

# Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana

## Resumen Ejecutivo

11 de julio de 2011

**Preparado para:**  
Subsecretaría de Transporte  
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones  
Amunátegui 139, piso 4 - Santiago - Chile

**Preparado por:**  
Steer Davies Gleave  
Holanda 100, Oficina 504, Providencia  
Santiago - Chile

+56 (0)2 757 2600  
[www.steerdaviesgleave.com](http://www.steerdaviesgleave.com)

# 1 Introducción

- 1.1 El presente documento corresponde al Resumen Ejecutivo del estudio “Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana”, solicitado por la Subsecretaría de Transportes a Steer Davies Gleave.
- 1.2 Con este estudio la Subsecretaría de Transportes espera establecer una base de información comparable que permita guiar políticas públicas respecto de competitividad modal en el transporte de carga.

## Objetivos del estudio

- 1.3 El objetivo general del estudio es realizar un análisis global de costos por tonelada kilómetro (ton-km) para diferentes modos de transporte de carga. Esto de manera de apoyar la formulación y evaluación de proyectos puntuales de conexión ferroviaria, caminera, ductos o cabotaje, que agilicen o hagan más eficientes el transporte de mercancías, potenciando el sistema de producción o la cadena logística de comercio exterior y previniendo que el sistema de transporte se transforme en una eventual barrera al crecimiento de la economía.
- 1.4 Los objetivos específicos son:
  - Analizar los antecedentes relevantes e información de costos. En particular de los estudios recientes referentes a competitividad en el contexto de accesos portuarios y logística, y estudios que traten el cabotaje marítimo.
  - Caracterizar el escenario tecnológico actual y definir escenarios alternativos futuros, de manera de conocer las restricciones actuales de los sistemas de apoyo a la operación ferroviaria, vial y de otros modos, y sus posibilidades de evolución.
  - Analizar, validar, actualizar y sistematizar la información de costos unitarios (\$/ton-km) por modo bajo diferentes situaciones.
  - Estimar costos medios de transporte por modo, considerando la participación y organización industrial observada por tipo de industria, mercado y zona geográfica.
  - Identificar y analizar proyectos de inversión a partir de un análisis de concentración de demanda y costos de opciones modales.
  - Orientar a la autoridad respecto de las acciones que debe comprometer o incentivar, para promover mejoras de competitividad al transporte interurbano de carga.

- 1.5 Para lograr dichos objetivos se desarrollaron las siguientes tareas:
1. Recopilación y análisis de estudios relevantes y antecedentes de costos.
  2. Ajuste metodológico.
  3. Definición de tipologías y ámbitos para el análisis de costos.
  4. Análisis y validación de la información de costos.
  5. Sistematización de la información de costos.
  6. Análisis crítico de la demanda por transporte.
  7. Proposición y análisis de proyectos específicos.

## 2 Revisión de antecedentes

- 2.1 Como primera conclusión de la revisión de antecedentes se puede señalar la existencia de un claro desbalance en cuanto a la información de costos por modo. Sólo en el caso del modo camión, se cuenta con información detallada respecto a los valores de las componentes de costo de operación. Para el modo ferroviario en tanto, existen un par de estudios en que se han realizado estimaciones de componentes de costos de acuerdo al nivel de desagregación que se espera en este estudio. Sin embargo para el modo marítimo y ducto no existe información respecto a las componentes de la estructura de costo.
- 2.2 Las comparaciones realizadas entre modos que se han desarrollado en estudios anteriores, han sido a nivel de tarifas, entre los modos marítimo y carretero, y a nivel de costos de operación del operador de transporte, entre el modo carretero y ferroviario. El resto de los análisis de comparación han sido realizados sólo a nivel cualitativo.
- 2.3 Dentro de los valores que se destacan y que pueden ser utilizados como referencia para validar los datos obtenidos para los modos ferroviario y camión se encuentran los siguientes:

**TABLA 2.1 RANGO COSTOS OPERACIÓN CAMIÓN POR COMPONENTE**

Componente	Valor min (\$/ton-km)	Valor max (\$/ton-km)	Diferencia %
Adquisición flota	4,0	5,7	43%
Combustible	10,8	14,6	35%
Neumáticos	1,1	1,5	36%
Mantenimiento	2,8	3,6	29%
Conductores	4,6	10,4	126%
Otros personal	0,7	1,6	129%
Peajes	0,0	4,3	-
Otros gastos	1,5	4,9	227%
Perm Circ, Rev.Tec. y Seg	1,5	3,4	127%
Gastos generales	0,4	1,0	150%
<b>Total</b>	<b>28,2</b>	<b>48,9</b>	<b>73%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a resultados estudio Análisis de la Competitividad entre el Transporte caminero y Ferroviario respecto al Acceso a Puertos, Subtrans, 2010.

**TABLA 2.2 RANGO COSTOS OPERACIÓN FERROCARRIL POR COMPONENTE**

Componente	Valor min (\$/ton-km)	Valor max (\$/ton-km)	Diferencia %
Combustibles	3,8	9,1	139%
Lubricantes	0,2	0,4	100%
Peaje variable	3,1	3,1	0%
Personal	1,1	3,8	245%
Mantenimiento de locomotoras y carros	2,7	4,2	56%
Depreciaciones	1,6	5,7	256%
Contingencias	0	2,2	
Otros costos fijos (PF + canon)	1	3,6	260%
Otros costos directos (GAV y G op)	1,2	4,4	267%
<b>Total</b>	<b>14,8</b>	<b>33,9</b>	<b>129%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a resultados estudio Análisis de la Competitividad entre el Transporte caminero y Ferroviario respecto al Acceso a Puertos, Subtrans, 2010.

- 2.4 Como se puede observar los rangos de costos son amplios, más aún en el caso ferroviario. Sin embargo, es la información más detallada con que se cuenta para el caso chileno.
- 2.5 Otro valor que podría servir de referencia es el estimado en el estudio “Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clusters de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados”. En este estudio se realiza un análisis de competitividad entre los modos carretero y ferroviario acotado al costo total de transporte de un contenedor de 40 pies seco y refrigerado. Los valores presentados son los siguientes:

**TABLA 2.3 COSTOS TOTALES PRIVADOS ENTRE CAMIÓN Y FERROCARRIL**

Modo transporte	Costo privado seco	Costo privado refrigerado
Camión	1,26 (USD/km-C)	1,80 (USD/km-C)
Ferrocarril	0,44 (USD/km-C)	0,53 (USD/km-C)

Fuente: Elaboración propia en base a resultados estudio Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clusters de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados, consejo de Innovación, 2010.

- 2.6 Respecto a los antecedentes internacionales en tanto, se encontraron estudios a nivel de tarifas y de costos de operación del operador de transporte (carretero y ferroviario). En este último caso se observó la dificultad de obtención de los valores de los ítems de costos para modos distintos al carretero, ante lo cual se realizaron simplificaciones o estimaciones gruesas a partir de datos públicos.
- 2.7 Finalmente, en cuanto a información de demanda de carga y análisis de proyectos futuros, es posible encontrar variada información para todos los modos, a excepción del ducto. Los proyectos y sugerencias derivadas de los estudios base, serán analizadas y consideradas en la propuesta de proyectos del capítulo final de este estudio.

### 3 Estructura de costo propuesta

- 3.1 Para definir la metodología a utilizar para la comparación de costos entre los distintos modos, fue necesario tener en consideración que ésta dependerá de quien realiza la comparación. Así, si es el usuario quien compara los modos, serán las tarifas, mientras que si es el operador, serán los costos de operación asociados al transporte.
- 3.2 Considerando los objetivos del estudio, la estimación a nivel de costos de operación pareció ser la más adecuada, ya que deja fuera las imperfecciones de mercado que pudiesen estar contenidas en las tarifas. Sin embargo, de acuerdo a los estudios analizados, no existe información de costos para todos los modos con el nivel de desagregación (infraestructura, operación, mantención) deseado.
- 3.3 A pesar de los problemas de falta de información detectados, el consultor propuso para el desarrollo de este estudio, una estructura de costos de acuerdo a los costos de operación del operador de transporte, la cual permite realizar una comparación objetiva de los modos, dejando fuera las distorsiones que pudiesen existir en el pago por uso de infraestructura. Esta componente, así como los costos de mantención de infraestructura son incorporados en la sección correspondiente a la evaluación de proyectos.
- 3.4 Para poder definir la estructura propuesta, fue necesario analizar cada ítem y componente del costo de operación de cada modo y determinar las posibles homologaciones que permitieran con posterioridad realizar la comparación entre ellos. Adicionalmente, se tuvo en consideración la disponibilidad de información, ya sea de los estudios de base o de otras fuentes que pudo obtener el consultor.
- 3.5 Dado que existen características particulares de operación de cada modo, se procuró incorporar sólo aquellas componentes de costo en que existiese claridad respecto a su contenido, dejando un ítem de *otros costos de operación*, para incluir todos aquellos gastos que no hubiesen sido considerados en los ítems anteriores.
- 3.6 Finalmente existe una componente asociada a los gastos de manipulación de la carga, que también fue dejada fuera de los costos de operación, debido a que este valor es pagado generalmente por el dueño de la carga y no por el operador de transporte.
- 3.7 Dentro de los modos analizados, se destaca que en el caso del ducto, no existe información de base que permita realizar una propuesta explícita respecto a su estructura de costo. Sin embargo, el consultor procuró recoger información de fuentes privadas o de estudios internacionales, que permitiesen la estimación de los ítems de costos propuestos para los otros modos.
- 3.8 A continuación se presenta en desglose de cada componente de costo sugerida, así como su descripción y fuente de obtención para cada modo.

