eficiencia de las operaciones en tierra tienen los mismos efectos.

- **Ahorro de costos de transporte marítimo**

Todo proyecto que permite aumentar el tamaño aceptable de los barcos induce una reducción potencial de costos: el costo de transporte de una tonelada o un contenedor es tanto más barato como más grande es el barco. Corresponde en general a la construcción

o ampliación de un muelle con mayor calado, al aumento permanente del calado de un muelle existente o de un canal de acceso (profundización), o a dragados.

La estimación de estos beneficios depende de los tipos de proyecto como se explica a continuación.

i) Equipos

Equipos modernos y adaptados a la carga manejada agilizan las operaciones de carga/descarga de los barcos. Por ejemplo, una grúa móvil de muelle permite duplicar el rendimiento de una grúa de barco; una grúa pórtico lo multiplica por 2.5; una faja transportadora multiplica también la velocidad de manipuleo de graneles sólidos hasta cinco veces; grúas de patio aceleran los movimientos desde/dentro de/hacia los almacenes y patios.

Para este tipo de proyecto se valorizarán los tiempos ahorrados (i) por el barco atendido en el muelle y (ii) por los demás barcos cuyo tiempo de espera para ser atendidos se reduce.

ii) Aumento del calado

Corresponde a la profundización de un muelle existente o de un canal de acceso. Tal proyecto permite recibir naves más grandes, que tienen costos unitarios por tonelada transportada menores que las naves más pequeñas. Los beneficios de este tipo de proyectos corresponden entonces a la reducción del costo del transporte marítimo de una unidad de tráfico.

iii) Infraestructura

Cuando las otras medidas menos costosas ya se han completado (por ejemplo, mejoras organizacionales o adquisición de equipos nuevos), se propone la ampliación de la infraestructura; puede ser construcción de nuevos muelles, el ensanchamiento de muelles existentes, etc. El objetivo es aumentar la capacidad del puerto, lo que, una vez más, permite reducir el tiempo de espera de los barcos. El tiempo ahorrado se valoriza por el costo diario de un barco.

7.3.2. Proyectos con beneficios difícil a valorar

Almacenaje

Un puerto que incluya todos sus medios técnicos puede ser más eficiente que otro con operaciones fraccionadas dentro y fuera del puerto. Con una logística más práctica, es más eficiente, seguro y atractivo para operadores marítimos. Puede ofrecer costos de funcionamiento más bajos y una velocidad más alta de entrega de mercancías; permite reducir las interferencias con el medio urbano que lo rodea, y así reducir por ejemplo los picos de tráfico vial, la contaminación ambiental y el riesgo de accidentes.

Sin embargo, existen métodos alternativos al almacenaje en el recinto portuario, por ejemplo el recurrir a almacenajes -públicos o privados- externos. La pertinencia de tales alternativas depende del mercado local, de los clientes del puerto, de la eficiencia relativa de los sectores público y privado, y por ende de las características propias del puerto. La solución óptima debería ser diseñada por la autoridad portuaria y sus clientes juntos.

Según la ubicación geográfica de estos almacenes externos, los orígenes y los destinos de las mercancías, las distancias de recorrido terrestre pueden ser iguales o mayores a las que corresponden al almacenaje interno. Evaluar el ahorro potencial en costos de operación vehicular requiere un estudio en cada puerto.

Una evaluación confiable de los métodos alternativos de almacenaje no se puede llevar a cabo entonces sin estudios detallados y específicos de cada puerto, lo que queda fuera del ámbito del PIT. Por eso, no se estudiará este tipo de proyectos desde el punto de vista económico.

7.3.3. Proyectos propuestos y proyectos evaluados

Los proyectos posibles fueron presentados en la Sección 4.2 del Capítulo 4 de este informe. Los proyectos propuestos para el período hasta 2013 se muestran en el Cuadro 7.3. Los proyectos evaluados se indican por un asterisco.

Cuadro 7.3 - Proyectos portuarios propuestos hasta 2013

Terminal portuario	Infraestructura	Equipos	Almacén	Otros
Paíta		1 grúa de muelle para carga fraccionada *	Tanque para aceite de pescado	Enchufes para contenedores refrigerados
Salaverry			Silo para azúcar	
Chimbote	Ensanche de muelle *	1 faja para harina de pescado *		
	Refuerzo de muelle para contenedores *	2 grúas en rieles *		
Callao	Nuevo muelle para minerales *	Cargador radial y faja para minerales *		
	Nuevo muelle para contenedores *	4 grúas en rieles *		
San Martín			Mantenimiento	
Ilo	Profundizar Amarraderos *	1 grúa de muelle para carga fraccionada *		
Iquitos	Reconstrucción			
Yurimaguas	Nuevo muelle		Nuevas bodegas cerradas	
Pucallpa	Reconstrucción			
Pto. Maldonado	Nuevo muelle			

* Proyectos evaluados a continuación

Más allá de 2013, se proponen los siguientes proyectos que no se evaluaron:

- En Paíta, la ampliación del almacén de granos.
- En Callao, otro nuevo muelle para contenedores con sus 4 grúas en rieles.

7.3.4 Parámetros y procedimientos prácticos

i) *Tiempo de servicio*

Los rendimientos de referencia utilizados para estimar la capacidad de los puertos son los siguientes:

- En un ciclo, es decir para cada movimiento de una grúa, se moviliza:
 - una paleta de 3 toneladas de carga fraccionada, o
 - un contenedor.
- Otros parámetros se aplican a la estimación de los rendimientos reales:
 - Los contenedores son una mezcla de contenedores de 20" (1 TEU) y 40" (2 TEU); se admite que en promedio un contenedor vale 1.5 TEU.
 - La tasa de disponibilidad de los equipos es de 85 %.
 - La tasa de reestiba o movimientos inútiles de contenedores es 15 % para los contenedores y la carga fraccionada, y 5% para los granos sólidos.

Con estos parámetros se pueden estimar rendimientos “netos”, o sea útiles, a partir de los rendimientos “brutos” que corresponden a la eficiencia teórica de los equipos como se muestra en el Cuadro 7.4.

Cuadro 7.4 - Rendimientos de equipos portuarios

Tipo de equipo	Ciclos /hora	Rendimientos brutos		Rendimientos netos	
		Ton./hora	Contenedores/hr	Ton/ hora	TEU/hora
Grúa de barco	12	36	12	27	13
Grúa móvil de muelle	24	72	24	53	27
Grúa pórtico	30	90	30	67	33

Comparadas con una grúa de barco:

- Una grúa móvil de muelle permite ahorrar 50 % del tiempo.
- Una grúa pórtico permite reducirlo en 60 %.

