

**Informe Final**  
**Evaluación Social Puente sobre el Canal de Chacao**  
**Mayo de 2012**

---

## ÍNDICE DE CONTENIDOS DEL INFORME

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Descripción del Proyecto</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Metodología de Evaluación del Proyecto</b>	<b>5</b>
3.1	<b>PARÁMETROS</b>	<b>5</b>
3.2	<b>PRECIOS SOCIALES</b>	<b>6</b>
3.3	<b>ESTIMACIÓN DE DEMANDA</b>	<b>6</b>
3.4	<b>DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN BASE</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Inversiones</b>	<b>9</b>
4.1	<b>INVERSIONES SITUACIÓN BASE OPTIMIZADA</b>	<b>9</b>
4.2	<b>INVERSIONES SITUACIÓN CON PROYECTO</b>	<b>13</b>
4.3	<b>DIFERENCIAL DE INVERSIONES</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Determinación de Beneficios y Costos</b>	<b>15</b>
5.1	<b>COSTOS DE MANTENCIÓN</b>	<b>15</b>
5.2	<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>18</b>
5.3	<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>20</b>
5.4	<b>TIEMPO</b>	<b>23</b>
5.5	<b>VALOR RESIDUAL DE LA INFRAESTRUCTURA</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Evaluación</b>	<b>26</b>
6.1	<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD</b>	<b>28</b>
6.2	<b>CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Análisis de Sensibilidad</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Modelo de Negocio</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>Consideraciones Complementarias</b>	<b>31</b>
9.1	<b>INDUCCIÓN DE TRÁFICO</b>	<b>31</b>
9.2	<b>INVERSIONES</b>	<b>32</b>
9.3	<b>OTROS BENEFICIOS</b>	<b>32</b>
<b>10</b>	<b>Anexos</b>	<b>33</b>
10.1	<b>PRESUPUESTO ITEMIZADO CONSTRUCCIÓN PUENTE PRINCIPAL</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUCCIÓN

La Isla Grande de Chiloé está conectada al resto del territorio continental mediante un sistema de transbordadores privados, que opera entre Pargua y Chacao de manera continua durante todo el año, permitiendo atravesar los casi 2,5 km que separan los dos extremos. El servicio de transbordadores se ve interrumpido ocasionalmente por condiciones climáticas y de mareas, que impiden realizar de manera segura las maniobras de atraque de las naves, la carga y descarga de los vehículos, o el cruce del canal.

Se suma a lo anterior el hecho que en algunas épocas del año el aumento de la demanda de vehículos requiere de una mayor frecuencia de salida de los transbordadores, que en ocasiones no logra ser satisfecha plenamente por los operadores, provocándose elevados tiempos de espera para los usuarios, los que pueden superar en verano y fines de semana largo, más de una hora de espera para abordar un transbordador. Esta cifra puede ser aún mucho mayor en los escenarios futuros de modelación.

Al cruzar del canal, las demoras e incertidumbre inherentes limitan las actividades propias de la Isla así como su conectividad permanente con el resto del país. Dotar a la isla de conectividad permanente con el resto del territorio nacional integra plenamente este territorio, dando una continuidad adicional de 207 km a nuestra principal vía estructurante: la Ruta 5.

La construcción de un Puente sobre el Canal de Chacao, no sólo permitirá mejorar la calidad de vida de los habitantes de la isla, disminuyendo de manera significativa los tiempos de cruce en el canal, sino que también tendrá una incidencia directa en la interacción con el resto del territorio, permitiendo un mayor desarrollo de sus actividades económicas, educacionales, de acceso a la salud, así como turísticas y socio-culturales.

Como una forma de actualizar el proyecto se revisaron las modelaciones anteriores de demanda, la evaluación social CCOP (Febrero 2003), los parámetros, supuestos, así como los costos y beneficios, la inversión, las características técnicas del proyecto, y el modelo de negocios. Sumado a lo anterior, se estudió la evolución de la tecnología en el diseño y construcción de puentes de grandes luces.

De toda esta revisión destaca que los supuestos y parámetros utilizados en la evaluación social de 2003 eran excesivamente optimistas. A modo de ejemplo la estimación de tránsito medio diario anual (TMDA) al año 2011 era de 2.809 vehículos en comparación a la cifra real de 1.808 vehículos. En cuanto a proyecciones más a futuro, la estimación para el año 2037 era de 14.251 vehículos en relación a los 5.605 vehículos que se proyectan en esta nueva evaluación. Situaciones similares se presentaban en otras cifras como el valor residual, el tiempo total de cruce en los transbordadores, entre otros.

En relación a la inversión, el puente que se diseñó constaba de 4 pistas, número de pistas que es excesivo para las estimaciones de demanda, tanto de la evaluación de 2003 como de las estimaciones proyectadas en la evaluación actual. Por su parte el ancho de tablero era de 21,6 m, valor que también es susceptible de optimizar.

Respecto del modelo de negocios, la licitación anterior significaba un alto costo financiero, que imposibilitó el proyecto. Por su parte las tarifas consideraba aumentos reales por sobre la inflación, lo que hubiera resultado en un puente cada vez más caro en moneda real para los usuarios.

La evaluación que se presenta a continuación corrige las observaciones detalladas en los párrafos anteriores, utiliza parámetros de evaluación conservadores y plantea la optimización del diseño y construcción del puente, además de proponer un nuevo modelo de negocios.

---

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de “Puente Chacao” contempla el diseño y construcción de un puente sobre el Canal de Chacao, que como función principal dote de una conexión permanente a la Isla grande de Chiloé con el Continente, otorgándole plena conectividad a la Ruta 5.

### **Puente**

El Puente sobre el Canal de Chacao, obra principal del proyecto y llave de paso para la conexión fija entre la Isla y el Continente, consiste en una estructura continua de 2.634 m de longitud total, con tramos de accesos de 339 m el lado norte y 140 m el lado sur, y tramos centrales principales de 1.100 m el lado norte y 1.055 m el lado sur.

La infraestructura del puente está compuesta por tres pilas de gran altura, dos fundadas en el mar mediante pilotes como son las pilas central (en forma de “A” sobre la Roca Remolinos) y norte, y una fundada en forma directa sobre una meseta baja de la ribera sur.

Las obras del puente se completan con una estructura de pavimento especial para este tipo de obras, defensas metálicas, iluminación de la calzada y cables y, en general, todas las obras complementarias que requieren puentes de esta envergadura.

Cabe señalar que el diseño del proyecto anterior contemplaba dos macizos de anclaje de los cables principales situados sobre las riberas, y cepas tradicionales para el tramo de acceso del lado sur. La superestructura del puente estaba compuesta por un tablero metálico ortótropo que cuelga de dos líneas de cables principales de 580 mm de diámetro. La conexión entre el tablero y los cables correspondía a péndolas metálicas situadas a 20 m de distancia. El tablero presentaba un ancho total 21,6 m, que permitía dar cabida a dos calzadas de 7 m cada una, con una mediana de 2,6 m.

### **Accesos al Puente**

Los accesos al puente corresponden a nuevos trazados viales que darán continuidad a la Ruta 5 actual entre el Continente y la Isla de Chiloé.

Estos accesos se inician en el lado continental sobre la Ruta 5 Sur en el Kilómetro 1.075,3 de ésta y terminan en la Isla de Chiloé en las cercanías del Cruce de la actual Ruta 5 con el Río Butamanga, Kilómetro 1.091,6 aproximadamente. Se dividen en Acceso Norte, el lado continental antes del puente y Acceso Sur, el lado insular después del puente.

La longitud total del trazado incluido puente es de aproximadamente 16,4 Kilómetros, que se componen como sigue:

Acceso Norte:	7.839	m
Puente Chacao:	2.634	m
Acceso Sur:	5.907	m

El camino en proyecto, contempla una velocidad de diseño de 100 km/h en todo su desarrollo, el cruce con la concesión Puerto Montt – Pargua se propone desnivelado, los cruces con otros caminos de la red local o bien con la Ruta 5 en la isla de Chiloé podrían ser a nivel.

### 3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Desde la perspectiva social, la evaluación del Puente sobre el Canal de Chacao está dirigida a cuantificar los beneficios provenientes de los ahorros por concepto de consumo de recursos que deben ser destinados para realizar el transporte de bienes y personas entre un lado y el otro del Canal de Chacao en relación a la situación base. La situación base consiste en seguir transportando el flujo vehicular mediante transbordadores.

En la medida que estos beneficios valorados a precios sociales y puestos en valor presente, utilizando la tasa social de descuento definida por el Ministerio de Desarrollo Social para el Sistema Nacional de Inversiones, sean superiores a la diferencia entre los montos de inversión de las dos alternativas, se podrá concluir respecto de la conveniencia desde el punto de vista social de implementar la alternativa de proyecto. Esta tasa social de descuento es en la actualidad de un 6% anual.