**TABLA 3.1 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA DE COSTO**

Ítem	Componente	Modo							
		Camión		Ferroviario		Cabotaje		Ducto	
		Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente
Combustible		Se calcula en función del rendimiento promedio de los vehículos y precio del combustible	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Se calcula en función del rendimiento promedio de los vehículos y precio del combustible	Estudio Operatren Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos, Subtrans, 2010 Fuentes directas.	Fuel Oil y IFO por día por tipo de nave.	Su consumo es parte de la descripción del buque.	Consumo de agua y energía para las bombas.	No existe información en estudios de base. Fuentes directas
Costos circulación	Seguros del vehículo	Seguro obligatorio y adicionales	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Seguro sobre el valor del equipo	Memoria FEPASA Análisis y desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria	Seguro sobre el valor del equipo (casco y máquinas)	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a información de armadores.		No existe información en estudios de base. Fuentes directas
	Derechos de circulación	Permiso de circulación, revisión técnica.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Información de plantas de revisiones técnicas	Canon (costo acceso vías)	Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región de Valparaíso (EFE). Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región del Biobío (EFE).	Faros y balizas, depende del tonelaje de registro de la nave.	Directemar		No existe información en estudios de base. Según operadores mineros el valor del seguro corresponde al 5% del costo directo en construcción.
Mantenimiento vehículo	Neumáticos	Su consumo depende de su vida útil, precio unitario y kilómetros recorridos.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	No aplica		No aplica			No aplica



Ítem	Componente	Modo							
		Camión		Ferroviario		Cabotaje		Ducto	
		Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente
	Lubricantes	Su consumo depende de las características del vehículo y de los km recorridos	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Consumo de lubricantes, grasas y aceites en Locomotoras y carros.	Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Gasto por día de funcionamiento dependiente del tipo de nave.	Su consumo es parte de la descripción del buque.		La infraestructura no necesita lubricantes.
	Servicios de mantenimiento y otros materiales	Varía entre las prácticas y políticas de mantenimiento de cada empresa, siendo en promedio un 8,25% de los costos y gastos realizados por las empresas de transporte carretero.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	En general depende de algunas características del equipo y sus servicios.	Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos, Subtrans, 2010. Manual de Recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario. Operatren	Costo principal: Carena, correspondiente a la mantención en dique. Depende del tipo de buque y su tráfico.	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a experiencia del consultor y consultas con armadores locales.		Según operadores mineros la mantención corresponde al 1% del costo directo de construcción
Personal	Conductores/ tripulación	Las estructuras de remuneración presentan alta variabilidad, por lo que se utiliza un monto representativo del costo mensual que los conductores representaban para las empresas de transporte.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Corresponde al gasto en maquinista y ayudantes	Memorias Anuales de los Ferrocarriles Públicos y Privados Información directa de las empresas Análisis y desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria	Corresponde al gasto en oficiales y tripulantes.	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a experiencia del consultor y consultas con armadores locales.		No existe información en estudios de base.
	Personal de operación	Dentro de esta categoría se encuentran los despachadores de patios	Análisis Económico del Transporte de Carga	Corresponde al personal de operación de patio	Memorias Anuales de los Ferrocarriles Públicos y Privados	Corresponde a los ítems de pilotaje y	Se obtendrá de tarifas de operadores		Corresponde al personal de operación del

Ítem	Componente	Modo							
		Camión		Ferroviario		Cabotaje		Ducto	
		Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente
		e inspectores de terreno.	Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	ferroviario	Información directa de las empresas Operatren.	practicaje	portuarios		ducto distribuido en turnos para vigilar la carga de manera continua (en base a consulta a operadores)
Depreciación de flota		Se utiliza información del valor de vehículos, vida útil, valor residual y kilometraje recorrido anual.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Depreciación lineal de acuerdo a tipo de equipo.	Memorias Anuales de los Ferrocarriles Públicos y Privados. Información directa de las empresas.	Depreciación lineal de acuerdo a tipo de nave. Valor residual corresponde a chatarra.	Directemar Publicaciones especializadas		Información directa a empresas, Estudios ambientales, EIA y DIA.
Costos de gestión y administración		Este ítem considera el personal de gestión y administración, arriendo oficinas. Hardware y software de sistemas informáticos, sistemas satelitales de seguimiento vehicular, insumos de oficina, contadores, abogados, etc.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Este ítem considera el personal de gestión y administración, así como otros gastos.	Manual de Recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario, propone un rango que fue actualizado con información directa del consultor. Memorias de empresas operadoras	Este ítem considera el personal de gestión y administración, arriendo de oficinas, así como otros gastos.	No existe información, pero se estimó en base a información de operadores.		Información directa de los operadores.
Otros gastos de operación		Escolta, pesajes, gastos en ruta, otros costos operacionales no incluidos en los ítems anteriores.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Supervisión, gasto en ruta, otros costos operacionales no incluidos en los ítems anteriores.	No existe información, pero se estimó como un porcentaje del gasto total de operación. Análisis y desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria.	Gastos en ruta, comunicaciones, otros costos operacionales no incluidos en los ítems anteriores.	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a experiencia del consultor.		No existe información en estudios de base.

## 4 Definición de tipologías y ámbitos para el análisis de costos

- 4.1 Son múltiples los factores que pueden tener influencia en las componentes del costo operacional definido en la sección anterior, más aún si se consideran las características particulares de cada modo. Sin embargo, más allá de las particularidades, interesa definir elementos comunes que delimiten la operación de cada uno de ellos y que permitan definir un nivel de agregación adecuado para la comparación.
- 4.2 Por otra parte, a mayor nivel de desagregación, mayor requerimiento de información, lo cual implica altos costos de levantamiento de información, dificultad en su actualización y pérdida de confiabilidad por la mayor probabilidad de error en la toma de datos. Todo lo anterior sin considerar la disposición de las empresas a entregar información, la cual en general es baja dada las implicancias económicas que creen puede tener entregar los datos solicitados.
- 4.3 Así, para la definición de la tipología de costos del presente estudio, se consideró un nivel de agregación que permitiese captar de manera representativa los principales movimientos de carga en Chile, teniendo en cuenta la información disponible y su facilidad de actualización.
- 4.4 Un primer nivel de agregación tiene que ver con las cargas a transportar. Para esto se consideraron las siguientes tipologías:
- Carga general seca
  - Carga general refrigerada
  - Granel líquido
  - Granel sólido
- 4.5 Con esta agregación, los principales productos transportados en Chile pueden ser asociados a alguna de estas categorías, facilitando así la comparación entre modos.
- 4.6 Por otra parte, fue necesario definir una zonificación que permitiera representar las principales características de los costos de operación asociado al movimiento de carga en el país. De acuerdo a la información analizada, el consultor estimó que la zonificación utilizada en el estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”, poseía un nivel de agregación suficiente para los objetivos del presente estudio, definiéndose las zonas de la siguiente manera:

- █ Norte: En y entre las regiones XV y I a IV. Movimiento longitudinal y transversal.
- █ Centro: En y entre las regiones RM, V y VI. Movimiento longitudinal y transversal.
- █ Sur: En y entre las regiones VII a X y XIV. Movimiento longitudinal y transversal.
- █ Norte-Centro
- █ Sur-Centro
- █ Norte-Sur
- █ Austral: En y entre las regiones XI y XII

4.7 De acuerdo a esta zonificación, los modos sobre los cuales se realizará la comparación es la siguiente:

Zona	Modo			
	Camión	Ferrocarril	Nave	Ducto
Norte	✓	✓	X	✓
Centro	✓	✓	X	✓
Sur	✓	✓	X	✓
Norte-Centro	✓	✓	✓	✓
Centro-Sur	✓	✓	✓	✓
Norte-Sur	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

- 4.8 En la tabla anterior se puede notar que el modo naviero se considerará sólo en los viajes de larga distancia, debido a la poca representatividad de los viajes de corta y media distancia. De igual forma la zona austral se ha dejado fuera de este análisis debido a la falta de modos competitivos.
- 4.9 Una vez definidas las categorías de productos y las zonas de análisis, se procedió a determinar un vehículo modelo por modo, que cumpliera con las condiciones necesarias para el transporte de estas cargas y las restricciones de cada zona.
- 4.10 A continuación se presenta el análisis realizado para la definición del vehículo tipo por modo de transporte.

## Vehículos modelo modo ferroviario

- 4.11 Para definir un “tren modelo”, es decir un tren que representara adecuadamente a los ferrocarriles que operan hoy en Chile, se analizaron las características de los ferrocarriles de las distintas zonas del país, observándose diferencias importantes entre los equipos de la zona norte y zona centro-sur.
- 4.12 Dentro de las definiciones realizadas se encuentra el tipo de carros a arrastrar, así como la capacidad de arrastre a las locomotoras. Las capacidades de arrastre son definidas por gradiente (pendiente del terreno), curvatura y peso de la carga, por lo que varían de acuerdo a la zona en que circula el ferrocarril. De acuerdo a las pautas de arrastre<sup>1</sup> de FCAB y FEPASA, es posible asociar una capacidad de arrastre promedio a las locomotoras tipo de la zona norte y zona centro-sur, tal como se señala a continuación:
- Zona Norte. Locomotora diesel de 1400 HP con capacidad de arrastre medio de 600 ton (carga+tara), considerando subida y bajada.
  - Zona Centro Sur. Locomotora diesel de 2300 HP con capacidad de arrastre medio de 1200 ton (carga+tara)
- 4.13 En cuanto al tipo de carro a considerar, se han definido los siguientes carros modelos en base al tipo de carga a transportar. Se destaca que en el caso de graneles fue necesario distinguir carros por zona, dado que existen estanques de distinta capacidad y por lo tanto de distinto peso. La tara y capacidad de carga del carro determinará el peso por eje y por lo tanto el tipo de vía por la cual puede circular.