Se puede trabajar con una combinación de equipos. Por ejemplo un barco sigue utilizando una de sus grúas y simultáneamente trabaja una grúa de muelle. El rendimiento horario pasa entonces a 80 toneladas por hora, mientras en la situación de referencia con dos grúas de barco el rendimiento era de 54 toneladas. El ahorro de tiempo en este caso es 33 %.

La capacidad anual de una pareja de dos grúas portal fue estimada a 580,000 TEU para 365 días y 24 horas de trabajo, tomando en cuenta las reducciones mencionadas anteriormente, relacionadas con las horas efectivas de trabajo (85 %) y los movimientos de reestiba (15 %). Se opera una reducción adicional del rendimiento, considerando que los operadores del transporte marítimo no serán todos clientes del nuevo servicio por razones de tarifas, de tamaño del buque u otras razones; se considera que la tasa de utilización efectiva de las grúas aumentará de un 60 % (potencial) en 2004 a 80 % en 2013 y 100 % en 2023. Así, el número efectivo de contenedores manejados por las grúas pasaría de 350,000 TEU (potencial) en 2004 a 580,000 TEU en 2023.

Para el manejo de graneles sólidos, los rendimientos dependen del tipo de mercancías y de los equipos utilizados. Para granos, se admite un rendimiento nominal de 60 toneladas por hora por bomba (y dos bombas por barco) y 250 toneladas por hora con una faja transportadora. Los rendimientos netos se deducen de los nominales por aplicación de una tasa de disponibilidad de 85 %. Para minerales (en el caso del Callao), el rendimiento efectivo con equipos tradicionales es 700 toneladas por hora mientras con una faja se puede obtener un flujo de 840 t/hora (1,200 t/hora nominal).

ii) *Tiempo de espera*

La reducción del tiempo de espera radica en la puesta en servicio de equipos eficientes y/o del aumento del número de muelles. Su magnitud depende de la tasa de ocupación de los muelles y por lo tanto del número de muelles.

Los ahorros de tiempo se evalúan por aplicación de la teoría de las colas, que permite establecer una relación estadística entre la tasa de ocupación de los amarraderos y la tasa de espera de los barcos, en relación con el número de amarraderos disponibles y las leyes de distribución de las llegadas de los barcos. Aquí se hará la hipótesis que la llegada de los barcos es perfectamente aleatoria, es decir que obedece a una función de Poisson.

Para calcular los tiempos de espera en la situación de referencia y en la situación con proyectos, se utilizará ábacos.

iii) *Costos de espera*

El costo diario de un barco depende de su tamaño, pero no es proporcional a su capacidad. Depende también de su especialización, granel sólido, granel líquido, contenedores, refrigerados. Por lo tanto, el costo por unidad de tráfico varía. En el PIT se consideran solamente los barcos más comunes y que podrían beneficiarse de los proyectos propuestos: granel sólido y carga general, y porta-contenedores.

Actualmente, es difícil predecir el costo de espera de un barco porque el mercado es históricamente muy volátil especialmente desde hace tres años. Las razones mayores son la expansión rápida del transporte marítimo, el aumento espectacular de la demanda impulsada por países como China, la falta de órdenes de construcción de barcos para graneles sólidos en los años deprimidos, el tiempo requerido para poner en servicio nuevos barcos, el tipo de cambio deprimido del US dólar, etc. Por unos años más seguirá siendo volátil el mercado; más allá, los especialistas no se arriesgan a hacer pronósticos definitivos.

Para ilustrar los cambios registrados en los últimos años, se presenta a continuación el Gráfico 7.1 que muestra las tasas de contratación de porta-contenedores entre 1998 y 2004.

La evolución, aunque menos errática, es similar para barcos a granel sólidos como lo muestra el Gráfico 7.2.

En dos años, los precios fueron multiplicados por 2 ó 3. Son obviamente precios especulativos que no representan los costos reales (que no han cambiado), sino el estado del mercado y de la relación demanda-oferta.