Bajo este marco, resulta necesario definir las fuentes de beneficios y/o costos del sistema de transporte que deberán ser consideradas para realizar posteriormente la evaluación social del proyecto y que están asociadas principalmente a las siguientes componentes relacionadas con la operación y mantención de los vehículos, naves e infraestructura de transporte:

- **Fuentes de Beneficios**
  - Reducción de los tiempos de viaje de las personas que cruzan el canal.
  - Reducciones de los consumos de combustible de vehículos y transbordadores.
  - Ahorros por concepto de costos de operación y mantención de transbordadores e infraestructura naviera.
- **Fuentes de Costos**
  - Inversión y Mantención del Puente, vías de acceso e infraestructuras anexas.
  - Aumento de los costos de operación y mantención de los vehículos que circularán sobre la nueva infraestructura.

#### 3.1 PARÁMETROS

- La evaluación del proyecto es a 45 años (5 años de construcción y 40 de operación).
- Valor residual es el 70% de la inversión en el puente y accesos.
- No se considera demanda inducida, que queda como beneficio no cuantificado.
- El año base para la estimación del TMDA es el año 2011, con un flujo 1.808 vehículos, que se desglosa como sigue:

**CUADRO 1: TRÁNSITO MEDIO ANUAL DE 2011**

Vehículos Livianos	Buses	Camiones	Total
1.124	118	566	1.808

Fuente: Directemar

### 3.2 PRECIOS SOCIALES

Con el fin de establecer los parámetros con los cuales serán definidas las inversiones, se presentan a continuación los tipos de cambio utilizados, así como los precios sociales y factores de ajuste vigentes, definidos por el Ministerio de Desarrollo Social.

- Precio Social de la Mano de Obra
  - Calificada : 0,98
  - Semi Calificada : 0,68
  - No Calificada : 0,62
- Precio Social de la Divisa : 1,01

**CUADRO 2: PRECIOS SOCIALES (VIGENTES A DICIEMBRE DE 2011)**

Tipo de vehículo	Combustible (\$/litro)	Lubricante (\$/litro)	Neumáticos (\$/un)	Veh. Nuevo (Miles \$/un)	Mantenimiento (\$/hora)	Tiempo (\$/h/veh)
Automóvil	451,1	4.081	34.099	7.619,6	3.213	7.289
Camioneta	451,1	4.081	67.373	8.984,8	3.213	9.927
Camión 2 ejes	465,2	1.925	104.341	18.209,8	3.213	4.938
Camión + 2 ejes	472,7	1.925	206.716	41.199,6	3.213	4.938
Buses	472,7	1.925	206.716	65.989,4	3.213	40.881

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Montos expresados en moneda del 31 de Diciembre de 2011.

- Tipo de Cambio : 521,46 [\$/US\$] Dólar observado al 30 de Diciembre de 2011
- Valor de U.F. : 22.259,95 [\$/UF] Valor del 30 de Diciembre de 2011

### 3.3 ESTIMACIÓN DE DEMANDA

Para la estimación de demanda se correlacionaron los flujos históricos de cruces de vehículos sobre el Canal de Chacao (TMDA), obtenidos de las estadísticas que lleva la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (Directemar), con el PIB nacional desde 1995 a 2011, usando el siguiente modelo:

$$\log(TMDA)_{(t)} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log(PIB)_{(t)} + e_{(t)}$$

**CUADRO 3: RESULTADOS DE CORRELACIÓN TMDA – PIB NACIONAL**

Resultados	Intercepto	$\alpha_1$
Coefficientes	-11,21041	1,01483
Error Estándar	1,560637	0,086069
Estadístico t	-7,183231	11,79090
P-Value	0,0000	0,0000
R2	0,902613	
R2 ajustado	0,896121	

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una correlación positiva significativa a más del 90% de confianza, y muy cercana a 1 (1,01483), por lo tanto se asume que los flujos vehiculares crecerán con una relación de 1 a 1 con el PIB nacional.

Esta relación contrasta con la utilizada en el evaluación de 2003, donde se supusieron elasticidades de entre 1,65 y 1,13 para los distintos tipos de vehículos, resultando en las sobrestimaciones que se mencionaron en la introducción.

Con respecto al crecimiento del PIB nacional, se intentó reflejar los ciclos de la economía, asumiendo que el crecimiento sigue un proceso ARMA (1,1), es decir, que el crecimiento del país sigue un proceso autoregresivo de la siguiente forma:

$$Y_{(t)} = \beta + \alpha \cdot Y_{(t-1)} + \delta \cdot e_{(t-1)} + e_{(t)}$$

**CUADRO 4: RESULTADOS DE ESTIMACIÓN CRECIMIENTO PIB NACIONAL**

Resultados	Intercepto	AR(1)	MA(1)
Coefficientes	6,5346	-0,4777	0,8305
Error Estándar	1,4926	0,2264	0,1459
Estadístico t	4,3779	-2,1104	5,6918
P-Value	0,0001	0,0403	0,0000
Menor a 5%	9,0402	-0,0977	1,0754
Mayor a 95%	4,0290	-0,8577	0,5856

Fuente: Elaboración propia.

En ausencia de shocks el modelo pronostica un crecimiento futuro del PIB nacional cercano a un 4,422% anual.

Para fines de la estimación de TMDA se ha considerado que el crecimiento del PIB es de 4,422% anual durante los primeros 25 años de evaluación (5 años de construcción + 20 años de operación), y siguiendo criterios conservadores, se ha supuesto que el ritmo de crecimiento disminuye a la mitad en los últimos 20 años de operación. Esto está en línea con los ritmos de crecimiento observados en los países desarrollados.

Para la estimación del año 2012, se ha utilizado el crecimiento efectivo que presenta el primer trimestre del año, y que asciende a un 13,5% de crecimiento respecto de 2011, y para el resto de los meses se ha utilizado la metodología descrita en los párrafos precedentes.

Este modelo supone que los peajes a cobrar al usuario por el uso del puente serán similares a las tarifas actuales de los transbordadores. En caso que los peajes que se cobren por el uso del puente sean inferiores a las tarifas actuales de los transbordadores, debiera inducirse un mayor tráfico, lo que aportaría beneficios sociales adicionales, que en esta evaluación no están cuantificados como beneficios sociales.

### 3.3.1 ESTIMACIÓN DE DEMANDA: RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores finales anuales de TMDA obtenidos para la evaluación se presentan en el siguiente cuadro.

**CUADRO 5: ESTIMACIÓN TMDA PERIODO 2011-2058**

Año	VL	BUS	CS	CP	TOTAL
2011	1.124	118	283	283	1.808
2012	1.207	127	304	304	1.941
2013	1.260	132	317	317	2.027
2014	1.316	138	331	331	2.116
2015	1.374	144	346	346	2.210
2016	1.435	151	361	361	2.308
2017	1.498	158	377	377	2.410
2018	1.564	165	394	394	2.517
2019	1.633	172	411	411	2.628
2020	1.706	180	429	429	2.744
2021	1.781	188	448	448	2.866
2022	1.860	196	468	468	2.992
2023	1.942	205	489	489	3.125
2024	2.028	214	511	511	3.263
2025	2.118	223	533	533	3.407
2026	2.211	233	557	557	3.558
2027	2.309	243	581	581	3.715
2028	2.411	254	607	607	3.879
2029	2.518	265	634	634	4.051
2030	2.629	277	662	662	4.230
2031	2.745	289	691	691	4.417
2032	2.867	302	722	722	4.613
2033	2.994	315	754	754	4.817
2034	3.126	329	787	787	5.029
2035	3.264	344	822	822	5.252
2036	3.409	359	858	858	5.484
2037	3.484	367	877	877	5.605
2038	3.561	375	897	897	5.729
2039	3.640	383	916	916	5.856
2040	3.720	392	937	937	5.985
2041	3.802	401	957	957	6.118
2042	3.887	409	979	979	6.253
2043	3.972	418	1.000	1.000	6.391
2044	4.060	428	1.022	1.022	6.533
2045	4.150	437	1.045	1.045	6.677
2046	4.242	447	1.068	1.068	6.825
2047	4.336	457	1.092	1.092	6.976
2048	4.431	467	1.116	1.116	7.130
2049	4.529	477	1.140	1.140	7.287
2050	4.630	488	1.166	1.166	7.449
2051	4.732	498	1.191	1.191	7.613
2052	4.837	510	1.218	1.218	7.782
2053	4.944	521	1.245	1.245	7.954
2054	5.053	532	1.272	1.272	8.130
2055	5.165	544	1.300	1.300	8.309
2056	5.279	556	1.329	1.329	8.493
2057	5.395	568	1.358	1.358	8.681
2058	5.515	581	1.389	1.389	8.873

Fuente: Elaboración propia.