**TABLA 4.1 TIPOS DE CARROS SEGÚN CARGA A TRANSPORTAR**

Tipo de carga	Tipo de carro	Tara	Capacidad (ton)
Carga general seca	Carro plano	12	30
Carga general refrigerada	Carro Plano con contenedor refrigerado	15	30
Granel sólido	Carro estanque granelero Sur	22	50
	Carro tolva granelero Norte	18	30
Granel líquido	Carro estanque Sur	28	70
Granel líquido	Carro estanque Norte	20	40

Fuente. Elaboración propia en base a consultas a operadores

- 4.14 Finalmente, considerando tipo de locomotora, capacidad de arrastre y tipo de carro, se determinó la capacidad de carga para cada uno de los trenes modelos definidos.

<sup>1</sup> Estas pautas definen la capacidad máxima de carga bruta que puede remolcar una locomotora en un sector determinado.

**TABLA 4.2 CAPACIDAD DE CARGA A TRANSPORTAR POR TREN TIPO**

Tren tipo	Capacidad de arrastre (ton)	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)
Locomotora 1400 HP	600	Carro plano	420
		Carro tolva granelero Norte	360
		Carro estanque Norte	400
Locomotora 2300 HP	1.200	Carro plano	840
		Carro plano con contenedor refrigerado	780
		Carro tolva granelero Sur	800
		Carro estanque Sur	840

Fuente: Elaboración propia

### Vehículos modelo modo marítimo

- 4.15 Para definir las naves modelo se seleccionaron naves especializadas en el transporte de cargas definidas en este estudio. Así para carga general se seleccionaron aquellas naves que permiten el transporte de contenedores. Para carga a granel, se seleccionaron naves para el transporte de sal y para cargas de granel líquido, naves que realizan transporte de ácido sulfúrico.
- 4.16 De acuerdo a estos antecedentes, se decidió usar las siguientes naves tipo para la estimación de costos:
- Carga general: nave multipropósito (MPP), 8.000 DWT, año 2000
  - Carga granel: nave granelera, 27.287 DWT, año 1998
  - Carga granel líquido: nave tanque IMO 2-3, 25.148 DWT, año 2003

### Vehículos modelo modo camión

- 4.17 En el caso del transporte carretero, se analizó la información de los estudios de base, en los que se definen distintas configuraciones de camiones. En el estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”, por ejemplo, se definieron 12 tipos de vehículos, sin embargo, para los objetivos de este estudio, en que se desea comparar los distintos modos disponibles, se consideró sólo la utilización de los camiones de mayor tamaño y con mayor capacidad de carga, ya que la comparación entre naves, ferrocarriles, camiones y ductos sólo tiene sentido con volúmenes importantes de carga.
- 4.18 Así, los vehículos modelo escogidos por tipo de carga son los siguientes:

**TABLA 4.3 TIPOS DE CARROS SEGÚN CARGA A TRANSPORTAR**

Tipo de carga	Tipo de vehículo	Capacidad (ton)
Carga general seca	Tractor semiremolque plano	25
Carga general refrigerada	Tractor semiremolque refrigerado	25
Granel sólido	Tractor semiremolque tolva	25
Granel líquido	Tractor semiremolque estanque	25

Fuente. Elaboración propia en base a información obtenida del estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”.

- 4.19 Las capacidades señaladas en la tabla anterior corresponden a las estimadas para esos vehículos en el estudio señalado.

#### **Vehículos modelo modo Ducto**

- 4.20 En el caso del ducto, éste sólo puede ser considerado para las categorías de carga de graneles sólidos y líquidos. De acuerdo a la información recogida, los graneles sólidos son transportados por ducto principalmente para productos mineros como mineral, concentrado de cobre y de molibdeno.
- 4.21 Se definió **concentraducto de 6 a 9 pulgadas de diámetro** como representativo para el transporte de concentrado en el norte, mientras que en el caso de graneles líquidos, se definieron los siguientes ductos para la modelación de estimación de costos:
- Ducto de 10 pulgadas entre Ventanas y Santiago
  - Ducto de 8 pulgadas entre Molina y San Fernando

## 5 Análisis y validación de costos

- 5.1 Como parte de este capítulo se realizó un análisis detallado de cada componente de costo para cada uno de los modos analizados. Para esto fue necesario realizar una serie de entrevistas con operadores de transporte, quienes solicitaron mantener confidencialidad respecto a las fuentes, debido a lo sensible que es la información de costos en el mercado del transporte.
- 5.2 En el informe final es posible conocer en detalle la estimación de cada componente, ya que a continuación sólo se presentarán los resultados agregados por modo.

### Resumen costo operación ferrocarril

- 5.3 En la siguiente tabla se presentan los resultados consolidados de costos marginales de operación por ferrocarril tipo.

**TABLA 5.1 RESUMEN COSTO UNITARIO OPERACIÓN FERROCARRIL (\$/TON-KM)**

Componente de costo	Tren modelo Norte \$/ton-km			Tren modelo Centro Sur \$/ton-km			
	Locomotora 1400 HP carro plano	Locomotora 1400 HP Carro tolva granelero	Locomotora 1400 HP Carro estanque	Locomotora 2300 HP Carro plano	Locomotora 2300 HP Carro plano contenedor refrigerado	Locomotora 2300 HP Carro tolva granelero	Locomotora 2300 HP Carro estanque
Combustible	6,0	6,9	6,3	4,2	4,5	4,4	4,2
Costos circulación	0,02	0,02	0,02	1,05	1,05	1,05	1,05
Mantenimiento	2,6	2,9	2,5	2,0	2,1	1,8	1,6
Honorarios	1,0	1,1	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Depreciación	4,0	5,1	4,2	7,1	8,2	4,3	3,9
Costos de gestión y administración	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
Otros gastos de operación	0,3	0,6	0,4	0,7	0,7	0,5	0,3
<b>Total</b>	<b>14,4</b>	<b>17,1</b>	<b>14,9</b>	<b>15,6</b>	<b>17,2</b>	<b>12,7</b>	<b>11,9</b>

Fuente: Elaboración propia



5.4 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de los trenes modelo tal como se muestra a continuación:

**TABLA 5.2 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN FERROCARRIL**

Componente de costo	Tren modelo Norte			Tren modelo Centro Sur			
	Locomotora 1400 HP carro plano	Locomotora 1400 HP Carro tolva granelero	Locomotora 1400 HP Carro estanque	Locomotora 2300 HP Carro plano	Locomotora 2300 HP Carro plano contenedor refrigerado	Locomotora 2300 HP Carro tolva granelero	Locomotora 2300 HP Carro estanque
<b>Combustible</b>	41,3%	40,7%	41,9%	26,8%	26,1%	34,5%	35,1%
<b>Costos circulación</b>	0,2%	0,1%	0,2%	6,7%	6,1%	8,2%	8,8%
<b>Mantenimiento</b>	17,8%	16,7%	16,8%	12,6%	11,9%	14,1%	13,8%
<b>Honorarios</b>	6,7%	6,6%	6,8%	3,1%	3,0%	4,0%	4,1%
<b>Depreciación</b>	27,8%	29,7%	28,2%	45,8%	47,9%	33,6%	32,6%
<b>Costos de gestión y administración</b>	3,3%	3,2%	3,3%	2,1%	2,1%	2,6%	2,6%
<b>Otros gastos de operación</b>	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%
<b>Total*</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia. \*Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

5.5 De la tabla anterior se puede observar como la inclusión del canon en los gastos de circulación de los trenes que circulan en la zona centro sur, implican un cambio importante en la composición porcentual. De igual forma, el mayor número de carros considerados en los trenes de la zona sur, muestra aumentos de costos relevantes en la componente depreciación.

## Resumen costo operación camión

- 5.6 En la siguiente tabla se presentan los resultados consolidados de costos marginales de operación por camión tipo.

**TABLA 5.3 RESUMEN COSTO UNITARIO OPERACIÓN CAMIÓN (\$/TON-KM)**

Componente de costo	Costos operación camiones tipo \$/ton-km			
	Tractor semiremolque plano	Tractor semiremolque refrigerado	Tractor semiremolque tolva	Tractor semiremolque estanque
Combustible	8,7	8,9	10,0	8,9
Costos circulación	1,0	1,0	1,0	1,0
Mantenimiento	2,5	3,0	3,2	2,9
Honorarios	3,6	3,6	3,6	3,6
Depreciación	1,3	2,2	1,7	1,9
Costos de gestión y administración	1,0	1,0	1,0	1,0
Otros gastos de operación	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Total (\$/ton-km)</b>	<b>18,8</b>	<b>20,4</b>	<b>21,2</b>	<b>20,0</b>

Fuente: Elaboración propia

- 5.7 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de los camiones modelo tal como se muestra a continuación:

**TABLA 5.4 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN CAMIÓN**

Componente de costo	Tractor semiremolque plano	Tractor semiremolque refrigerado	Tractor semiremolque tolva	Tractor semiremolque estanque
Combustible	46,2%	43,6%	47,1%	44,5%
Costos circulación	5,1%	4,7%	4,6%	4,8%
Mantenimiento	13,5%	14,8%	15,1%	14,4%
Honorarios	19,2%	17,8%	17,0%	18,1%
Depreciación	7,0%	10,8%	8,2%	9,7%
Costos de gestión y administración	5,4%	4,9%	4,7%	5,0%
Otros gastos de operación	3,6%	3,3%	3,2%	3,4%
<b>Total *</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.\*Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales.