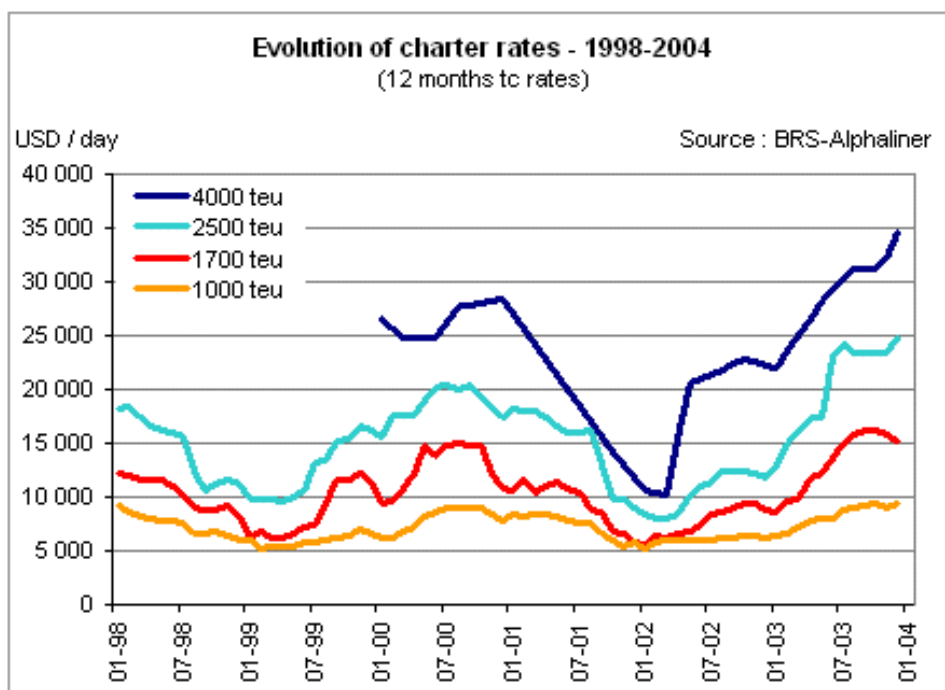


Gráfico 7.1 - Evolución de las tasas de contratación de porta contenedores

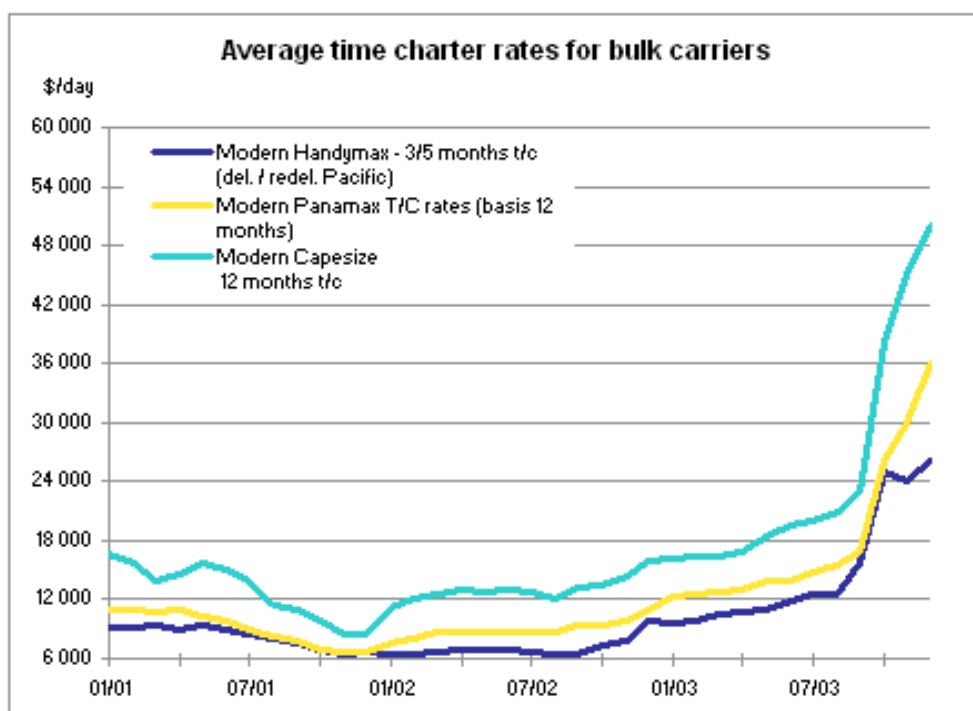


Gráfico 7.2 - Evolución de las tasas de contratación de barcos a granel sólido

En tal contexto, se deben definir precios de referencia que no son los precios actuales, pero más bien tratan de dar un orden de magnitud realista de los costos para el largo plazo. Los

costos de referencia utilizados en este estudio son parecidos a los mencionados en el PNDP para el año 2003; se muestran en el Cuadro 7.5.

Cuadro 7.5 - Costos de espera

Tipo de nave	TEU	TPM (t)	Carga útil (t)	Costo (US\$/día)
Feeder	750	10,000 - 34,000	10,000	9,000
Handymax	1,500	35,000 - 49,000	20,000	14,000
Sub-Panamax	2,500	50,000 - 79,000	40,000	20,000

En función del tamaño promedio de los barcos en cada puerto, se utilizará el costo unitario adaptado. En el caso general, se trata de barcos feeder, recibidos en todos los puertos marítimos del PIT. En los casos de Callao y de Ilo, se admite una distribución variable de tipos autorizada por el calado existente o proyectado de los muelles; se mencionan las hipótesis de trabajo en los párrafos respectivos a estos puertos.

iv) Costos de transporte

El costo diario de un barco en alta mar es similar a los costos de espera; la única diferencia es el costo del combustible. Se puede admitir que el sobre costo en alta mar es del orden de 20 % más que el costo de espera.

En función del tamaño promedio actual de los barcos en cada puerto, y del tamaño futuro permitido por el puerto, se utilizarán los costos unitarios correspondientes para estimar la reducción del costo de transporte esperada de un aumento del calado.

Para calcular el flete promedio de una carga manejada por el puerto se ponen las hipótesis adicionales siguientes: la tasa de carga del barco es 80 % y la duración del viaje marítimo es 20 días. Los costos unitarios del flete que resultan de estas hipótesis son los que se muestran en el Cuadro 7.6.

Cuadro 7.6 - Costos de flete

Tipo de nave	Costo
Feeder	20.3 US\$/t
Handymax	15.8 US\$/t
Sub-Panamax	11.3 US\$/t

v) Beneficio económico relacionado con el tiempo ahorrado

Según la práctica de los actores marítimos, los beneficios que radican en la reducción del tiempo de servicio y de espera se comparten entre los puertos y los operadores: el ahorro de tiempo se traduce por una reducción de los fletes (el “pronto despacho”) del orden de 50 % del beneficio total, lo que beneficia a la comunidad nacional. La otra mitad del ahorro queda con el operador marítimo. Se considera entonces como ahorro para la evaluación económica la mitad de la reducción del costo de espera de los barcos.

vi) Costos de inversión y de mantenimiento

Los costos de inversión se muestran en el Cuadro 4.2, adjunto al final del Capítulo 4 de este informe.

Los costos anuales de mantenimiento se estiman como una fracción del costo de inversión como se muestra en el Cuadro 7.7.

Cuadro 7.7 - Costos de mantenimiento

Tipo de infraestructura o equipo	% del costo
Infraestructura	0.5 %
Grúa móvil de muelle	5.0 %
Grúa portal	2.0 %
Faja transportadora	1.0 %

7.3.5 Evaluación de los proyectos

El detalle de las hipótesis y los cálculos se presentan en el Apéndice 7/2. Se presentan a continuación las directrices de la evaluación y los resultados principales.

i) Aspectos comunes a todos los proyectos

El año 2007 se considera como el año de puesta en servicio del proyecto. Esta hipótesis no prejuzga de la fecha de realización efectiva pero proporciona una referencia única que permite comparar los proyectos entre sí.

Se contabilizan las inversiones de infraestructura y de fajas transportadoras por parte igual en 2006 y 2007, y las compras de equipos en totalidad en 2007. Se consideran los flujos económicos de mantenimiento y beneficios a lo largo de un período de 20 ó 21 años, hasta 2026. Se calculan los indicadores económicos siguientes:

1. Valor Actual Neto (VAN) = valor actualizado del balance entre costos y beneficios, calculado con una tasa de descuento de 14 %.
2. Tasa Interna de Retorno (TIR) = la tasa de actualización que anula el VAN.
3. Razón Beneficio/Costo del primer año (RPA) = la razón de los beneficios en 2007 en relación al costo de inversión total.

ii) Terminal Portuario de Paita

El proyecto consiste en adquirir una grúa móvil de muelle para la carga fraccionada. Permite reducir el tiempo de carga y descarga, es decir el tiempo de servicio en tierra. Comparado con la actual práctica de utilizar las grúas del barco, el rendimiento efectivo puede pasar de 53 a 80 toneladas por hora, o sea un aumento de 50% (y una reducción de 33% del tiempo de servicio), lo que se traduce por un ahorro de tiempo de:

- 650 horas en 2013,
- 720 horas en 2023.