### 3.4 DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN BASE

La Situación Base corresponde al escenario donde se sigue utilizando en forma optimizada el actual sistema de transbordadores, evitando la degradación del nivel de servicio actual, y para ello adecuando durante todo el período de evaluación, la capacidad operativa del sistema de transbordadores y rampas a las demandas proyectadas.

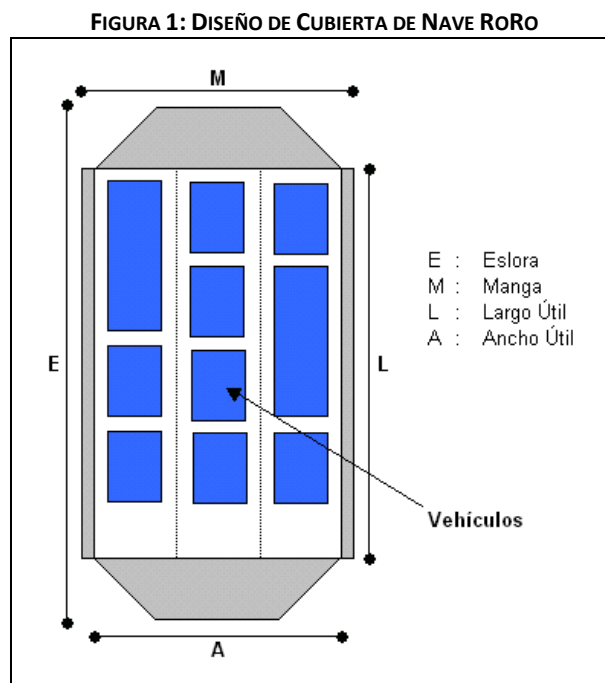
En este contexto, un modelo de simulación determinístico calcula las necesidades de inversión en naves e infraestructura portuaria para ajustar el perfil de crecimiento de las capacidades de transporte a las proyecciones de demanda, hipótesis que subestima los tiempos de espera en relación a un modelo de tipo estocástico usando la teoría de colas, y por lo tanto los beneficios de la modelación.

## 4 INVERSIONES

### 4.1 INVERSIONES SITUACIÓN BASE OPTIMIZADA

Para la determinación de la capacidad de transporte del sistema de transbordadores se hace necesario establecer la capacidad de metros lineales (ML) útiles en la cubierta de las naves, dado que por las características de la operación de las naves Roll on – Roll off (RoRo), no resulta relevante el tonelaje máximo, sino las dimensiones que permitan acomodar vehículos en la cubierta.

En la figura a continuación se presenta el diseño esquemático de cubierta de una nave tipo RoRo:



Actualmente, operan en el Canal de Chacao 8 transbordadores, de los cuales 4 quedarán en el año 2012 con una capacidad de transporte de 210 ML, los 4 restantes tienen capacidades de transporte de alrededor de 160 ML.

Respecto de las rampas, hay 5 rampas operativas, 3 en el lado norte y 2 en el lado sur. Por consideraciones técnicas hay un límite máximo de rampas que pueden instalarse a cada lado del canal. Este límite es de 4 rampas por lado. Cada rampa puede servir a su vez a 4 naves, con lo cual la capacidad máxima de la flota que puede operar en el canal es de 16 naves.

Para la situación base optimizada se ha considerado el recambio de las 4 naves menores a transbordadores de 210 ML en el año 2019<sup>1</sup>. A partir de ese año, cada vez que la tasa de ocupación de la demanda anual alcance un porcentaje igual o superior al 97% de la capacidad total de las naves, se procede a agregar una nueva nave, iteración que se repite hasta completar la capacidad máxima de flota, que es de 16 transbordadores, y que en la estimación se alcanza en el año 2037. A partir de ese año, cuando el sistema requiera agregar una nueva nave se procede al recambio de una nave de 210 ML por un nuevo modelo de 500 ML.

En cuanto a la inversión en rampas de la situación base optimizada, cada vez que las naves totales superan un múltiplo de 4 naves se procede a agregar una rampa por cada lado del canal, con la excepción de la primera iteración en que se agrega sólo la rampa faltante del lado sur.

Para el cálculo de la capacidad del sistema se ha considerado por una parte la capacidad en ML de la flota para cada año, para lo cual se han utilizado los parámetros de longitud media de tipo de vehículos que aparecen a continuación:

- Vehículos Livianos : 5 m
- Buses : 15 m
- Camiones Simples : 12 m
- Camiones Pesados : 18 m

Por otra parte, el largo de ciclo promedio anual que demoran las naves en un recorrido completo (ida y vuelta), para lo cual se utiliza la estimación de tiempo en minutos para el viaje en un sentido se muestra en el siguiente cuadro.

**CUADRO 6: TIEMPOS DE CRUCE DE TRANSBORDADORES POR TIPO DE NAVE**

Ítem	Valor Naves 210 ML (Min)	Valor Naves 500 ML (Min)
Estiba	9,33	16,33
Cruce	20,00	20,00
Bajada	4,00	7,00
TOTAL	33,33	43,33

Fuente: Elaboración propia.

Para los fines de dimensionamiento en precios sociales de las inversiones se ha procedido a determinar los valores privados de inversión de cada uno de los ítems y realizar su conversión mediante los factores ad-hoc.

<sup>1</sup> El algoritmo calcula la capacidad mensual total del sistema de transbordadores en metros lineales disponibles, y compara con la demanda total estimada para el mes más alto del año, que es el mes de febrero. Cuando la demanda total de febrero supera el 97% de la capacidad total de naves, se agrega una nave más para dar el servicio.

---

Como se señaló para las naves existen modelos de transbordador de 210 ML y 500 ML, que tendrían velocidad de 8,0 nudos a plena carga. Estas naves tienen un valor neto de US\$ 6,0 y US\$ 13,5 millones, respectivamente. Para la construcción y habilitación de rampas se ha considerado un valor económico neto de US\$ 13,5 millones por rampa<sup>2</sup>.

A continuación se presenta el cuadro con los resultados de naves, rampas e inversiones que satisfacen la demanda proyectada para el cruce del Canal de Chacao de acuerdo a los criterios señalados.

---

<sup>2</sup> Fuente: Dirección de Obras Portuarias.

**CUADRO 7: RESULTADOS ESTIMACIÓN NÚMERO DE NAVES POR TIPO Y RAMPAS EN INVERSIONES AÑOS 2019-2058**

Año	Total de Naves 210 ML	Total de Naves 500 ML	Total Naves	Rampas	Inversión Naves (UF)	Inversión Rampas [UF]
2019	8	0	8	5	631.853	0
2020	8	0	8	5	0	0
2021	8	0	8	6	0	315.926
2022	9	0	8	6	140.412	0
2023	9	0	9	6	0	0
2024	9	0	9	6	0	0
2025	10	0	10	6	140.412	0
2026	10	0	10	6	0	0
2027	10	0	10	6	0	0
2028	11	0	11	6	140.412	0
2029	11	0	11	6	0	0
2030	12	0	12	6	140.412	0
2031	12	0	12	8	0	631.853
2032	13	0	13	8	140.412	0
2033	13	0	13	8	0	0
2034	14	0	14	8	140.412	0
2035	15	0	15	8	140.412	0
2036	15	0	15	8	0	0
2037	16	0	16	8	140.412	0
2038	16	0	16	8	0	0
2039	16	0	16	8	1.123.294	0
2040	15	1	16	8	315.926	0
2041	15	1	16	8	0	0
2042	15	1	16	8	0	0
2043	14	2	16	8	315.926	0
2044	14	2	16	8	0	0
2045	14	2	16	8	0	0
2046	13	3	16	8	315.926	0
2047	13	3	16	8	0	0
2048	13	3	16	8	0	0
2049	12	4	16	8	315.926	0
2050	12	4	16	8	0	0
2051	11	5	16	8	315.926	0
2052	11	5	16	8	0	0
2053	10	6	16	8	315.926	0
2054	10	6	16	8	0	0
2055	9	7	16	8	315.926	0
2056	9	7	16	8	0	0
2057	8	8	16	8	315.926	0
2058	8	8	16	8	0	0

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 INVERSIONES SITUACIÓN CON PROYECTO

Para la determinación de la inversión del Proyecto Puente sobre el Canal de Chacao se ha utilizado como referencia del costo de las partidas el monto de las inversiones calculadas en la última fase del proceso de licitación original del Puente sobre el Canal de Chacao del año 2006 (Sub Fase II de Ingeniería) ajustado según los polinomios de reajustes de precios de materias primas oficiales del Ministerio de Obras Públicas, y según las variaciones del precio del dólar americano y de la unidad de fomento. La inversión total de referencia, a precios privados, que alcanza la suma de US\$ 864 millones (UF 20.240.002), excluidas las expropiaciones y los gastos financieros. La inversión anterior señalada se derivó de un presupuesto itemizado de la construcción del puente principal y un presupuesto global para los accesos viales (considerando estos como estructuras y obras conexas).