- 5.8 De la tabla anterior se puede observar que nuevamente el combustible es el ítem de mayor peso en la composición de costos, seguido del ítem honorarios y mantenimiento.

## Resumen costo operación nave

5.9 En la siguiente tabla se presentan los resultados consolidados de costos marginales de operación por nave tipo.

**TABLA 5.5 RESUMEN COSTO UNITARIO OPERACIÓN NAVES (\$/TON-KM)**

Componente de costo	Costos operación naves tipo				
	\$/ton-km				
	Nave carga general mov Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel mov Norte-Sur	Nave carga granel líquido mov Centro-Norte
Combustible	1,4	1,9	1,2	0,7	0,9
Costos circulación	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1
Mantenimiento	0,3	0,7	0,2	0,3	0,4
Personal	0,8	1,6	0,5	0,2	0,3
Depreciación	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3
Costos de gestión y administración	0,2	0,3	0,1	0,04	0,05
Otros gastos de operación (*)	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
<b>Total (\$/ton-km)</b>	<b>3,1</b>	<b>5,5</b>	<b>2,4</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>

Fuente: Elaboración propia. Puede que algunos totales no cuadren exactamente debido a que la suma incluye cifras con aproximación de decimales.

5.10 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de las naves modelo tal como se muestra a continuación:

**TABLA 5.6 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN NAVES**

Componente de costo	Nave carga general mov Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel mov Norte-Sur	Nave carga granel líquido mov Centro-Norte
Combustible	43,5%	34,0%	49,8%	43,5%	43,4%
Costos circulación	7,0%	8,1%	6,2%	5,5%	5,6%
Mantenimiento	10,4%	12,1%	9,2%	20,1%	19,4%
Personal	25,0%	29,1%	22,1%	14,2%	12,0%
Depreciación	5,5%	6,5%	4,9%	9,8%	13,6%
Costos de gestión y administración	4,7%	5,5%	4,1%	2,2%	2,2%
Otros gastos de operación	4,0%	4,7%	3,8%	4,7%	3,8%
<b>Total *</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.\*Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

5.11 Es importante destacar que los costos recién obtenidos no son comprables directamente con los costos de operación de los otros modos analizados, debido a que el uso de naves implica un costos adicional asociado al acercamiento desde el origen de la carga y la entrega en el destino final. Estos movimientos desde/hacia puerto pueden ser realizados en cualquiera de los 3 modos y por lo tanto el costo de operación de transporte entre el par O/D analizar tendrá variadas alternativas.

## Resumen costo operación ducto

5.12 A continuación se presenta los costos marginales de operación de ductos. A continuación se presenta la tabla con los resultados.

**TABLA 5.7 RESUMEN DE COSTO UNITARIO DE OPERACIÓN DUCTO (\$/TON-KM)**

Componente de costo	Concentraducto 9 pulg. Norte transversal	Oleoducto 8 pulg. Centro longitudinal	Oleoducto 10 pulg. Centro transversal
Combustible	2,0	0,6	0,1
Costos circulación	1,8	0,2	0,1
Mantenimiento	1,6	0,5	0,2
Personal	3,5	0,9	0,3
Depreciación	2,6	1,1	0,4
Costos de gestión y administración	0,6	1,5	0,5
Otros gastos de operación	-	-	-
<b>Total *</b>	<b>12,0</b>	<b>4,8</b>	<b>1,6</b>

Fuente: Elaboración propia

5.13 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de los tipos de ductos. Los resultados se presenta en la siguiente tabla.

**TABLA 5.8 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN DUCTO (%)**

Componente de costo	Concentraducto 9 pulg. Norte transversal	Oleoducto 8 pulg. Centro longitudinal	Oleoducto 10 pulg. Centro transversal
Combustible	16,8%	11,6%	8,8%
Costos circulación	15,0%	4,6%	4,3%
Mantenimiento	13,3%	9,7%	9,5%
Personal	28,85	19,6%	20,5%
Depreciación	21,2%	23,6%	26,8%
Costos de gestión y administración	5,0%	30,9%	30,2%
Otros gastos de operación	-	-	-
<b>Total *</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

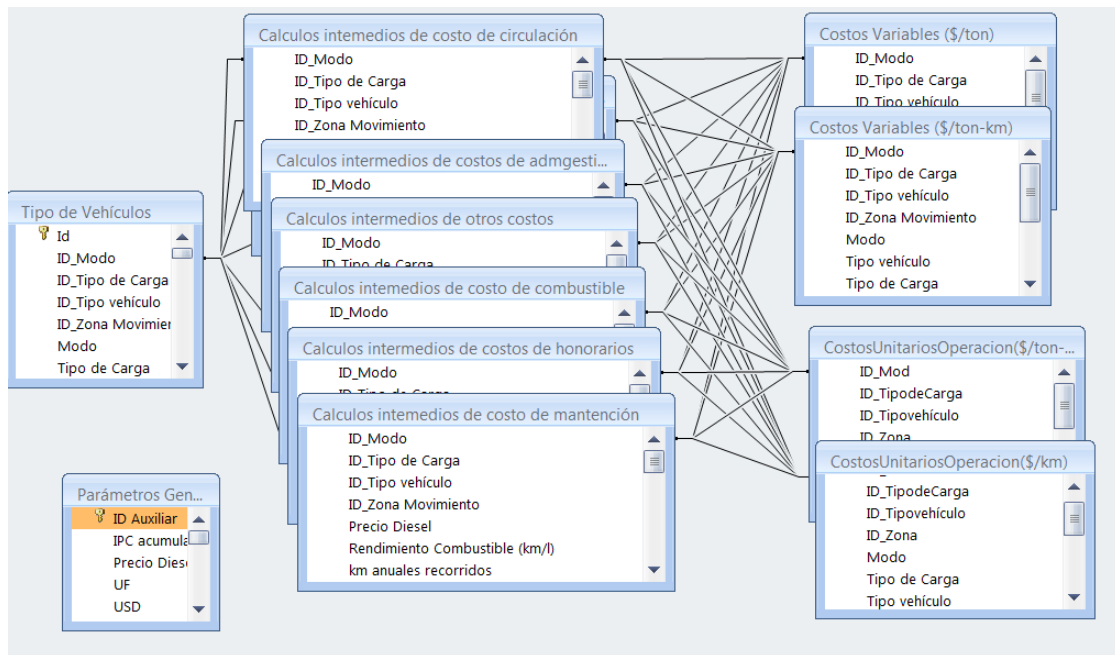
Fuente: Elaboración propia. \*Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

- 5.14 Para esta muestra de ductos se puede apreciar la gran diferencia en la composición de costos, principalmente en lo que respecta a gastos de administración, lo cual se explica por los mayores costos de administración que posee Sonacol debido a su gran red de ductos.

## 6 Sistematización de la información de costos

- 6.1 Para sistematizar la información de costos presentada en este estudio, se diseñó un base de datos en MS Access 2007, la cual cuenta con las características que se detallan a continuación.

FIGURA 6.1 DIAGRAMA DE RELACIONES



Fuente: Elaboración propia

- 6.2 Como se puede observar las entidades fundamentales corresponden a *Modo* (4 tipos), *Zona Movimiento* (9 zonas) y *Tipo de Carga* (4 tipos). Estas tres entidades definen a su vez un único *Tipo de Vehículo*, el cual tiene asociado múltiples parámetros.
- 6.3 Por otra parte la base de datos cuenta con una tabla de *Parámetros Generales* que son comunes a todas las entidades señaladas.
- 6.4 A partir de los parámetros incluidos en la tabla de *Tipo de Vehículo* y los *Parámetros Generales*, se estiman las componentes de costo de manera individual, generándose las tablas correspondientes. Finalmente se crean las tablas de *Costos Unitarios de Operación* tanto en \$/km como en \$/ton-km, así como las tablas de *Costos Fijos y Variables de Operación* en \$/año y \$/ton-km, respectivamente.

### Programación de consultas

- 6.5 Además de las consultas base correspondientes al cálculo de las componentes de costo, y al costo total de operación, se programaron las siguientes consultas:
- Para cada tipo de producto ¿cuál es el tipo de vehículo con menor costo marginal por zona?
  - ¿Para qué movimientos transversales el ferrocarril es el modo más eficiente?



- Para cada movimiento longitudinal ¿cuál es el modo más eficiente?
- ¿Cuál es el costo de la puesta en marcha (costo fijo de operación) para cada combinación producto zona?