Valorizada por el costo diario de espera de los barcos feeders, el ahorro económico se eleva de 180,000 US\$ en 2013 a 200,000 US\$ en 2023. La inversión inicial en 2007 es 800,000 US\$. Los indicadores económicos resultan ser los siguientes:

- VAN: 132,000 US\$
- TIR: 19 %
- RPA: 22 %

A pesar de un tráfico relativamente modesto, la inversión es rentable inmediatamente.

Los siguientes proyectos propuestos en Paita (véase Sección 4.2.1 del Capítulo 4 de este informe) no se evaluaron:

- ampliación del almacén de granos,
- tanque para aceite de pescado,
- enchufes para contenedores refrigerados.

Por consistir en proyectos en relación con el almacenaje, estos proyectos no se evaluaron desde el punto de vista económico, como se explicó en la Sección 7.3.1. Sin embargo, se tomaron en cuenta en el Programa Decenal de Inversión y el Programa de Inversión a Largo Plazo (véase Capítulos 3 y 7 de la Parte 5 del Informe Final).

iii) Terminal Portuario de Salaverry

Por tratarse de un proyecto relacionado con el almacenaje, el proyecto de ampliación del silo a azúcar planteado en este puerto (véase Sección 4.2.2 del Capítulo 4 de este Informe), no se evaluó desde el punto de vista económico, como se explicó en la Sección 7.3.2. Sin embargo, se tomó en cuenta en el Programa Decenal de Inversión (véase Capítulo 3 de la Parte 5 del Informe Final).

iv) Terminal Portuario de Chimbote

En Chimbote se proponen dos proyectos para resolver el problema de congestión del muelle actual. Este muelle es demasiado estrecho como para atender dos barcos simultáneamente; se puede ensanchar el muelle para permitir cargar y descargar dos barcos al mismo tiempo, y/o instalar una faja transportadora para la harina de pescado a fin de reducir el tiempo de servicio y por lo tanto la tasa de ocupación de los amarraderos.

Ensanche del muelle

Este proyecto cuesta 2.6 millones de US\$. Permite dividir por dos la tasa de ocupación de los amarraderos, lo que se traduce en ahorros de tiempo de espera de los barcos. El ábaco de tiempo de espera indica que este tiempo será dividido por 20 a 30 según los años. Los ahorros pasan de 3.8 a 6.2 millones de US\$ entre 2013 y 2023. Por eso los valores de los indicadores económicos son elevados:

- VAN: 21 millones de US\$
- TIR: 186 %
- RPA: 123 %

El proyecto es más que rentable, inmediatamente.

Faja transportadora

El segundo proyecto consiste en instalar una faja transportadora, que permite multiplicar por dos el rendimiento de las operaciones de carga y descarga. Así se puede dividir por dos

también la tasa de ocupación de los amarraderos. Finalmente, este proyecto tiene casi los mismos efectos que el primero, ya que en ambos casos se multiplica por dos la eficiencia del puerto.

Los ahorros de tiempo de servicio se valorizan de 3.7 a 6.0 millones de US\$ entre 2013 y 2023. Pero con un costo de inversión más bajo (2 millones de US\$), los indicadores económicos son un poco más elevados:

- VAN: 25 millones de US\$
- TIR: 300 %
- RPA: 186 %

Este proyecto es entonces rentable también inmediatamente.

v) *Terminal Portuario del Callao*

En Callao se consideran varios proyectos para el primer período hasta 2013, dos para contenedores, uno para minerales.

Proyecto TPC 1: Refuerzo del Muelle 5 y compra de 2 grúas portales

El primer proyecto para contenedores consiste en reforzar el Muelle 5 para poder instalar dos grúas portales. Permitirá aumentar el rendimiento de las operaciones de carga y descarga de 27 TEU/hora con las dos grúas del barco a 67 TEU/hora con las grúas portal (véase Cuadro 7.4). El número efectivo de contenedores manejados por las dos grúas pasaría de 350,000 TEU (potencial) en 2004 a 580,000 TEU en 2023 (véase Sección 7.3.4.i).

Los beneficios se calculan sobre este tráfico máximo manejado por las grúas, siendo lo demás tráfico manejado por las grúas de barco.

Los ahorros de tiempo de servicio se estiman en 10,500 horas por año en 2013 y 13,000 horas en 2023. La reducción del tiempo de servicio permite disminuir la tasa de ocupación de los amarraderos dedicados a contenedores; la evolución será la siguiente:

Año	<u>2004</u>	<u>2013</u>	<u>2023</u>
Sin proyecto	41 %	60 %	93 %
Con proyecto	26 %	40 %	68 %

El valor económico del tiempo ahorrado aumenta progresivamente porque el tamaño de los barcos atendidos aumenta; se supone que la distribución entre tipos cambia de la manera siguiente:

Año	<u>2004</u>	<u>2013</u>	<u>2023</u>
Feeder	50 %	25 %	25 %
Handymax	25 %	25 %	50 %
Sub-Panamax	25 %	50 %	60 %

Ponderado por esta distribución, el ahorro unitario promedio de un barco será el siguiente:

2004: 280 US\$/hora
 2013: 333 US\$/hora
 2023: 354 US\$/hora

Los costos de inversión se estimaron en 3 millones de US\$ para la infraestructura más 13 millones de US\$ para las grúas.

Los beneficios resultan a la vez de la agilización de las operaciones de carga y descarga (entonces de la reducción del tiempo de servicio) y de la reducción del tiempo de espera ofrecida por la disminución de la tasa de ocupación de los amarraderos.

Los beneficios de la primera categoría aumentan lentamente, de 3.5 a 4.6 millones de US\$ entre 2013 y 2023. Los beneficios de la segunda categoría al contrario aumentan en forma exponencial con las tasas de ocupación, conforme al ábaco de tiempo de espera. Estimados en un valor mínimo en 2004, se elevan de 0.6 millón de US\$ en 2013 a unos 26 millones de US\$ en 2023.