Las expropiaciones fueron valorizadas como moneda nacional y las mitigaciones Ambientales y Territoriales fueron traspasadas a precios sociales sin transformación (factor 1,000).

Para los fines de dimensionamiento en precios sociales de las inversiones se ha procedido a determinar los valores privados de inversión de cada uno de los ítem y realizar su conversión mediante los factores ad-hoc, resultando un total a precios sociales de UF 15.242.430, excluidas las expropiaciones que se valorizaron en UF 48.000 y los gastos financieros que se derivaban del anterior esquema de concesión.

Así, el perfil de inversiones de la situación con proyecto en precios sociales se presenta en el cuadro a continuación.

**CUADRO 8: INVERSIÓN A PRECIOS SOCIALES**

<b>Año</b>	<b>Inversión Proyecto [UF]</b>
2012	71.426
2013	491.945
2014	3.195.209
2015	3.274.476
2016	2.705.002
2017	3.843.950
2018	1.708.422

Fuente: Elaboración propia.

## 4.3 DIFERENCIAL DE INVERSIONES

El diferencial de inversión de las situaciones con proyecto y situación base, en precios sociales se presenta en el siguiente cuadro.

**CUADRO 9: DIFERENCIAL DE INVERSIÓN SITUACIÓN CON PROYECTO Y SITUACIÓN BASE.**

Año	Diferencial de Inversión ([UF])
2012	-71.426
2013	-491.945
2014	-3.195.209
2015	-3.274.476
2016	-2.705.002
2017	-3.843.950
2018	-1.708.422
2019	631.853
2020	0
2021	315.926
2022	140.412
2023	0
2024	0
2025	140.412
2026	0
2027	0
2028	140.412
2029	0
2030	140.412
2031	631.853
2032	140.412
2033	0
2034	140.412
2035	140.412
2036	0
2037	140.412
2038	0
2039	1.123.294
2040	315.926
2041	0
2042	0
2043	315.926
2044	0
2045	0
2046	315.926
2047	0
2048	0
2049	315.926
2050	0
2051	315.926
2052	0
2053	315.926
2054	0
2055	315.926
2056	0
2057	315.926
2058	0

Fuente: Elaboración propia.

## 5 DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS

Se han identificado para la realización de la evaluación los siguientes ítems de costos y beneficios sociales: Costos de Mantenimiento, Costos de Operación, Costos de Combustible y Consumo de Tiempo.

### 5.1 COSTOS DE MANTENCIÓN

En la situación base se considera la mantención de las naves en operación y de las rampas. Por su parte en la situación con proyecto se considera la mantención del puente (según el esquema de mantención definido por empresas participantes en el desarrollo de la Ingeniería del proyecto anteriormente licitado, el que incluye mantenciones regulares y mantenciones mayores) y la mantención asociada a la operación de vehículos en el cruce por el puente.

Para el caso de las naves se supone un costo de mantención rutinaria (preventiva) y un costo de mantención periódica (mayor).

#### 5.1.1 SITUACIÓN BASE

Se ha determinado a través del análisis de las principales partidas de mantención el costo anual de mantención por nave, el cual tiene una valoración social directa dada la exclusión del IVA.

A continuación se presenta el detalle de costos anuales de mantención para las naves:

**CUADRO 10: COSTOS DE MANTENCIÓN RUTINARIA DE NAVES**

Ítem	Periodicidad (meses)	Costo Mantención (UF/ítem)	Provisión Mantención (UF/año)
Carena de la Nave	24	1.789	895
Motor Propulsión N°1	60	716	143
Motor Propulsión N°2	60	716	143
Motor Generador N°1	34	119	42
Motor Generador N°2	34	119	42
Schotell Pumpel Jet # 1	20	239	143
Schotell Pumpel Jet # 2	20	239	143
Embragues (3 unidades)	20	492	295
Mantención Imprevistas y Rutinarias	12	1.432	1.432
<b>TOTAL ANUAL POR NAVE</b>			<b>3.278</b>

Fuente: Evaluación Social Puente Bicentenario Chiloé CCOP, Febrero 2003.

Respecto de los costos de mantención periódica de las naves, se ha estimado un monto de un 50% de su valor una vez cada 10 años, lo que corresponde a un refect<sup>3</sup>. Una vez completada la vida útil de 20 años de

<sup>3</sup> Está referido al desarme completo del motor principal, y cambios de las piezas que hayan sufrido desgaste. Respecto de la maquinaria secundaria, bombas grupos generadores, circuitos eléctricos, equipos electrónicos, maquinaria hidráulica, entre otros, corresponde su revisión o recambio parcial o completo dadas las horas de vida útil restante, y respecto del caso se efectúa la carena en dique procediéndose al cambio planchas completas que hayan sufrido corrosión, entre otros.

las naves, la evaluación supone su recambio total. Este monto asciende a UF 70.206 para las naves de 210 ML y a UF 157.963 para las naves de 500 ML.

En relación a los costos de mantención de las rampas, se ha estimado un monto anual de UF 52 por unidad, que se asimila al valor de la mantención de 250 m de una vía pavimentada, según SEBI2004. Se supone que las rampas se empiezan a mantener desde el año siguiente al que se construyen con el costo descrito más arriba.

### **5.1.2 SITUACIÓN CON PROYECTO**

Adicional al perfil de costos de mantención del puente, el cual se presenta en el punto siguiente (diferencial de costos de mantención), se han considerado los costos de mantención de los vehículos tomado en cuenta su circulación por el puente, los costos sociales de mantención por tipo de vehículo, las horas/Km de mantención obtenidas a partir de corridas del modelo COPER y las proyecciones de demanda realizadas (TMDA correlacionado con PIB nacional).

De esta forma se obtiene el perfil de costos de mantención de los vehículos, el cual se integra al diferencial de costos de mantención que se muestra en el punto siguiente.

### **5.1.3 DIFERENCIAL DE COSTOS DE MANTENCIÓN**

A continuación se presentan el resumen de costos de mantención para las situaciones base y con proyecto, definiéndose la mantención resultante como el diferencial entre las mantenciones de puente y vehículos de la situación con proyecto y la situación base.



**CUADRO 11: DIFERENCIAL DE COSTOS DE MANTENCIÓN**

Año	Mantencción Puente Situación con Proyecto (UF)	Mantencción Autos Situación con Proyecto (UF)	Mantencción Rutinaria Naves Situación Base (UF)	Mantencción Mayor Naves (Cada 10 años) (UF)	Mantencción Rampas Situación Base (UF)	Diferencial Mantencción (UF)
2019	20.574	1.727	26.227		260	4.187
2020	20.574	1.803	26.227		260	4.111
2021	20.574	1.883	26.227		260	4.031
2022	20.574	1.966	29.506		312	7.278
2023	55.278	2.053	29.506		312	-27.513
2024	20.574	2.144	29.506		312	7.100
2025	20.574	2.239	32.784	561.647	312	571.931
2026	150.967	2.338	32.784	0	312	-120.208
2027	20.574	2.441	32.784	0	312	10.082
2028	333.165	2.549	36.063	0	312	-299.339
2029	20.574	2.662	36.063	0	312	13.139
2030	20.574	2.779	39.341	0	312	16.300
2031	20.574	2.902	39.341	70.206	312	86.383
2032	20.574	3.030	42.620	0	416	19.431
2033	268.398	3.164	42.620	0	416	-228.527
2034	150.967	3.304	45.898	70.206	416	-37.751
2035	20.574	3.450	49.176	0	416	25.568
2036	20.574	3.603	49.176	0	416	25.416
2037	20.574	3.683	52.455	70.206	416	98.820
2038	333.165	3.764	52.455	0	416	-284.058
2039	20.574	3.847	52.455	70.206	416	98.656
2040	20.574	3.932	52.455	0	416	28.365
2041	20.574	4.019	52.455	70.206	416	98.484
2042	150.967	4.108	52.455	0	416	-102.204
2043	55.278	4.199	52.455	70.206	416	63.600
2044	20.574	4.292	52.455	70.206	416	98.211
2045	20.574	4.387	52.455	0	416	27.910
2046	20.574	4.484	52.455	70.206	416	98.019
2047	20.574	4.583	52.455	0	416	27.714
2048	658.415	4.684	52.455	561.647	416	-48.581
2049	20.574	4.788	52.455	0	416	27.509
2050	150.967	4.894	52.455	157.963	416	54.973
2051	20.574	5.002	52.455	0	416	27.295
2052	20.574	5.113	52.455	0	416	27.185
2053	55.278	5.226	52.455	157.963	416	150.331
2054	20.574	5.341	52.455	0	416	26.956
2055	20.574	5.459	52.455	0	416	26.838
2056	20.574	5.580	52.455	157.963	416	184.680
2057	20.574	5.703	52.455	0	416	26.594
2058	463.558	5.829	52.455	0	416	-416.517

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 COSTOS DE OPERACIÓN

En la situación base se consideran los costos de operación de las naves, por su parte en la situación con proyecto se consideran los costos de operación de los vehículos sobre el puente.