6.6 Por otra parte, para una mejor interpretación de los datos numéricos, se programaron gráficos dinámicos, lo cuales permiten la utilización de filtros de los valores de las variables solicitadas. Los gráficos realizados son los siguientes:

- Filtros: zona y tipo de producto. Gráfico: costo unitario de operación por ton-km para cada modo.
- Filtros: zona y tipo de producto. Gasto en combustible por ton-km para cada modo.
- Filtro: modo y tipo de producto. Gráfico: costo unitario de operación por ton-km para cada zona.
- Filtro: modo y zona. Gráfico: costo por ton-km para cada tipo de producto.
- Filtro: zona y tipo de producto. Gráfico: costo fijo de operación anual para cada modo.
- Filtro: zona y tipo de producto. Gráfico: costo variable de operación por ton-km para cada modo.

## 7 Análisis crítico de la demanda por transporte

- 7.1 Para realizar el análisis de demanda de transporte se recurrió a los resultados obtenidos en el estudio “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010.
- 7.2 Con la información recopilada de ese estudio fue posible determinar los productos que experimentarán un mayor crecimiento y por lo tanto mayor demanda de transporte.
- 7.3 Una vez definidos estos productos, se analizan sus principales orígenes y destinos con el fin de determinar las regiones o zonas en las que podría existir mayor impacto por el aumento de movimiento de carga.
- 7.4 Dentro de la información analizada, los datos más relevante para efectos del presente estudio corresponden a los siguientes flujos de carga movilizadas, por par origen destino.

**TABLA 7.1 DIEZ MAYORES FLUJOS DE CARGA PROYECTADA AL AÑO 2020**

Origen	Destino	Producto	Flujo 2020 (ton)
Iquique/ Kainita y Loberas	Norte y Centro América	Sal	10.130.193
Freirina/El Algarrobo - Los Colorados (Hierro)	Asia y Oceanía	Hierro	8.348.589
Copiapó	Asia y Oceanía	Hierro	7.385.249
Iquique	Norte y Centro América	Sal	2.532.548
La Serena/El Romeral - El Tofo	Asia y Oceanía	Hierro	2.047.427
Antofagasta/El Way	Antofagasta	Insumos cemento	1.908.489
Freirina/El Algarrobo - Los Colorados (Hierro)	Talcahuano/Cía. Siderúrgica de Huachipato	Hierro	1.478.350
Tilttil/Planta Cerro Blanco	Tilttil/Planta Cerro Blanco	Insumos cemento	1.401.589
Copiapó	Talcahuano/Cía. Siderúrgica de Huachipato	Hierro	1.283.185
Vallenar/La Japonesa (Hierro)	Asia y Oceanía	Hierro	1.227.734

Fuente: “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010

- 7.5 Se observa en la tabla anterior que los diez mayores movimientos esperados al año 2020 corresponderán al sector minero, con una diversidad de modos de transporte entre los yacimientos y los puertos de embarque (camión, tren, ducto).
- 7.6 Finalmente, el estudio presenta una tabla con los principales pares OD a nivel nacional, la cual permite darse cuenta que la mayoría de los movimientos de origen a destino esperados (en toneladas transportadas) son bajas en relación al total transportado (porcentajes de un dígito), salvo algunas pocas excepciones que corresponden al movimiento interno en Antofagasta, algunos otros destinos mineros y los movimientos marítimos desde la segunda región hacia el puerto de Talcahuano y Siderúrgica Huachipato.
- 7.7 De acuerdo a los resultados presentados, se concluyó que las zonas que podrían requerir proyectos de conectividad debido al mayor aumento de toneladas movilizadas corresponden a la zona norte, donde además existen variadas opciones modales. Se destaca también que destinos extranjeros se encuentran dentro de los principales destinos de carga nacional, lo cual indica la necesidad de analizar la capacidad de la oferta portuaria disponible para el horizonte de proyección, así como optimizar los flujos transversales.

## 8 Proposición y análisis de proyectos específicos

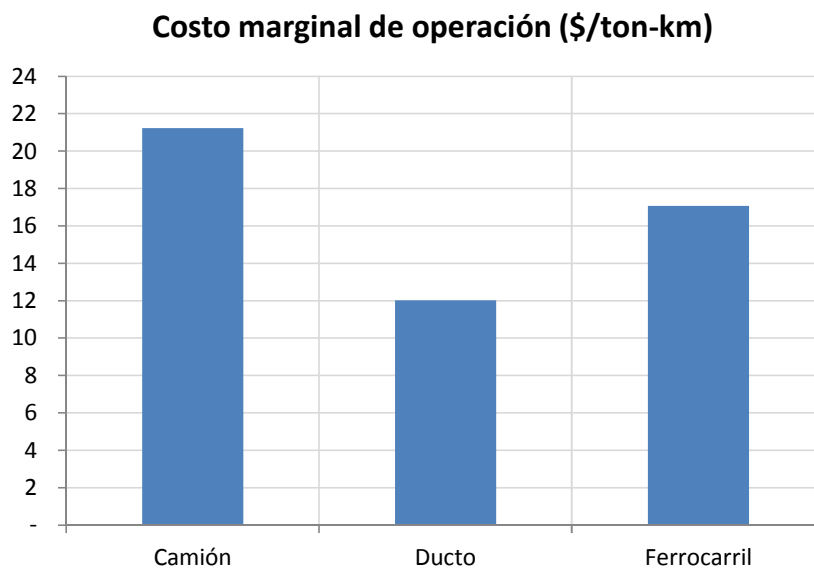
### Análisis competitividad

- 8.1 De acuerdo a los resultados de demanda proyectada presentada en la sección anterior, así como los comentarios recibidos de los actores del movimiento de carga en el país, es posible distinguir los siguientes flujos transversales como prioritarios:
- Norte: carga granel sólido
  - Centro: carga general seca y refrigerada, y carga granel
  - Sur: carga granel sólido
- 8.2 En el caso de los movimientos longitudinales, se distinguen los siguientes:
- Centro-Sur: carga general refrigerada
  - Norte -sur: granel sólido
  - Centro- norte: granel líquido
- 8.3 El análisis de competitividad entre modos para estos movimientos y tipos de productos, se realizó considerando los siguientes enfoques:
- Costos marginales de operación
  - Costos fijos y variables de operación
- 8.4 El primero de ellos permite conocer los modos más eficientes para transportar una ton-km adicional, mientras que el segundo permite determinar los modos con menor costo de operación para distintos volúmenes de carga.
- 8.5 Los resultados presentados corresponden a las estimaciones realizadas para cada vehículo tipo operando a plena capacidad. Este último supuesto fue realizado sólo como herramienta de comparación, ya que las tasas de ocupación de cada modo varían de acuerdo a la operación que realicen. Así para análisis de casos particulares de operación, se recomienda corregir las tasas de ocupación de acuerdo a la capacidad esperada de utilización tanto en los trayectos de ida como de regreso<sup>2</sup>.
- Costos marginales de operación***
- 8.6 A continuación se muestra un ejemplo del tipo de resultados presentados en este análisis.

---

<sup>2</sup> Muchas veces el retorno es sin carga, por lo que el costo de transporte debe considerar el viaje de regreso vacío.

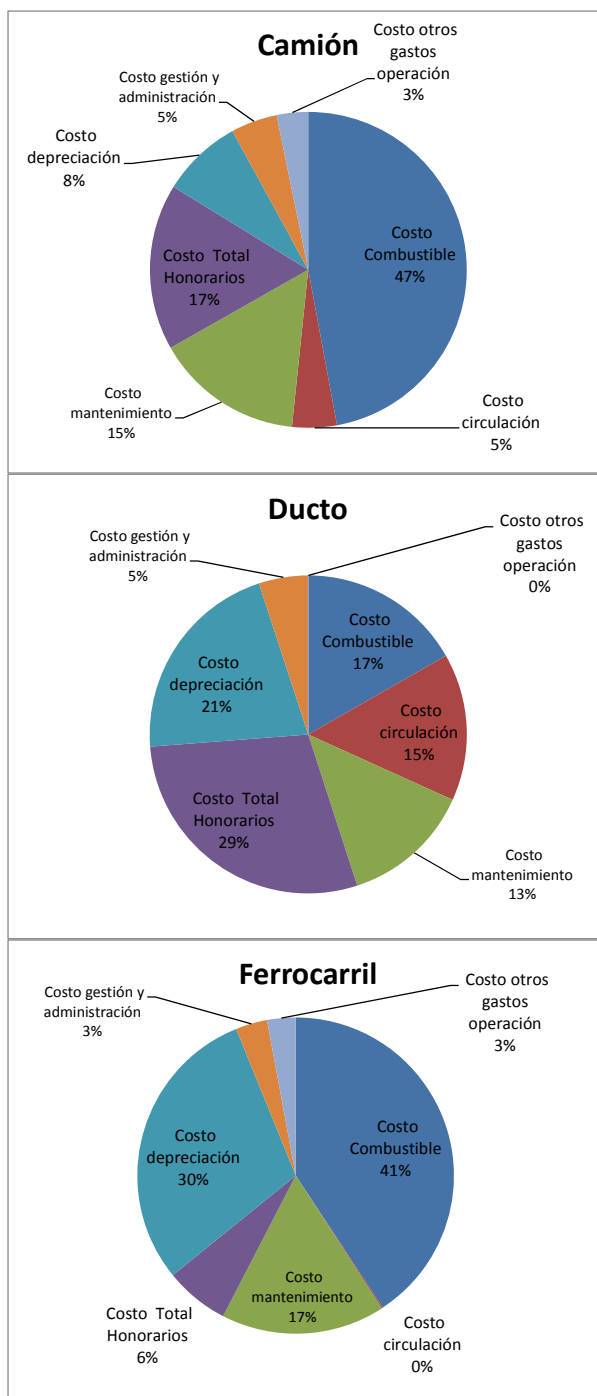
**FIGURA 8.1 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE TRANSVERSAL**



Fuente: Elaboración propia.