Al final, los indicadores económicos se elevan a los valores siguientes:

- VAN: 29 millones de US\$
- TIR: 31 %
- RPA: 17 %

Proyecto TPC 2: Nuevo Muelle (ex-9) y compra de 4 grúas portal

Este nuevo muelle atenderá los contenedores en exceso de la capacidad del Muelle 5; se estima el tráfico en unos 180,000 TEU en 2013 y 680,000 TEU en 2023. A corto plazo, el tráfico sería mínimo, pero aumentará rápidamente. Este proyecto permitirá satisfacer las necesidades más allá de 2023.

Los ahorros de tiempo de servicio crecerán al mismo ritmo: 4,000 horas en 2013, 15,000 horas en 2023. Estos mismos permiten reducir la tasa de ocupación de los muelles y ahorrar tiempos de espera también; se estiman los ahorros en 140 horas en 2013 y 5,300 horas en 2023.

El costo del proyecto se eleva a más de 160 millones de US\$, por ser muy alto el costo de la infraestructura (132 millones de US\$). Los ahorros de tiempo no generan suficientes beneficios económicos, y los que generan aparecen demasiado tarde como para compensar la inversión inicial y los costos de mantenimiento. Los indicadores económicos toman valores negativos:

- VAN: -121 millones de US\$
- TIR: negativo
- RPA: 0 %

Estos resultados se deben primero al alto costo de la inversión en infraestructura; con una inversión reducida de 50 %, la TIR vale 0 %; sin inversión en infraestructura, la TIR vale 7 %. Esto porque casi todos los beneficios resultan de la puesta en servicio de las grúas portales. La segunda razón de la falta de rentabilidad es la fecha de realización: con el tráfico de contenedores proyectado, no se justifican grúas portales adicionales antes de 2018-2019.

Proyecto TPC 3: Nuevo Muelle 6A y faja transportadora para minerales

El proyecto consiste en mover las operaciones de los concentrados de minerales hacia un nuevo muelle y abastecer los buques mediante una faja transportadora y un cargador radial.

La faja permite aumentar considerablemente el rendimiento de las operaciones y reducir el tiempo de servicio. Simultáneamente, permitirá reducir la tasa de ocupación del muelle y el tiempo de espera de los barcos. Como se mencionó anteriormente, el rendimiento del sistema actual de carga es 700 t/hora, mientras con la faja nueva sería 840 t/hora.

Los ahorros de tiempo pasarían de 520 horas en 2013 a 630 horas en 2023. La tasa de ocupación del muelle se reduciría, en 2023, de 57 % a 48 %, lo que genera ahorros de tiempo de espera para los demás buques, estimados a 1,500 horas en 2013 y 3,200 horas en 2023.

Con una inversión total de 14 millones de US\$, los indicadores económicos valen:

- VAN: -8 millones de US\$
- TIR: 2 %
- RPA 3 %

Estos resultados se deben a la poca diferencia de rendimiento entre los equipos actuales y propuestos.

Cabe destacar que el proyecto de otro nuevo muelle para contenedores que remplazaría a los actuales Muelles 1, 2, 3 y 4 mencionados en la Sección 4.2.4 del Capítulo 4 de este informe, no se evaluó ya que se trata de un proyecto a largo plazo.

vi) Terminal Portuario General San Martín

Por consistir en proyecto en relación con el almacenaje, el proyecto de almacenaje de granel sólido planteado en este puerto (véase Sección 4.2.5 del Capítulo 4 de este informe), no se evaluó desde el punto de vista económico, como se explicó en la Sección 7.3.2. Sin embargo, se tomó en cuenta en el Programa Decenal de Inversión (véase Capítulo 3 de la Parte 5 del Informe Final).

vii) Terminal Portuario de Ilo

En Ilo se proponen dos proyectos: la compra de una grúa móvil de muelle para manejar la carga fraccionada, y la profundización de los amarraderos 1C y 1D para recibir barco de tipo Handy (véase Sección 4.2.7 del Capítulo 4 de este informe).

Proyecto T.P. Ilo 1: compra de una grúa móvil de muelle

Con dos grúas de buque, el rendimiento promedio es de 56 toneladas por hora, mientras se eleva a 80 toneladas por hora con una combinación de un grúa de buque y una grúa móvil. Este aumento de 50 % permite reducir el tiempo de servicio de 960 horas en 2013 y de 1,170 horas en 2023.

Simultáneamente se reduce la tasa de ocupación de los muelles, lo que lleva ahorros adicionales en tiempos de espera de los demás buques. Las tasas de ocupación serían las siguientes:

Año	2004	2013	2023
Sin proyecto	29 %	34 %	41 %
Con proyecto	20 %	23 %	27 %

La valorización de estos ahorros de tiempo de espera se basa en el costo promedio de los buques atendidos. Con la profundización objeto del segundo proyecto, se espera un cambio en la distribución de buques por tipo, de la manera siguiente:

Año	2004	2013	2023
Fedder	100 %	75 %	50 %
Handy	0 %	25 %	50 %

Ponderado por esta distribución, el ahorro unitario promedio de un barco será el siguiente:

2004: 281 US\$/hora

2013: 320 US\$/hora

2023: 359 US\$/hora

Los costos de inversión se estimaron a 800,000 US\$ para la grúa.

Los beneficios acumulados debidos a los ahorros de tiempo aumentan lentamente porque el puerto no será congestionado aún en la situación sin proyecto. Pasan de 390,000 US\$ en 2013 a 650,000 US\$ en 2023. Los indicadores económicos se elevan a los valores siguientes:

- VAN: 2 millones de US\$
- TIR: 71 %
- RPA: 40 %

La inversión está justificada inmediatamente. Aún si no se realiza el segundo proyecto, el primero queda altamente rentable, con una TIR de 65 % y un RPA de 38 %.

Proyecto T.P. Ilo 2: profundización de los amarraderos 1C y 1D

Este proyecto permitirá atender buques de mayor tamaño; la distribución entre tipos de buques se mencionó en los párrafos anteriores. La inversión inicial se estima en 1.5 millones de US\$.

Los beneficios consisten en una disminución de los fletes promedios. Con la distribución de buques que se espera lograr con el proyecto (véase Proyecto T.P. Ilo 1), los fletes serán los siguientes:

- En 2004: 19.5 US\$/tonelada.
- En 2013: 18.6 US\$/tonelada.
- En 2023: 17.4 US\$/tonelada.