### 5.2.1 SITUACIÓN BASE

Se ha determinado a través del análisis de las principales partidas de operación (personal y otros costos operacionales) el costo anual de operación por nave, el cual tiene una valoración social directa dada su presentación sin incluir I.V.A.

A continuación se presenta el detalle de costos anuales de operación para las naves tipo Chacao

**CUADRO 12: DETALLE DE COSTOS DE OPERACIÓN NAVES**

Ítem	[UF/año]
Personal	4.080
Otros Costos Operacionales	716
<b>Total Costos Operacionales por Nave</b>	<b>4.796</b>

Fuente: Evaluación Social Puente Bicentenario Chiloé CCOP (Febrero 2003).

### 5.2.2 SITUACIÓN CON PROYECTO

Para determinar los costos de operación de los vehículos se han considerado, los costos sociales de operación por tipo de vehículo, los consumos de recursos para la operación, obtenidas a partir de corridas COPER que se hicieron en las modelaciones de la Evaluación Social para la licitación de año 2006 y las proyecciones de demanda realizadas (TMDA correlacionado con PIB nacional).

**CUADRO 13: COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN PARA VEHÍCULOS**

Tipo de vehículo	Lubricantes [Lt/km]	Costo ítem Lubricantes [UF/veh]	Neumáticos [Neu/Km]	Costo ítem Neumáticos [UF/veh]	Repuestos [Veh/Km]	Costo ítem Repuestos [UF/veh]	Costos Operación Anuales [UF/Veh]
Vehículos Livianos	1,26E-03	0,0011	6,37E-05	0,0006	1,39E-06	0,0012	0,0029
Camiones Simple	3,81E-03	0,0017	9,63E-05	0,0042	4,50E-06	0,0028	0,0087
Camiones Articulados	5,11E-03	0,0023	2,11E-04	0,0119	1,21E-06	0,0055	0,0197
Buses	2,91E-03	0,0013	7,01E-05	0,0040	4,43E-07	0,0057	0,0110

Fuente: Evaluación Social Puente Bicentenario Chiloé CCOP (Febrero 2003), actualizada.

De esta forma se obtiene el perfil de costos de mantenimiento de los vehículos, el cual se integra al diferencial de costos de operación presentado en el punto siguiente.

### 5.2.3 DIFERENCIAL DE COSTOS DE OPERACIÓN

A continuación se presentan los costos de operación para las situaciones base y con proyecto, definiéndose la operación resultante como el delta entre las operaciones de vehículos sobre el puente y la operación de naves de la situación base.

**CUADRO 14: PERFILES DE COSTOS DE OPERACIÓN. CIFRAS EN UF/ANUALES**

Año	Costos Operación Situación con Proyecto	Costos Operación Situación Base	Diferencial Costos Operación
2019	24.938	38.366	13.428
2020	25.233	38.366	13.133
2021	25.541	38.366	12.825
2022	25.862	43.162	17.300
2023	26.198	43.162	16.964
2024	26.549	43.162	16.614
2025	26.915	47.958	21.043
2026	27.297	47.958	20.661
2027	27.696	47.958	20.262
2028	28.113	52.754	24.641
2029	28.548	52.754	24.206
2030	29.002	57.550	28.548
2031	29.477	57.550	28.073
2032	29.972	62.345	32.373
2033	30.489	62.345	31.856
2034	31.030	67.141	36.112
2035	31.594	71.937	40.343
2036	32.183	71.937	39.754
2037	32.490	76.733	44.242
2038	32.805	76.733	43.928
2039	33.126	76.733	43.607
2040	33.454	76.733	43.278
2041	33.790	76.733	42.943
2042	34.133	76.733	42.600
2043	34.484	76.733	42.249
2044	34.842	76.733	41.890
2045	35.209	76.733	41.524
2046	35.583	76.733	41.150
2047	35.966	76.733	40.767
2048	36.357	76.733	40.376
2049	36.757	76.733	39.976
2050	37.166	76.733	39.567
2051	37.583	76.733	39.149
2052	38.010	76.733	38.722
2053	38.447	76.733	38.286
2054	38.893	76.733	37.840
2055	39.349	76.733	37.384
2056	39.815	76.733	36.918
2057	40.291	76.733	36.442
2058	40.778	76.733	35.955

Fuente: Fuente: Evaluación Social Puente Bicentenario Chiloé CCOP (Febrero 2003), actualizada.

### 5.3 COMBUSTIBLE

#### 5.3.1 SITUACIÓN BASE

Para la determinación del consumo de combustible anual por nave, se ha realizado el cálculo basándose en su operación continua por 17,5 horas al día, considerando un consumo de 127 litros por hora para las naves de 210 ML y de 254 litros por hora para las naves de 500 ML y una operación de 365 días al año.

Este consumo al ser valorado al precio social del Diesel, conlleva un costo social anual por consumo de combustible de cada nave.

Por su parte, se debe considerar el consumo de combustible en ralentí de los vehículos que esperan la subida al transbordador, que para su valoración ha considerado como un incremento en tiempo de un 25% del tiempo de espera para la subida (el cual será detallado en el punto e que se abordan los costos por Tiempo), determinándose el consumo de combustible en ralentí mediante corridas COPER y se ha valorado dicho consumo mediante los precios sociales detallados en la sección 3.

**CUADRO 15: CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RALENTÍ**

Tipo de vehículo	Consumo Ralentí [Lt/km] COPER	Tiempo Espera en ralentí 25% Nave 210 ML (h)	Tiempo Espera en ralentí 25% Nave 500 ML (h)	Gasto por Veh Ralentí Nave 210 ML(UF/Veh)	Gasto por Veh Ralentí Nave 500 ML (UF/Veh)
Vehículos Livianos	1,08	0,0389	0,0680	0,0009	0,0015
Camiones Simple	2,22	0,0389	0,0680	0,0018	0,0032
Camiones Articulados	2,22	0,0389	0,0680	0,0019	0,0032
Buses	2,22	0,0389	0,0680	0,0019	0,0032

Fuente: Fuente: Evaluación Social Puente Bicentenario Chiloé CCOP (Febrero 2003), actualizada.

Por otra parte, del modelo de simulación determinístico de la situación base se ha extraído las horas de operación nocturna de las naves proyectadas para cada año, para las cuales también se ha agregado el consumo de combustible; el cual se muestra en el cuadro de diferencial de costos de combustibles del punto 5.3.3.

#### 5.3.2 SITUACIÓN CON PROYECTO

Para determinar los costos de consumo de combustible de los vehículos, se han considerado los costos sociales de combustible por tipo de vehículos indicados en la sección 3, los consumos de combustible por tipo de vehículo obtenidas a partir de corridas COPER y las proyecciones de demanda realizadas (TMDA – PIB nacional).

**CUADRO 16: CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR TIPO DE VEHÍCULO**

Tipo de vehículo	Consumo [Lt/km] COPER	Gasto por Veh [UF/Veh]
Vehículos Livianos	7,43E-02	0,0129
Camiones Simple	2,69E-01	0,0483
Camiones Articulados	3,72E-01	0,0679
Buses	3,05E-01	0,0557

Fuente: Fuente: Evaluación Social Puente Bicentenario Chiloé CCOP (Febrero 2003), actualizada.

---

### 5.3.3 DIFERENCIAL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

A continuación se presentan los perfiles de consumo de combustible para las situaciones base y con proyecto, definiéndose el combustible resultante como el delta entre las operaciones de vehículos sobre el puente y la operación de naves de la situación base más el consumo de combustible de los vehículos en ralentí.