- 8.7 En esta imagen se puede observar la superioridad del ducto sobre el ferrocarril y el camión en cuanto al costo de transportar una tonelada adicional de carga. El costo del ducto es de 12,0 \$/ton-km, mientras que el ferrocarril alcanza los 17,06 \$/ton-km y el camión supera los 20 \$/ton-km.
- 8.8 Respecto a la estructura de costo de cada modo, se aprecia que a diferencia del ferrocarril y el camión, la componente mayor relevancia en el caso del ducto, no es combustible sino que corresponde a honorarios.

**FIGURA 8.2 ESTRUCTURA DE COSTOS MARGINAL OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE TRANSVERSAL**

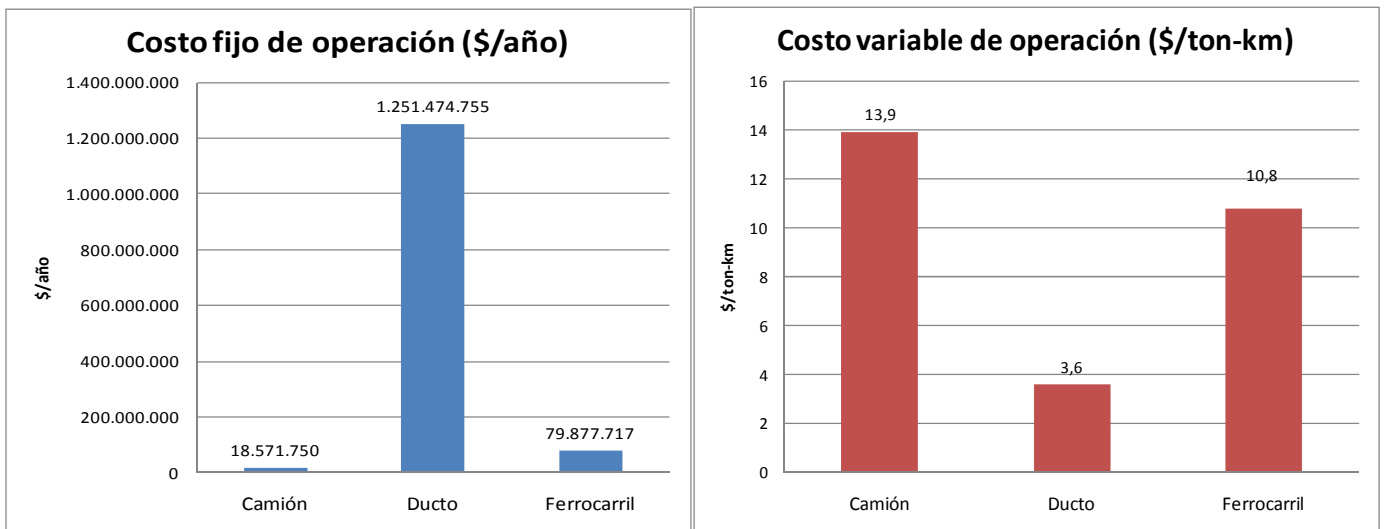


Fuente: Elaboración propia.

### Costos fijos y variables de operación

- 8.9 Tal como se ha señalado, los costos marginales de transportar una ton-km adicional, incluyen tanto los costos fijos como variables de operación. Sin embargo para determinar cuál es el volumen de carga que requieren los distintos modos para ser competitivos, se realizó una desagregación en costos fijos y variables de operación.
- 8.10 Los ítems de costo considerados fijos, es decir que no dependen de la utilización del vehículo, son:
- Costos circulación
  - Honorarios
  - Depreciación
  - Gastos de administración
  - Gastos mantenimientos fijos
- 8.11 El resto de los ítems como combustible, mantenimiento variable y otros costos de operación, se consideraron dependientes de uso del vehículo.
- 8.12 A continuación se muestran algunos ejemplos, en donde puede apreciarse el peso de la componente fija en los modos más competitivos a nivel de costos variables.

**FIGURA 8.3 COSTOS FIJOS Y VARIABLES DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE TRANSVERSAL**

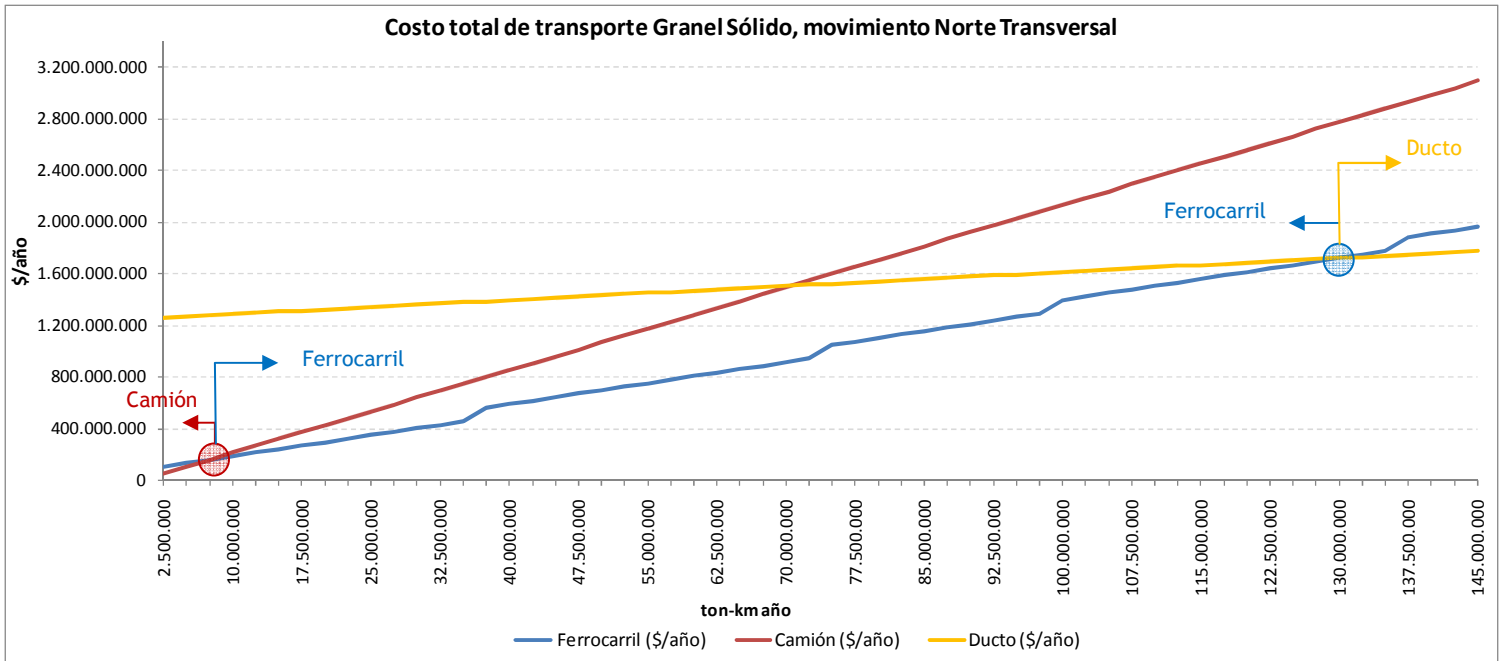


Fuente: Elaboración propia.

- 8.13 Así, a partir de los datos anteriores se diseñaron gráficos en los que es posible determinar qué modo es más conveniente de utilizar de acuerdo a las ton-km a transportar durante un año. La intersección en el eje Y corresponde a los costos fijos mencionados, mientras que la pendiente de la recta a los costos variables de cada modo.
- 8.14 Para la estimación de los costos totales se consideraron las capacidades anuales de cada modo, así a medida que aumentaba la cantidad de ton-km, se iban incorporando los vehículos requeridos por modo para cumplir con dicha transferencia de carga.

8.15 A continuación se muestra un ejemplo que de este tipo de análisis.

**FIGURA 8.4 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO, NORTE TRANSVERSAL**



Fuente: Elaboración propia.

8.16 En el gráfico anterior se observa los bajos costos fijos del camión y el ferrocarril respecto al ducto. La mayor pendiente de la recta del camión da cuenta de sus mayores costos variables, lo cual lo hace un modo conveniente para bajos volúmenes de carga (hasta 7.500.000 ton-km al año). Pasada dicha cantidad, el ferrocarril se muestra como el modo más económico hasta las 130.000.000 de ton-km, en donde el ducto pasa a ser la mejor alternativa.

#### **Conclusión análisis de costos**

8.17 De los resultados presentados se observa una clara tendencia en cuanto a eficiencia en los costos marginales de operación, mostrándose el ducto como el más conveniente, seguido del modo marítimo, ferroviario y por el último el transporte en camión.

8.18 No hay que olvidar que este análisis no incluye costos de infraestructura que podrían hacer variar este orden, sin embargo es una herramienta importante de comparación entre modos, ya que aísla los costos de operación de las desigualdades que se provocan en el pago de infraestructura.