Los beneficios esperados se estiman en 450,000 US\$ en 2013 y 940,000 US\$ en 2023. Los indicadores económicos se elevan a los valores siguientes:

- VAN: 1.2 millones de US\$
- TIR: 25 %
- RPA: 13 %

viii) Terminales fluviales

Los proyectos identificados en la Sección 4.2.9 del Capítulo 4 de este informe no se evaluaron desde el punto de vista económico, por las siguientes razones:

- Reconstrucción de los terminales portuarios de Iquitos y Pucallpa: estos proyectos ya tienen un estudio de factibilidad más detallado que la evaluación que se podría llevar a cabo en el marco del PIT.
- Terminales portuarios de Yurimaguas y Puerto Maldonado: estos proyectos se identificaron con base a la información del PNDP y no se encontró información confiable para evaluar sus beneficios en términos monetarios, en particular, respecto a los costos de operación y de espera de las embarcaciones fluviales.

Sin embargo se tomaron en cuenta en el Programa Decenal de Inversión (véase Capítulo 3 de la Parte 5 del Informe Final).

7.3.6. Resumen de los resultados de evaluación

Los resultados del análisis económico de los proyectos portuarios evaluados se resumen en el Cuadro 7.8 a continuación.

Cuadro 7.8 - Resumen de los resultados de evaluación económica de los proyectos portuarios

Puerto	Proyecto	Inversión (M US\$)			VAN (M US\$)	TIR	RPA
		Infra	Equipos	Total			
Paita	1 grúa de muelle para carga fraccionada		0.8	0.8	0.1	19%	22%
Chimbote	Ensanche de muelle	2.6		2.6	21.1	186%	123%
Chimbote	1 faja para harina de pescado		2.0	2.0	24.6	300%	186%
Callao	Refuerzo Muelle 5 para contenedores y 2 gruas portal	3.0	13.0	16.0	29.0	31%	17%
Callao	Nuevo Muelle ex-9 para contenedores y 4 gruas portal	132.5	28.0	160.5	-120.9	negativo	0%
Callao	Nuevo Muelle 6A y 1 faja para minerales	7.1	6.9	14.0	-8.0	2%	3%
Ilo	1 grúa de muelle para carga fraccionada		0.8	0.8	2.0	71%	40%
Ilo	Profundizar amarraderos 1C y 1D	1.5		1.5	1.2	25%	13%
Total		146.7	51.5	198.2			

La realización de la mayoría de los proyectos se justifica inmediatamente.

Las excepciones conciernen el terminal portuario del Callao:

- El nuevo muelle para contenedores no es rentable a corto plazo porque el tráfico de contenedores será demasiado bajo como para justificar el alto monto de la inversión.
- El nuevo muelle para minerales y su equipo no representa una mejora suficientemente significativa del rendimiento de las operaciones como para justificar la inversión en infraestructura.

7.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS AEROPORTUARIOS

Los proyectos identificados son distintos en naturaleza. Las grandes categorías son:

- La adquisición de equipos de seguridad.
- La ampliación de terminales de pasajeros.
- La construcción de torres de control.
- La ampliación de la plataforma.
- El mejoramiento de la pista (refuerzo o rehabilitación).
- La ampliación de la pista (alargamiento).

Según el estado actual de la infraestructura y de los equipos, y en función de las proyecciones de tráfico, se recomienda la realización del proyecto durante el primer período del plan (2005-2013) o el segundo (2013-2023). Los Cuadros 5.6 y 5.7, adjuntos al final del Capítulo 5 de este informe, muestran el detalle de la estimación de costos de capitales y de operación de los proyectos propuestos respectivamente.

Los beneficios esperados dependen del tipo de proyecto como se explica a continuación.

7.4.1. Proyectos con beneficios difíciles a valorar

En el caso de la adquisición de **equipos de seguridad**, el objetivo es conformar el aeropuerto a las normas internacionales; es imprescindible para que el aeropuerto siga abierto al tráfico público. Por eso no se realizan estudios económicos para tales “proyectos”.

Si el proyecto es la **ampliación de los terminales de pasajeros**, se trata de mejorar el confort y el ambiente de los pasajeros, y de agilizar los trámites de embarque/desembarque. En general, tales inversiones se justifican por el tiempo que se supone pueden ganar los pasajeros; pero se pueden estimar solamente cuando el aeropuerto ya se encuentra en situación de congestión. En los aeropuertos del PIT, las necesidades identificadas no son críticas y no comprometen la operación del aeropuerto, es decir que el tamaño del terminal no es un limitante para el tráfico. Las pérdidas de tiempo son nulas o mínimas, y si fuera el caso ocurrirían en casos excepcionales y periodos cortos.

En otras palabras, con este tipo de proyecto no se puede esperar derivar o generar tráfico adicional, ni siquiera disminuir los costos de operación. Por otra parte, no existen criterios suficientemente sólidos como para evaluar el valor del confort, por lo cual no se valorizará el interés económico de tales proyectos.

La **ampliación de plataformas** se justifica por la adecuación de las zonas técnicas al número de movimientos y tiempo de espera de los aviones; se dimensionan para un período crítico, excepcional por definición. Corresponde a normas técnicas para lograr un nivel de seguridad adecuado y una operación eficiente del aeropuerto; no se pueden aislar del concepto general y características propias del aeropuerto en su conjunto. Se considera como un requerimiento que no se puede justificar económicamente de manera independiente.

La **construcción de torres de control** obedece también a consideraciones de seguridad y de conveniencia, parcialmente sustentadas por normas internacionales. No se puede justificar del punto de vista económico en forma aislada.

7.4.2. Proyectos con beneficios tangibles

Para los otros tipos de proyecto se pueden cuantificar los beneficios, como se describe a continuación. Los proyectos identificados para el período 2004-2013 y que se pueden evaluar son los que se muestran en el Cuadro 7.9.

Mejoramiento de las pistas de aterrizaje

Las malas condiciones de la infraestructura ponen las aeronaves y sus pasajeros en riesgo. Las aeronaves equipadas con turbinas pueden succionar las partículas sueltas que se encuentran en la superficie de la rodadura de la pista de aterrizaje. Pueden quebrar su tren de aterrizaje, y se pueden descalibrar sus instrumentos debido a las vibraciones por el mal estado de la pista. El

riesgo mayor es el colapso de los aviones, que pueden ocasionar pérdidas de vidas humanas además del deterioro o de la pérdida de las aeronaves mismas. Es difícil encontrar un criterio satisfactorio para estimar la probabilidad y la gravedad de tales accidentes, por lo que este tipo de beneficios no se puede cuantificar.