**CUADRO 17: PERFILES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE. CIFRAS EN UF/ANUALES**

Año	Costos Combustible Situación con Proyecto	Costos Combustible Situación Base	Diferencial Costos Operación
2019	28.667	134.814	106.147
2020	29.934	134.866	104.932
2021	31.258	134.921	103.663
2022	32.640	151.682	119.042
2023	34.083	151.741	117.658
2024	35.591	151.803	116.213
2025	37.164	168.572	131.408
2026	38.808	168.640	129.832
2027	40.524	168.711	128.187
2028	42.316	185.489	143.173
2029	44.187	185.566	141.379
2030	46.141	202.350	156.209
2031	48.181	202.434	154.253
2032	50.312	219.226	168.914
2033	52.537	219.318	166.781
2034	54.860	236.118	181.258
2035	57.286	252.922	195.636
2036	59.819	253.026	193.207
2037	61.142	269.785	208.643
2038	62.494	269.841	207.347
2039	63.875	269.897	206.022
2040	65.288	286.786	221.498
2041	66.731	286.848	220.117
2042	68.207	286.912	218.705
2043	69.715	303.816	234.101
2044	71.256	303.885	232.629
2045	72.831	303.956	231.125
2046	74.442	320.877	246.435
2047	76.088	320.954	244.866
2048	77.770	321.033	243.263
2049	79.489	337.971	258.482
2050	81.247	338.057	256.811
2051	83.043	355.010	271.967
2052	84.879	355.103	270.224
2053	86.756	372.070	285.314
2054	88.674	372.172	283.497
2055	90.635	389.154	298.519
2056	92.639	389.264	296.625
2057	94.687	406.263	311.576
2058	96.781	406.382	309.601

Fuente: Elaboración propia.

## 5.4 TIEMPO

La evaluación social del puente tiene una componente importante de ahorros de tiempo que se generan por la diferencia entre el tránsito a través del puente y sus vías de acceso (situación con proyecto) en comparación con el cruce del canal en transbordadores (situación base). Para determinar el ahorro en consumo de tiempo se valorizó este ahorro de tiempo utilizando los valores del tiempo social por tipo de vehículos indicados en la sección 3. Estos valores se han reajustado un 1,7% anual por crecimiento del valor social del tiempo producto del crecimiento real de las remuneraciones.

### 5.4.1 SITUACIÓN BASE

En base a mediciones de la operación actual y proyectada para los vehículos en los diferentes tipos de nave, se ha determinado los tiempos de estiba, cruce y desembarque para los casos de naves de 210 ML y 500 ML, que se detallan en el cuadro siguiente.

**CUADRO 18: CONSUMOS DE TIEMPO POR ETAPAS**

Ítem	Valor Naves 210 ML (minutos)	Valor Naves 500 ML (minutos)
Estiba	9,33	16,33
Cruce	20,00	20,00
Bajada	4,00	7,00
TOTAL	33,33	43,33

Fuente: Estudio Empormontt 2012. (Estiba), Empomontt (Bajada)- Estudio Cade-Idepe (Tiempo de Cruce)

Respecto de los tiempos de espera en las colas, estos se han obtenido del modelo de simulación determinístico, que asume que la demanda anual se concentra un 12,9% en el mes de enero, un 15,1% en el mes de febrero, y que el resto se reparte durante el año<sup>4</sup>. A su vez, la demanda diaria concentra un 40% del flujo durante 4 horas. Así los tiempos en cola debidamente valorizados con el costo del tiempo social por tipo de vehículos, se han agregado a los ahorros de tiempo y aparecen detallados en el cuadro de diferencial de ahorros de tiempo del punto 5.4.3.

### 5.4.2 SITUACIÓN CON PROYECTO

Para la situación con puente se utilizan las velocidades de operación obtenidas de las corridas COPER por tipo de vehículo del año 2003 y se considera el tiempo necesario para recorren los 2,6 Km de puente y los 8,6 Km de diferencial de kilometraje entre los accesos viales a las rampas y los accesos viales al puente.

Así, se determinan los consumos de tiempo en la situación con proyecto y es posible establecer el ahorro de tiempo por tipo de vehículo.

<sup>4</sup> Porcentajes calculados en base a información Directemar mediciones promedio años 2004-2010.

**CUADRO 19: AHORRO DE TIEMPO POR TIPO DE VEHÍCULO**

Tipo de vehículo	Consumo Tiempo Transbordador 210 ML (h/Veh)	Consumo Tiempo Transbordador 500 ML (h/Veh)	Diferencial Consumo Tiempo Puente y Accesos COPER (h/Veh)	Ahorro Tiempo (h/Veh)	Ahorro Tiempo Con Naves 210 ML (UF/veh)	Ahorro Tiempo con Naves 500 ML (UF/veh)	Velocidad Media Puente y Accesos COPER ((km/h)
Vehículos Livianos	0,5555	0,7221	0,0945	0,4610	0,1712	0,2330	91,00
Camiones Simple	0,5555	0,7221	0,1102	0,4453	0,0988	0,1357	78,00
Camiones Articulados	0,5555	0,7221	0,1218	0,4337	0,0962	0,1332	70,60
Buses	0,5555	0,7221	0,0976	0,4579	0,8409	1,1469	88,06

Fuente: Elaboración propia.

### 5.4.3 DIFERENCIAL DE CONSUMO DE TIEMPO

A continuación se presentan el perfil de ahorro de tiempo en el cual se ha valorizado a precios sociales el diferencial de ahorro de tiempo entre la situación base y la situación con proyecto.



**CUADRO 20: AHORRO DE TIEMPO SITUACIÓN CON PROYECTO – SITUACIÓN BASE**

Año	Ahorro Tiempo excluidas las colas [UF/año]	Ahorro Tiempo por colas [UF/año]	Ahorro Total Tiempo [UF/año]
2019	206.100	25.842	231.943
2020	218.873	34.735	253.607
2021	232.437	46.508	278.944
2022	246.841	33.173	280.014
2023	262.138	44.208	306.346
2024	278.383	59.369	337.752
2025	295.635	45.240	340.876
2026	313.956	60.463	374.420
2027	333.413	80.890	414.302
2028	354.075	65.123	419.198
2029	376.017	87.276	463.294
2030	399.320	73.258	472.578
2031	424.067	98.188	522.255
2032	450.347	85.514	535.860
2033	478.255	114.464	592.719
2034	507.894	103.243	611.136
2035	539.369	95.303	634.672
2036	572.794	127.925	700.720
2037	595.412	105.563	700.975
2038	618.922	123.596	742.518
2039	643.361	144.518	787.879
2040	684.019	119.502	803.521
2041	711.028	139.895	850.922
2042	755.586	163.546	919.132
2043	785.421	139.741	925.162
2044	834.244	163.460	997.704
2045	885.698	190.922	1.076.619
2046	920.670	167.945	1.088.615
2047	977.028	196.389	1.173.417
2048	1.036.401	228.284	1.264.684
2049	1.077.324	206.480	1.283.804
2050	1.142.331	240.573	1.382.904
2051	1.210.793	221.669	1.432.462
2052	1.258.602	258.483	1.517.085
2053	1.333.536	242.475	1.576.011
2054	1.412.425	282.304	1.694.729
2055	1.495.464	269.468	1.764.932
2056	1.554.514	313.083	1.867.597
2057	1.645.360	303.268	1.948.628
2058	1.740.957	351.346	2.092.303

Fuente: Elaboración propia.

---

## 5.5 VALOR RESIDUAL DE LA INFRAESTRUCTURA

El valor residual de esta evaluación resulta de la diferencia entre el valor residual de la situación base y el valor residual de la situación con proyecto.

Para el caso del valor residual de la situación base se ha estimado que las naves tienen una vida útil de 20 años, y que el valor residual de ellas corresponde a fracción lineal de vida útil que les reste al cumplirse los 40 años de operación del proyecto multiplicado por el valor unitario de cada nave.

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras del proyecto, al final de su vida útil económica.

Para el caso de la inversión en el Puente sobre el Canal de Chacao, el proyecto considera un puente con una vida útil de 100 años, con una fuerte componente de acero, más todas las mantenciones necesarias para una óptima conservación de esta obra pública. No obstante que esta evaluación se está efectuando para un horizonte de 40 años, se ha utilizado un criterio conservador y se ha asumido un valor residual de un 70% de la inversión.

Este criterio de valor residual resulta también conservador si se compara con el cálculo utilizado en la evaluación social del año 2003, que se obtuvo mediante la metodología de los beneficios directos del proyecto durante el último año (2037) y posteriormente dicho valor dividido por la tasa de descuento social (valor perpetuo de los beneficios) y que entregó como valor residual una cifra superior al 400% del valor de la inversión del proyecto.