8.19 Del análisis de costos fijos y variables, se concluye que el camión es el modo más conveniente para cantidades inferiores a las 7.500.000 ton-km anuales, seguido luego del ferrocarril. Por otra parte, tanto el ducto como el modo naviero, son alternativas atractivas para cantidades superiores a las 100.000.000 ton-km anuales, dados sus altos costos fijos de operación.



8.20 De acuerdo a estos resultados, el transporte intermodal se presentan como una alternativa de desarrollo que permitiría hacer uso de los modos en sus zonas de mayor eficiencia. Así el camión podría alimentar con trayectos cortos tanto al ferrocarril como al modo naviero, para que éstos cuenten con el volumen de carga necesario que permita justificar su operación.

### Costos de infraestructura

8.21 Tal como hemos señalado a lo largo del estudio, los costos presentados corresponden a los costos de operación desde el punto de vista del operador de transporte, sin considerar los costos de infraestructura asociados a cada modo.

8.22 Sin embargo para realizar análisis a nivel de proyectos, es necesario considerar los costos asociados al uso de infraestructura. Así para cada uno de los modos se estimaron costos de infraestructura promedio, de tal manera que éstos pudiesen ser utilizados en análisis posteriores. A continuación se presentan dichos valores por modo.

### Modo naviero

**TABLA 8.1 GASTOS DE PUERTO ASOCIADOS AL USO DE INFRAESTRUCTURA POR RECALADA DE NAVE TÍPICA**

Puertos de recalada	Gastos de puerto por recalada				
	En USD				
	Nave carga general Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel (sal) Norte-Centro	Nave carga granel líquido (SUA) Centro-Norte
Patillos				11.967	
Patache					760
Mejillones					12.699
Antofagasta	9.324				
San Antonio		8.665			10.127
Lirquén		8.107			
San Vicente				32.813	
Puerto Montt			4.799		

(\*) En estas cifras se han segregado los montos destinados a pagar la infraestructura por parte de la nave. Esta infraestructura se refiere específicamente los gastos de uso de muelle e instalaciones portuarias.

### **Modo ferroviario**

**TABLA 8.2 COSTOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**

Ítem	Costo (\$/km)	
	Trocha 1.000	Trocha 1.676
Construcción	415.300.000	388.880.000
Mantenimiento	4.205.000	1,56 (\$/ton-kmb)*
Rehabilitación sin cambio de riel	34.330.000	59.620.000
Rehabilitación con cambio de riel		126.220.000

Fuente: Elaboración propia en base a información de expertos ferroviarios. (\*) pago por mantenimiento del operador ferroviario a EFE

### **Modo rodoviario**

- 8.23 En el caso del camión, el costo por pago de infraestructura puede ser asociado al pago de peajes que debe realizar durante su circulación. De acuerdo al estudio “Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clúster de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados”, CNIC, se estimó que dicho gasto correspondía a 55\$/veh-km.

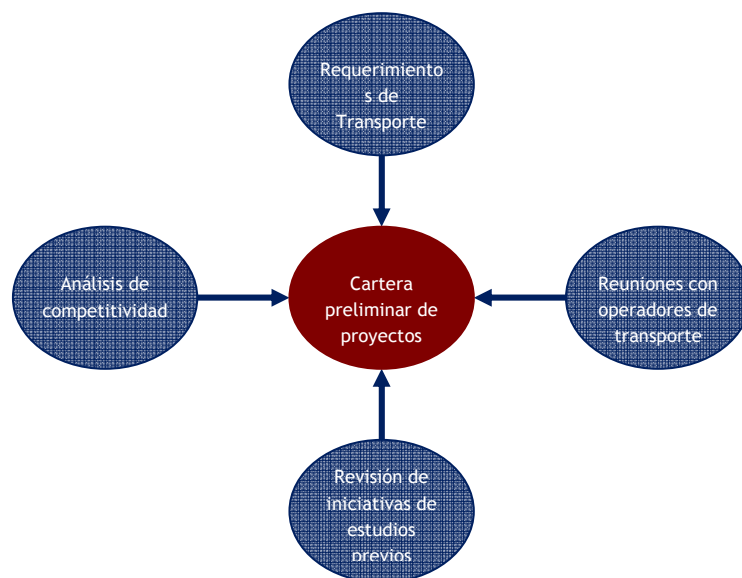
### **Modo Ducto**

- 8.24 En este modo el costo de infraestructura corresponde a los costos incurridos en la construcción del ducto. Sin embargo las componentes asociadas al ducto ya fueron incluidas como depreciación en los costos de operación. Los costos restantes de construcción corresponden principalmente a movimientos de tierra y otros obras de ingeniería. Así en el caso de un mineroducto de 10 pulgadas, los costos de infraestructura alcanzan a 261.905.000\$/km.

## Elaboración cartera de proyectos

- 8.25 A continuación se presenta una cartera preliminar de proyectos, la cual se realizó de acuerdo a la siguiente metodología:

FIGURA 8.5 ESQUEMA DE METODOLOGÍA PARA DEFINICIÓN DE PROYECTOS



Fuente: Elaboración propia

### ***Definición de proyectos***

- 8.26 La metodología utilizada para la evaluación de cada uno de los proyectos se compuso de las siguientes etapas:

#### **I Evaluación privada**

- Horizonte de 20 años
- Ingresos: tarifa por tonkm transportada
- Costo inversión
- Costo de operación (en base a los costos determinados en el presente estudio)

#### **I Evaluación social**

- Horizonte de 20 años
- Se evaluó el ahorro en cada componente de costo al comparar modos
- Se incorporaron externalidades

### ***Proyecto: Doble vía estación Prat- Pampa***

- 8.27 Con el objeto de permitir el aumento del tráfico de trenes entre la estación de Prat y el Puerto de Mejillones, se hace necesario construir una segunda vía paralela a la existente, entre Prat y Pampa, mejorar el tramo Pampa Mejillones y construir los desvíos interiores de maniobras

8.28 Se debe recordar que en su mayoría las cargas son Ácido Sulfúrico desde Mejillones hacia las mineras y cátodos de cobre y concentrado desde las mineras hacia Mejillones.

8.29 De acuerdo a los antecedentes que se disponen, en dicho sector se concentran todas las cargas, tanto de subida como de bajada, generando un cuello de botella debido las fuertes pendientes y excesivas curvas existentes entre Prat y Pampa, lo cual dificulta y no permite una operación rápida y fluida. Esta situación limita el número de trenes que pueden circular por dicho sector diariamente y por lo tanto afecta el tonelaje que se puede transportar anualmente.

*Proyecto: Conexión férrea mina Radomiro Tomic Codelco*

8.30 Este proyecto consiste en la construcción de una vía férrea entre la Mina Radomiro Tomic y la estación de Cere, de la vía principal del FCAB, que une Ollague, con Antofagasta y Mejillones, con el objeto de facilitar el transporte de productos e insumos de la Mina.

8.31 Se estima que la producción de esta mina pasará a ser principalmente concentrado de cobre, lo cual aumentará la demanda de transporte debido a los mayores volúmenes que este producto conlleva. Por este motivo se propone evaluar el acceso de aproximadamente 20km que requeriría RT para poder transportar su carga en ferrocarril.

*Proyecto. Terminal intermodal de contenedores en San Antonio y Santiago*

8.32 Actualmente el acceso al puerto hasta el costado de la nave está permitido sólo para camiones, quedando el ferrocarril en las afueras del puerto. Esta desigualdad genera unos costos de aproximadamente 40.000\$/contenedor que debe pagar el ferrocarril para que le acerquen la carga hasta donde se encuentran detenido.

8.33 El proyecto consiste en desarrollar un terminal intermodal en los terrenos aledaños al puerto en que se generen áreas de almacenamiento y servicios que permitan aumentar la eficiencia del ferrocarril.

8.34 Se destaca que la vial Santiago - San Antonio, presenta una extensión similar que la línea ferroviaria por lo que el ferrocarril se muestra muy competitivo al camión logrando costos de operación considerablemente inferiores. Para que el proyecto sea atractivo en cuanto tiempos y costos, se requerirá también el desarrollo de una estación similar en Santiago que permita el traspaso a camiones para el envío de carga al destino final.

8.35 Así, el proyecto consiste en la construcción dos patios Intermodales, CIM, para el movimiento de contenedores, uno en Santiago y otro en el Puerto de San Antonio, con el objeto de mejorar la administración del movimiento de contenedores, desde y hacia el puerto de San Antonio.

8.36 Estos CIM, consideran vías ferroviarias, patios para camiones, patios de transferencia, bodegas, oficinas y en general todas las instalaciones y equipos que un proyecto de esta naturaleza requiere.