Cuadro 7.9 - Proyectos aeroportuarios del programa decenal de PIT

	Periodo 2005-2013		
	Rehabilitación/ mejoramiento de pista	Ampliación de pista	Total
Tumbes	1		1
Piura	1		1
Chiclayo	1		1
Trujillo			0
Cajamarca			0
Tarapoto			0
Iquitos	1	1	2
Pucallpa			0
Ayacucho	1		1
Cusco	1		1
Puerto Maldonado	1		1
Juliaca			0
Arequipa	1		1
Tacna	1		1
Subtotal PIT	9	1	10

Las autoridades pueden tomar medidas conservadoras como la limitación de los movimientos, hasta el cierre del aeropuerto; las mismas empresas aéreas pueden reducir la frecuencia de sus vuelos, hasta suspender la operación, y aumentar sus tarifas. Tales medidas crean una espiral de regresión: aumento de costos, aumento de tarifas, reducción de tráfico, lo cual genera a su vez un aumento de costos unitarios etc. Además, por no cumplir con las normas, se pueden aplicar sanciones por parte de organizaciones internacionales como la OACI. Los beneficios potenciales de esta índole son de tipo cualitativo; se concretizan solamente en situaciones extremas de desgaste avanzado de la pista, lo que no debería ocurrir en aeropuertos importantes como los del PIT. No se pueden valorizar sin un estudio específico de los riesgos en cada aeropuerto, y sin armar un escenario de consecuencias altamente discutible.

El efecto más concreto corresponde a ahorros en gastos de mantenimiento. El objetivo del mejoramiento de pistas es adecuar la resistencia del pavimento al tráfico esperado (refuerzo) o realizar el mantenimiento periódico -pero diferido- del mismo (rehabilitación). Si no se realiza, la pista sigue deteriorándose de manera acelerada; se gasta grandes cantidades de dinero en operaciones de mantenimiento curativo, que sin embargo no permiten conservar la pista en un estado bueno; cada año se repiten las mismas operaciones de emergencia. Con el proyecto el mantenimiento se limita a las operaciones periódicas normales cada 15 ó 20 años. El proyecto permite entonces poner fin a un despilfarro de recursos. Estos beneficios sí se pueden cuantificar.

En conclusión, este tipo de proyecto se estudiará desde el punto de vista económico con base a ahorros de costos de mantenimiento.

Ampliación de las pistas de aterrizaje

La ampliación de pistas se requiere cuando se cambia el avión de diseño del aeropuerto. Las obras permiten recibir aviones más pesados, con más capacidad útil, lo que permite reducir los costos unitarios de viaje, sea de pasajeros o de carga. Allí radica el beneficio esperado de la obra. Sin embargo, con base en las proyecciones de tráfico, no parece necesario aumentar el tamaño de los aviones que prestan servicio en el país; si se valida esta conclusión, no habría materia a realizar un estudio económico, ya que no se podrían identificar beneficios.

7.4.3. Parámetros y procedimientos prácticos

Los proyectos de mejoramiento por realizar antes de 2013 conciernen nueve aeropuertos: Tumbes, Piura, Chiclayo, Iquitos, Ayacucho, Cuzco, Puerto Maldonado, Arequipa y Tacna.

Para estimar el ahorro en gastos de mantenimiento y rehabilitación, se arma un calendario de degradación de la pista en una situación “de referencia” -sin proyecto- y otro en la situación “con proyecto” que incluye la inversión inicial. El escenario de degradación utilizado en los Estados Unidos de América se presenta en el Apéndice 7/3. Corresponde a los criterios siguientes:

- La vida útil de una pista es 20 años.
- Durante los 15 primeros años, la pista pierde progresivamente 40 % de su calidad, lo que es aceptable.
- En el año 15 se debe reforzar la pista.
- Sino, la pista sigue deteriorándose a un ritmo acelerado: pierde de nuevo 40% de su calidad en 3 años.
- Después de estos tres años adicionales, el costo de rehabilitación “diferida” sube a 4 ó 5 veces el costo del refuerzo normal después de 15 años.
- Si no se hace nada, la condición de la pista pasa a ser pésima y el aeropuerto se vuelve fuera de uso.

Los beneficios de los proyectos de mejoramiento resultan entonces del ahorro de una inversión futura mucho mayor. Para realizar los cálculos se admiten, en forma más conservadora que el escenario descrito, las hipótesis siguientes:

- La rehabilitación “diferida” vale 4 veces el costo de la inversión “normal”.
- Ocurriría 5 años después del mejoramiento “normal”.

Por otra parte se admite que no existe diferencia significativa entre los costos de mantenimiento rutinario de las situaciones “sin” y “con” proyecto.

La diferencia entre los dos flujos de caja constituye los beneficios del proyecto.

Los proyectos de ampliación por realizar antes de 2013 conciernen un solo aeropuerto: Iquitos. Ya que no se prevé el cambio de aeronave de diseño y que las proyecciones de tráfico confirman que no habrá necesidad de operar aviones más grandes, no se valorizan beneficios al respecto. Pero la ampliación incluye un mejoramiento y este componente del proyecto lleva su beneficio como se ha explicado anteriormente.

A diferencia de los proyectos de mejoramiento, la ampliación de la pista genera gastos adicionales de mantenimiento, debido a la mayor longitud de pista por atender. Estos gastos adicionales se deducen de los beneficios relacionados al mejoramiento.

7.4.4. Evaluación de los proyectos propuestos

El detalle de las hipótesis y los cálculos se presentan en el Apéndice 7/4. Se presentan a continuación las directrices de la evaluación y los resultados principales.

i) Aspectos comunes a todos los proyectos

El año 2007 se considera como el año de puesta en servicio del proyecto. Esta hipótesis no prejuzga la fecha de realización efectiva, pero proporciona una referencia única que permite comparar los proyectos entre sí.