## 6 EVALUACIÓN

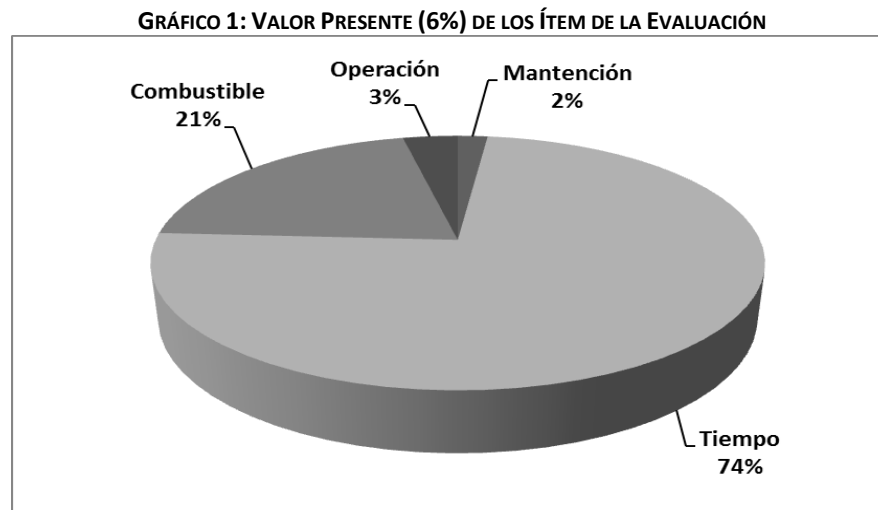
Finalmente, en el cuadro siguiente, se presentan los resultados de la evaluación social del proyecto, para un horizonte de evaluación de 45 años (5 años de construcción y 40 años de operación) y una tasa de descuento social acorde a lo definido en la sección 3 del presente informe.

**CUADRO 21: FLUJO ECONÓMICO**

Año	Inversión [UF]	Mantención [UF]	Tiempo [UF]	Combustible [UF]	Operación [UF]	Flujo [UF]
2012	-71.426					-71.426
2013	-491.945					-491.945
2014	-3.195.209					-3.195.209
2015	-3.274.476					-3.274.476
2016	-2.705.002					-2.705.002
2017	-3.843.950	0	0	0	0	-3.843.950
2018	-1.708.422	0	0	0	0	-1.708.422
2019	631.853	4.187	231.943	106.147	13.428	987.558
2020	0	4.111	253.607	104.932	13.133	375.783
2021	315.926	4.031	278.944	103.663	12.825	715.390
2022	140.412	7.278	280.014	119.042	17.300	564.045
2023	0	-27.513	306.346	117.658	16.964	413.455
2024	0	7.100	337.752	116.213	16.614	477.679
2025	140.412	571.931	340.876	131.408	21.043	1.205.669
2026	0	-120.208	374.420	129.832	20.661	404.705
2027	0	10.082	414.302	128.187	20.262	572.833
2028	140.412	-299.339	419.198	143.173	24.641	428.085
2029	0	13.139	463.294	141.379	24.206	642.018
2030	140.412	16.300	472.578	156.209	28.548	814.047
2031	631.853	86.383	522.255	154.253	28.073	1.422.817
2032	140.412	19.431	535.860	168.914	32.373	896.991
2033	0	-228.527	592.719	166.781	31.856	562.830
2034	140.412	-37.751	611.136	181.258	36.112	931.166
2035	140.412	25.568	634.672	195.636	40.343	1.036.631
2036	0	25.416	700.720	193.207	39.754	959.097
2037	140.412	98.820	700.975	208.643	44.242	1.193.092
2038	0	-284.058	742.518	207.347	43.928	709.735
2039	1.123.294	98.656	787.879	206.022	43.607	2.259.457
2040	315.926	28.365	803.521	221.498	43.278	1.412.588
2041	0	98.484	850.922	220.117	42.943	1.212.465
2042	0	-102.204	919.132	218.705	42.600	1.078.232
2043	315.926	63.600	925.162	234.101	42.249	1.581.038
2044	0	98.211	997.704	232.629	41.890	1.370.434
2045	0	27.910	1.076.619	231.125	41.524	1.377.178
2046	315.926	98.019	1.088.615	246.435	41.150	1.790.145
2047	0	27.714	1.173.417	244.866	40.767	1.486.764
2048	0	-48.581	1.264.684	243.263	40.376	1.499.742
2049	315.926	27.509	1.283.804	258.482	39.976	1.925.697
2050	0	54.973	1.382.904	256.811	39.567	1.734.255
2051	315.926	27.295	1.432.462	271.967	39.149	2.086.799
2052	0	27.185	1.517.085	270.224	38.722	1.853.216
2053	315.926	150.331	1.576.011	285.314	38.286	2.365.868
2054	0	26.956	1.694.729	283.497	37.840	2.043.022
2055	315.926	26.838	1.764.932	298.519	37.384	2.443.600
2056	0	184.680	1.867.597	296.625	36.918	2.385.821
2057	315.926	26.594	1.948.628	311.576	36.442	2.639.167
2058	8.957.479	-416.517	2.092.303	309.601	35.955	10.978.821

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, en el gráfico siguiente se presenta la composición de beneficios sociales del proyecto, en valor presente descontados a la tasa social. Se puede apreciar que la principal fuente de beneficios la constituye el ahorro de tiempo de los usuarios.



Fuente: Elaboración Propia

## 6.1 INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para decidir la conveniencia de realizar un proyecto de inversión se puede adoptar diversos criterios. En general todos consisten en comparar de alguna forma los flujos de beneficios y costos de las situaciones base y con proyecto.

En particular, el Sistema Nacional de Inversiones de Chile califica rentable a un proyecto cuando su tasa interna de retorno social (TIR) es superior a la tasa mínima de retorno social exigida, que es en la actualidad de un 6%.

### Tasa de Interna de Retorno (TIR)

Corresponde a aquel valor de la tasa de descuento que hace cero al VAN.

Del flujo económico presentado con anterioridad se determina un valor para la TIR de 5,40%.

### Valor Actual Neto (VAN)

Del flujo económico presentado con anterioridad se determina un valor para el VAN de

UF -1.446.828

## 6.2 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN

Con la inversión de 2006 actualizada (inversión de la última fase del proceso de licitación original del Puente sobre el Canal de Chacao del año 2006, Sub Fase II de Ingeniería que asciende a US\$ 864 millones a precios

privados, según se detalle en anexo 1), el proyecto del Puente sobre el Canal de Chacao no es rentable socialmente. Sin embargo, un rediseño del puente que permita bajar la inversión puede hacer al puente de Chacao socialmente rentable.

Haciendo el análisis de la inversión máxima que puede tener el proyecto para que la tasa interna de retorno sea de 6% y por lo tanto el VAN = 0, se obtiene que con US\$ 740 millones de inversión, el Puente sobre el Canal de Chacao resulta un proyecto socialmente rentable.

**CUADRO 22: RESULTADOS EVALUACIÓN SOCIAL AJUSTADA**

Indicadores	Evaluación Base Inversión US\$ 864 millones	Disminución inversión US\$ 740 millones
<b>VAN (UF)</b>	-1.446.828	92.983
<b>TIR</b>	5,40%	6,04%

Fuente: Elaboración propia.

La ingeniería del puente diseñada en la licitación de 2006 presentó un proyecto de 4 carriles con un ancho de tablero de 21,6 m<sup>5</sup>. Experiencias internacionales logran puentes de 4 carriles con anchos de tablero e inversiones menores. Una reducción del ancho del puente, permite reducir el tamaño del tablero, así como el peso del puente. Esto disminuye la inversión requerida.

La proyección de demanda permite pensar en un puente con menor cantidad de pistas. De hecho, el flujo vehicular proyectado permite que un puente con una pista por lado, satisfaga la demanda durante todo el horizonte de evaluación del proyecto. Sin embargo, por condiciones de seguridad, así como de ingeniería se ha definido como mínimo un requerimiento de un puente de 3 pistas. De este modo la pista central puede ser usada en forma reversible para servir el flujo vehicular más alto.

**CUADRO 23: ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA POR TIPO DE VEHÍCULO**

TMDA	2011	2012	2017	2036	2058
<b>VL</b>	1.124	1.207	1.498	3.409	5.515
<b>BUS</b>	118	127	158	359	581
<b>CS</b>	283	304	377	858	1.389
<b>CP</b>	283	304	377	858	1.389
<b>TOTAL</b>	1.808	1.941	2.410	5.484	8.873

Fuente: Elaboración propia.