- 8.37 Para la conformación de este proyecto se utilizó como base el estudio “Elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clúster de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados” de CNIC y el “Estudio de la cadena logística de contenedores” de EFE.
- 8.38 El movimiento potencial de contenedores se estimó en 25.000 al año, con lo cual se determinó una capacidad instalada para 1.000 contenedores por patio, con 2 desvíos para trenes de aproximadamente 500 mlv cada uno y con 8 desviadores emplazado en un área de 5 ha.
- 8.39 Se consideró además las instalaciones como bodegas y oficinas.
- Proyecto. Double-stack en ferrocarril San Antonio y Santiago*
- 8.40 La posibilidad de duplicar la capacidad de transporte del ferrocarril en este tramo podría disminuir los costos unitarios de operación de manera considerable. Sin embargo es necesario evaluar la factibilidad técnica de dicho movimiento, principalmente por dos túneles que no cuentan con el gálibo necesario para el paso del ferrocarril.
- Proyecto. Terminal intermodal en Teno*
- 8.41 Este proyecto busca captar las carga contenedorizadas de fruta fresca, tomates, vinos y agroindustria de la zona con el fin de transportarlas en ferrocarril hasta los puertos de San Antonio o Valparaíso.
- 8.42 De acuerdo las proyecciones de demanda realizadas en el estudio “Optimización de la Cadena Logística de Contenedores” se esperaba que este terminal captara el 50% de la demanda potencial, la cual fue estimada en 300.000 ton para el 2010.
- Proyecto. Ramal Rancagua Lo Miranda*
- 8.43 El proyecto consiste en construir un ramal de aproximadamente 11 km desde la estación de Rancagua hasta la planta de granos ubicada en Lo Miranda. Esto permitiría a los porteadores de carga ferroviaria transportar un millón de toneladas en granos provenientes de Ventanas y Puerto Panul.
- Proyecto. Cambio de estándar y cambio de rieles ramal San Pedro-Ventanas*
- 8.44 El proyecto consiste en el cambio de estándar de clase de vía del ramal San Pedro - Ventanas (45 km.), actualmente de Clase A para llevarlo a estándar Clase B, y el mejoramiento de estructuras y rieles para pesos de 25 ton/eje de los puentes Mantagua y Aconcagua. Esto con el objeto de soportar los mayores volúmenes de tráfico previstos para el sector.
- 8.45 El proyecto de inversión está asociado a captar para el modo ferroviario, el transporte de concentrado de cobre proveniente de la expansión del mineral Los Bronces, que se movilizará hacia el Puerto de Ventanas desde la planta concentradora del mineral ubicada en la localidad de Las Tórtolas y del ramal Los Andes-Río Claro.
- 8.46 Los antecedentes básicos fueron extraídos del estudio de “Optimización de la cadena logística de la región de Valparaíso” y ajustados por SDG, de acuerdo con algunos criterios de mejoramiento.

*Proyecto. Construcción ramal Polpaico-Las Tórtolas*

- 8.47 Tal como se señaló en el proyecto anterior, se incorporarán del orden de 1.000.000 de toneladas anuales de concentrado de cobre para ser embarcadas por Puerto Ventanas. Este concentrado de cobre corresponde a la puesta en operación de la expansión de la mina Los Bronces, cuyo mineral se depositará en la planta concentradora de Las Tórtolas, localidad ubicada al nororiente de la estación ferroviaria de Polpaico. La empresa Anglo American Chile, propietaria de Los Bronces, tiene considerado, a la fecha, el transporte de este mineral por camión, pero está abierto e interesado a realizar el transporte por ferrocarril. Esta solución, no obstante, implicaría la construcción de un desvío ferroviario entre Polpaico y Las Tórtolas de alrededor de 26 km.

*Proyecto. Rehabilitación del sector Llay Llay Los Andes y Los Andes Saladillo*

- 8.48 Este proyecto consiste básicamente en la rehabilitación de las vías desde Llay Llay hasta Los Andes en trocha 1676 mm. y una rehabilitación entre los andes y Río Blanco en trocha 1000 mm., con el objeto de permitir el aumento previsto de transporte de cerca de 1,4 millones de toneladas anuales

*Proyecto. Desvíos de carga CELCO 1*

- 8.49 Este proyecto consiste en construir 4 desvíos de carga en las estaciones Copihue, Almarza, Cabrero y General Cruz, para el transporte de madera a las plantas de celulosa, considerándose un recorrido medio de 100 kmv.

*Proyecto. Desvíos de carga CELCO 2*

- 8.50 El proyecto consiste en construir 2 desvíos de carga en Molina y San Javier con el mismo objetivo que el proyecto anterior, variando la distancia media de transporte a 300 kmv.

*Proyecto. Desvíos de carga PUTAGAN*

- 8.51 Construir un desvío de 1.000 m para captar los transportes de los silos existentes en el sector. La distancia media de transporte a Lo Miranda es de 217 kmv.

*Proyecto. Desvíos de carga CEMENTOS BUFALO*

- 8.52 El proyecto consiste en construir un desvío de 1.000 m en la estación Ventanas y modificar dos de 500 m. en Chena Poniente.

*Proyecto. Rehabilitación ramal COIGUE NACIMIENTO*

- 8.53 El proyecto consiste en rehabilitar el ramal para la captación de mayores toneladas en un largo de 5,2 kmv y transportarlos a los puertos de la octava región.

*Proyecto. Oleoducto San Vicente-Temuco*

- 8.54 Construcción de un nuevo oleoducto para el transporte de combustibles líquidos limpios desde la refinería de PETROX (San Vicente), hasta el terminal de almacenamiento de Temuco. Poseerá una longitud de 270 km recorriendo de San Vicente a Temuco, tendrá un diámetro de 8" y transportará 1, 5 millones de m<sup>3</sup> al año (equivalentes a 1.275.000 toneladas al año)

## Conclusiones

- 8.55 A partir de los proyectos evaluados es posible concluir que aquellos con grandes volúmenes de carga fueron en general rentables de manera privada y social. Sin embargo, la mayoría de los proyectos evaluados fueron rentables privadamente en cuanto a su operación.
- 8.56 Respecto a la evaluación social de los proyectos, ésta se realizó comparando ahorros de costos entre los modos, mostrándose siempre el ferrocarril como una alternativa dominante. Este resultado se explica principalmente por las altas externalidades del modo camión, las cuales son 4 veces superiores a las del ferrocarril.
- 8.57 Se hace hincapié que las evaluaciones presentadas son sólo a nivel de perfil y por lo tanto su resultado puede variar al incorporar mayor nivel de detalle. De igual forma el resultado puede variar, dependiendo de la operación particular de cada movimiento, ya que pueden existir restricciones de tiempo que y de frecuencias en las que el modo ferroviario es menos flexible que el camión.

## 9 Conclusiones

- 9.1 De los resultados presentados se desprende que, independiente del tipo de carga y zona geográfica el orden (de menor a mayor) de costos unitarios de operación por ton-km de los distintos modos de transporte es el siguiente: ducto, marítimo, ferroviario, rodoviario. Estos costos unitarios corresponden al gasto por ton-km de transportar una unidad adicional de carga, en la situación de operación actual de cada modo.
- 9.2 No hay que olvidar que este análisis no incluye costos de infraestructura que podrían hacer variar este orden, sin embargo es una herramienta importante de comparación entre modos, ya que aísla los costos de operación de las desigualdades que se provocan en el pago de infraestructura.
- 9.3 Los resultados muestran una clara necesidad de potenciar el modo ferroviario en cuanto a los movimientos transversales, lo cual no implica competir directamente con el camión, sino que se debería tender a potenciar la intermodalidad en busca del aprovechamiento de las ventajas de cada uno.
- 9.4 En cuanto a los movimientos longitudinales, se destaca el modo marítimo con menores costos de operación. Sin embargo no hay que olvidar que esta comparación es directa sólo en los casos en que los pares origen y destino se encuentran en los puertos correspondientes ya que en caso contrario es necesario sumar al costo de operación del cabotaje, los costos de acercamiento a ambos puertos con cualquiera de los otros 3 modos analizados.
- 9.5 A partir de la estructura de costos marginales, se realizó un análisis de costos fijos y variables de operación, que permitió determinar cuál es el volumen de carga que requieren los distintos modos para ser competitivos. Así se concluyó, de acuerdo a las condiciones estudiadas, que el camión es el modo más conveniente para cantidades inferiores a las 7.500.000 ton-km anuales, seguido luego del ferrocarril. Por otra parte, tanto el ducto como el modo naviero, son alternativas atractivas para cantidades superiores a las 100.000.000 ton-km anuales, dados sus altos costos fijos de operación.
- 9.6 De acuerdo a estos resultados, el transporte intermodal se presentan como una alternativa de desarrollo que permitiría hacer uso de los modos en sus zonas de mayor eficiencia. Así el camión podría alimentar con trayectos cortos tanto al ferrocarril como al modo naviero, para que éstos cuenten con el volumen de carga necesario que permita justificar su operación.
- 9.7 Finalmente, se presentó una cartera de proyectos y la evaluación de aquellos con que se contaba información. Estos proyectos buscan adelantarse a las necesidades de crecimiento de la demanda, considerando para esto, los modos o la combinación de modos más eficiente en cuanto al análisis de costo realizado.
- 9.8 Toda la información levantada, así como las estructuras de costo modeladas, fueron incorporadas en una base de datos con herramientas visuales para facilitar análisis posteriores.



## HOJA DE CONTROL

Nombre Proyecto/Propuesta	Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana
Título del Documento	Resumen Ejecutivo
Referencia Cliente/ N° Proyecto	<a href="#">Click here to enter text.</a>
N° Proyecto/ Propuesta SDG	22340901

## HISTORIA DE ENVÍOS

N° Envío	Fecha	Detalles
----------	-------	----------

## REVISIÓN

Generado por	Mabel Leva
Otros colaboradores	Brisa Oñate, Ricardo Ossandón, Ramiro Reyes, Christian Fuentes
Revisado por	Impreso BOV
	Firma

## DISTRIBUCIÓN

Cliente: Subsecretaría de Transportes

Steer Davies Gleave:



L:\Projects\223\4\09\01\Outputs\Reports\informe final corregido\informe final corregido enviado\Resumen Ejecutivo Informe final corregido.doc