Se contabilizan las inversiones de infraestructura en 2006. Se consideran los flujos económicos de mantenimiento y beneficios a lo largo de un período de 21 años, hasta 2026. Se calculan los indicadores sintéticos siguientes:

1. Valor Actual Neto (VAN) = valor actualizado del balance entre costos y beneficios, calculado con una tasa de descuento de 14 %.
2. Tasa Interna de Retorno (TIR) = la tasa de actualización que anula el VAN.
3. Razón Beneficio/Costo del primer año (RPA) = la razón de los beneficios en 2007 en relación al costo de inversión total.

ii) Proyectos de mejoramiento

Si la inversión se contabiliza en 2006, el ahorro de costos de rehabilitación “diferida” se valoriza en 2011 (cinco años después). Estos gastos son los únicos que se toman en cuenta. Los indicadores económicos son entonces iguales para todos los proyectos:

- VAN: 93 % de la inversión inicial
- TIR: 32 %
- RPA: 0% (porque los beneficios aparecen solamente en el año 5 del período de estudio).

iii) Proyectos de ampliación y mejoramiento

Concierne solamente Iquitos. Los beneficios son los que corresponden al mejoramiento. Los gastos son:

- La inversión inicial estimada en 18.5 millones de US\$.
- El aumento de costos de mantenimiento debido a la ampliación: 82,173 US\$ por año.

Los indicadores económicos son los siguientes:

- VAN: 17.0 Millones de US\$ (88 % de la inversión inicial)
- TIR: 32 %
- RPA: 0 % (porque los beneficios aparecen solamente en el año 5 del período de estudio).

7.4.5. Resumen de los resultados de evaluación

Los resultados del análisis económico de los proyectos aeroportuarios evaluados se resumen a continuación en el Cuadro 7.10.

Cuadro 7.10 - Resumen de los resultados de evaluación económica de los proyectos aeroportuarios evaluados

Aeropuerto	Proyecto	Inversión (M US\$)	VAN (M US\$)	TIR	RPA	B/C
Tumbes	Mejoramiento de pista	5.6	5.2	31.7%	0%	93%
Piura	Rehabilitación de pista	5.6	5.2	31.7%	0%	93%
Chiclayo	Rehabilitación de pista	5.7	5.3	31.7%	0%	93%
Iquitos	Ampliación y mejoramiento de pista	18.5	17.0	31.6%	0%	92%
Ayacucho	Rehabilitación de pista	4.1	3.8	31.7%	0%	93%
Cusco	Rehabilitación de pista	7.7	7.1	31.7%	0%	93%
Puerto Maldonado	Rehabilitación de pista	7.9	7.3	31.7%	0%	93%
Arequipa	Mejoramiento de pista	6.7	6.2	31.7%	0%	93%
Tacna	Mejoramiento de pista	5.6	5.2	31.7%	0%	93%
TOTAL		67.3	62.3			93%

Considerando que por razones metodológicas todos los proyectos de mejoramiento/rehabilitación tienen los mismos resultados económicos, la priorización de ellos deberá tomar en cuenta criterios adicionales, lo que se indica a continuación en el análisis multicriterio (véase Capítulo 9).

Una prueba de sensibilidad se realizó para medir el efecto de la hipótesis más fuerte de la evaluación, o sea el costo de rehabilitación futura ahorrado si se realiza el proyecto propuesto. En vez de un factor 4 se aplicó un factor 2 al costo ahorrado. En este caso los indicadores económicos bajan hasta los valores siguientes que se muestran en el Cuadro 7.11. Los proyectos quedan rentables según el criterio adoptado.

Cuadro 7.11 - Sensibilidad de los resultados a la hipótesis de costo

Aeropuerto	Proyecto	Inversión (M US\$)	VAN (M US\$)	TIR	RPA	B/C
Tumbes	Mejoramiento de pista	5.6	0.1	14.4%	0%	2%
Piura	Rehabilitación de pista	5.6	0.1	14.4%	0%	2%
Chiclayo	Rehabilitación de pista	5.7	0.1	14.4%	0%	2%
Iquitos	Ampliación y mejoramiento de pista	18.5	0.1	14.2%	0%	1%
Ayacucho	Mejoramiento de pista	4.1	0.1	14.4%	0%	2%
Cusco	Rehabilitación de pista	7.7	0.1	14.4%	0%	2%
Puerto Maldonado	Rehabilitación de pista	7.9	0.1	14.4%	0%	2%
Arequipa	Mejoramiento de pista	6.7	0.1	14.4%	0%	2%
Tacna	Mejoramiento de pista	5.6	0.1	14.4%	0%	2%
TOTAL		67.3	1.0			1%

El Cuadro 7.12 resume los proyectos no evaluados, los cuales, por consistir en proyectos de adquisición de equipos de seguridad, de ampliación de terminales de pasajeros, de construcción de torre de control o ampliación de plataforma, no se evaluaron desde el punto de vista económico, como se explicó en la Sección 7.4.1. Tampoco se evaluaron los proyectos previstos después de 2013. Sin embargo se tomaron en cuenta en el Programa Decenal de Inversión y el Programa de Inversión a Largo Plazo (véase Capítulos 3 y 7 de la Parte 5 del Informe Final).

Cuadro 7.12 - Proyectos aeroportuarios no evaluados

Aeropuerto	Proyecto	Período	Descripción
Tumbes	Reubicación del terminal de pasajeros	2013-2023	Con expansión de por lo menos 140 m ²
	Nueva plataforma de est. y calle de rodaje	2013-2023	
Piura	Adquirir equipo ARFF	2003-2013	Un vehículo, para cumplir con las normas OACI
Trujillo	Adquirir equipo ARFF	2003-2013	Un vehículo, para cumplir con las normas OACI
	Reubicación de terminal de pasajeros	2013-2023	
	Nueva plataforma de est. y calle de rodaje	2013-2023	
Cajamarca	Adquirir equipo ARFF	2003-2013	Un vehículo, para cumplir con las normas OACI
Tarapoto	Adquirir equipo ARFF	2003-2013	Un vehículo, para cumplir con las normas OACI
	Construcción de una torre de control	2003-2013	
Iquitos	Ampliación de terminal de pasajeros	2003-2013	
Pucallpa	Ampliación de plataforma	2003-2013	Incrementar a 3,000 m
	Ampliación de pista	2013-2023	
	Construcción de una calle rodaje	2013-2023	
	Ampliación de terminal de pasajeros	2013-2023	
Ayacucho	Adquirir equipo ARFF	2003-2013	Un vehículo, para cumplir con las normas OACI
Cusco	Ampliación de terminal de pasajeros	2003-2013	Expansión de aproximadamente 2,600 m ²
	Rehabilitación de plataforma	2003-2013	
Puerto Maldonado	Construcción de una torre de control	2003-2013	
	Adquirir equipo ARFF	2003-2013	
Arequipa	Ampliación de terminal de pasajeros	2013-2023	Expansión de por lo menos 140 m ²