Una pista tiene una capacidad de servicio de 1.200 Veh/h. Si el tránsito del mes de febrero corresponde al 15.1% del tránsito anual y en la proyección de la demanda el mayor tránsito ocurre en el año 2058, resulta que el TMDA de febrero de dicho año alcanzaría a 17.465 vehículos lo que lleva a que si en las cuatro horas punta se concentra el 40% del tráfico, en una hora punta se tendría un tráfico de 1.746 vehículos que puede servirse con 3 carriles.

<sup>5</sup> A modo de ejemplo el puente colgante High Coast de Suecia tiene un ancho de 17,8 m. con 4 pistas de circulación.

## 7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

### 7.1 ELASTICIDAD PRECIO

La construcción del puente reduce el costo generalizado de viaje entre la Isla y el continente, dependiendo de la elasticidad precio de la demanda y el valor del peaje cobrado, se generarán distintos escenarios con beneficios que se pueden sumar al proyecto a través de adicionales sensibilizaciones. A continuación se presentan los resultados de dicho efecto para elasticidades precio de la demanda -0.1, -0.3 y -0.5, y un peaje igual al 50% del valor cobrado actualmente por los transbordadores.

**CUADRO 24: EVALUACIÓN SOCIAL CONSIDERANDO EFECTO DEMANDA INDUCIDA VAN - TIR**

	Evaluación Base Invers. US\$ 864 millones	Elasticidad -0,10	Elasticidad -0,3	Elasticidad -0,5
VAN (UF)	-1.446.828	-1.113.390	-446.514	220.362
TIR	5,40%	5,54%	5,82%	6,09%

Fuente: Elaboración propia.

En los escenarios de elasticidades precio anteriores, la inversión que haría rentable el proyecto se muestra en el cuadro siguiente.

**CUADRO 25: EVALUACIÓN SOCIAL CONSIDERANDO EFECTO DEMANDA INDUCIDA- INVERSIÓN**

	Sin efecto demanda inducida	Elasticidad -0,10	Elasticidad -0,3	Elasticidad -0,5
Inversión Max (MMUS\$)	740	773	828	864

Fuente: Elaboración propia.

### 7.2 ESCENARIOS ADICIONALES DE SENSIBILIZACIÓN

#### 7.1.1 ESCENARIO 1

- PIB crece al 4,2% los 20 primeros años de operación, después decrece 0,1 por año hasta estabilizarse en 2,0 % de crecimiento.
- Crecimiento real de remuneraciones de 1,8% anual.

#### 7.1.2 ESCENARIO 2

- PIB crece con PIB tendencia estipulado por el Comité Consultivo del PIB Tendencial, de 4,9% para 2012; 4,9% para 2013; 5,0% para 2014; 5,0% para 2015; 4,9% para 2016. El crecimiento de 4,9% se asume constante a partir del 2017 en adelante, según recomendaciones metodológicas del Ministerio de Hacienda.
- Crecimiento real de remuneraciones de 2,1% anual.

En este escenario optimista, en que el PIB de tendencia permanece alto por todo el horizonte de evaluación, los valores de TMDA crecen hasta alcanzar la cifra de 17.616 vehículos al año 2058, lo que genera importantes aumentos en los tiempos de colas de la situación base de transbordadores, generando en consecuencia altos flujos de beneficios

para la evaluación social. En esta alternativa el proyecto es rentable socialmente con la totalidad de la inversión privada de US\$ 864 millones.

Los resultados comparados con la evaluación base son los que se muestran en el cuadro siguiente.

**CUADRO 26: RESULTADOS SENSIBILIZACIÓN ESCENARIOS**

	Evaluación Base Inversión US\$ 864 millones	Escenario 1	Escenario 2
<b>VAN (UF)</b>	--1.446.828	-966.922	3.483.736
<b>TIR</b>	5,40%	5,62%	7,12%

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 277: EVALUACIÓN SOCIAL CONSIDERANDO SENSIBILIDAD - INVERSIÓN**

	Escenario Base	Escenario 1	Escenario 2
Inversión Max (MMUS\$)	740	785	864

Fuente: Elaboración propia.

## 8 MODELO DE NEGOCIO

El modelo de negocio propuesto es la contratación como obra pública, financiada a través de fondos de inversión sectoriales.

En cuanto a los peajes, la evaluación supone la mantención de los peajes en los mismos niveles de los transbordadores que operan en la actualidad, o bien la disminución de estos valores, lo que dependiendo de la elasticidad de la demanda genera beneficios adicionales a la evaluación. El peaje que se cobrará en definitiva será una decisión de la autoridad en el momento de inicio de la operación del puente.

## 9 CONSIDERACIONES COMPLEMENTARIAS

A continuación se presenta un análisis de las variables no consideradas en la evaluación, a fin de establecer que los supuestos realizados han sido conservadores y que existen beneficios no valorados que harían mayor la rentabilidad del proyecto en caso de ser estos considerados.

### 9.1 INDUCCIÓN DE TRÁFICO

Tal como se señaló en las secciones precedentes, no se ha considerado para la evaluación del proyecto realizada, el efecto inductor de tráfico que proyectos estructurantes como el que se evalúa llevan normalmente asociados. En caso de considerarse este efecto debiera sumarse a los beneficios asociados a los nuevos viajes realizados.

---

## 9.2 INVERSIONES

En las inversiones consideradas en la situación base (al igual que en la mantención) se consideró solamente la provisión de rampas necesarias para la operación de la flota, sin embargo dichas rampas requieren de caminos de acceso, los cuales también debieran ser considerados tanto como inversiones como en su mantención, sin embargo por no existir anteproyectos de habilitación de nuevas rampas dicha valoración fue obviada en la evaluación realizada.

## 9.3 OTROS BENEFICIOS

A continuación se presentan una serie de beneficios no valorados, los cuales aumentan el efecto social del proyecto.

- El proyecto mejora la accesibilidad a zonas de alto potencial económico (Isla Grande de Chiloé y Región de Aysén), lo cual potencia las posibilidades de desarrollo de dichas zonas, con incremento del PIB local.
- Plusvalía de terrenos
- Permite acceso a mejores servicios de salud a una población de al menos 150.000 habitantes mediante una conexión continua y expedita con la capital regional.
- Permite acceso a mejores servicios educacionales (básicos y medios) y a instituciones de educación superior.
- Pone a disposición de la zona un modo de transporte de características más confiables y no sometido a condiciones climáticas. Al mismo tiempo permite el surgimiento de itinerarios de transporte público actualmente limitados por la capacidad del sistema de trasbordadores.
- Imagen país, a través de la construcción de un proyecto emblemático de ingeniería y conectividad.



## 10 ANEXOS

### 10.1 PRESUPUESTO ITEMIZADO CONSTRUCCIÓN PUENTE PRINCIPAL

#### INVERSION PUENTE BICENTENARIO

(MILES DE US\$ DE DICIEMBRE DE 2011)

	ACERO	HORMIGON	MOLDAJES	PERFORACION Y MOV TIERRA	OTROS	TOTAL
FUNDACION DE LA PILA NORTE	12.185	5.804		13.151	7.306	38.446
FUNDACION DE LA PILA CENTRAL	15.803	9.754		31.705	17.863	75.125
FUNDACION DE LA PILA SUR	644	2.023			1.286	3.953
PILA NORTE	2.563	2.968	7.247		186	12.964
PILA CENTRAL	4.581	5.053	21.170		190	30.994
PILA SUR	1.948	1.858	11.029		99	14.934
BLOQUE DE ANCLAJE NORTE	4.101	6.797	1.185	2.539	1.266	15.889
BLOQUE DE ANCLAJE SUR	3.798	7.267	1.274	4.065	1.360	17.764
PUENTE DE APROXIMACION SUR	4.751	1.439	976	114	13	7.293
ESTRIBO NORTE	294	708	459	95	43	1.599
ESTRIBO SUR	69	132	130	138	1	470
CABLES DEL PUENTE	109.388				23.357	132.745
TABLERO DEL PUENTE	139.097				30.972	170.068
TRABAJO ELÉCTRICO					17.190	17.190
TRABAJOS AUXILIARES					60.936	60.936
TRABAJO MECÁNICO					7.189	7.189
<b>SUB-TOTAL PUENTE</b>	<b>299.221</b>	<b>43.802</b>	<b>43.473</b>	<b>51.807</b>	<b>169.255</b>	<b>607.558</b>
OBRA VIAL DE CONECCIÓN AL PUENTE						56.746
INSTALACIONES Y ADMINISTRACIÓN DE LA OBRA						200.327
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>						<b>864.631</b>

Fuente: Informe Técnico y Financiero N°4, M&C/ARUP/PM, Noviembre de 2006 actualizado por polinomios