
recursos naturales e infraestructura

Mejores prácticas de transporte intermodal en las Américas: estudio de casos de exportaciones del Mercosur al NAFTA

José María Rubiato Elizalde



NACIONES UNIDAS



División de Recursos Naturales e Infraestructura
Unidad de Transporte

Santiago de Chile, octubre de 2001

Este documento fue preparado por José María Rubiato Elizalde, Oficial de Asuntos Económicos de la Unidad de Transporte de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/L.1615-P

ISBN: 92-1-321917-2

ISSN: 1680-9017

Copyright © Naciones Unidas, octubre de 2001 Todos los derechos reservados

Nº de venta: S.01.II.G.154

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N. Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Objeto y metodología del estudio	11
A. Objeto	11
B. Metodología.....	12
C. Criterios para la selección de los productos	12
D. Seguimiento de las operaciones de transporte.....	12
II. Selección de productos intercambiados	15
A. Importancia relativa de las exportaciones del Mercosur al NAFTA.....	16
B. Estructura y composición de la exportación del Mercosur al NAFTA.....	17
C. Modos de transporte de las principales exportaciones del Mercosur al NAFTA	18
D. Selección de productos	19
E. Empresas seleccionadas.....	21
III. Exportación y transporte del concentrado de cobre de Minera Escondida	23
A. El comercio internacional del cobre	23
B. El NAFTA como mercado de exportación de concentrado de cobre de Chile.....	24
C. El mercado de exportación de Escondida y su transporte.....	25
D. El sistema y la operación de transporte en Escondida.....	26
1. Transporte de concentrado de cobre	26
2. Operación del mineroducto.....	26
3. El mineroducto frente a sus alternativas	27

4.	Ventajas medioambientales del mineroducto	28
5.	El terminal portuario de Coloso.....	28
IV.	Exportación y transporte del mineral de hierro de CVRD.....	29
A.	El comercio mundial del mineral de hierro	29
B.	El NAFTA como mercado de exportación de mineral de hierro de Brasil	30
C.	El mercado de exportación de CVRD y su transporte.....	31
D.	El sistema y la operación de transporte en CVRD	31
1.	Sistema Sur	33
2.	Sistema Norte.....	34
V.	Conclusiones y recomendaciones	37
A.	Características de los sistemas considerados	37
B.	Mejores prácticas.....	38
C.	Factores de éxito.....	39
D.	Soluciones aplicables a otros casos	39
	Bibliografía	41
	Anexo	43
	Anexo 1 Perfil de Escondida.....	45
	Localización geográfica	47
	Reservas.....	47
	Explotación.....	48
	Procesamiento sulfuro	48
	Procesamiento óxido	49
	Estructura del comercio internacional del cobre.....	49
	Distribución de la propiedad de Minera Escondida Limitada.....	49
	Serie Recursos Naturales e Infraestructura: números publicados	53

Índice de gráficos

Gráfico 1	Principales países productores de cobre de mina.....	24
Gráfico 2	Estadísticas de producción mensual, 2000.....	51
Gráfico 3	Estadística de producción anual 1990-2000.....	52

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	Mayores productores de cobre de mina del mundo	45
Ilustración 2	Líderes mundiales en la producción de concentrado para comercialización internacional, 1999	46
Ilustración 3	Productores de cobre en Chile.....	46
Ilustración 4	Ubicación geográfica de la mina	47
Ilustración 5	Estructura del comercio internacional del cobre	50
Ilustración 6	Distribución de propiedad Minera Escondida	50

Índice de tablas

Tabla 1	Exportaciones MERCOSUR+, 1998.....	16
Tabla 2	Importaciones NAFTA, 1998.....	16
Tabla 3	Exportaciones del Mercosur al NAFTA.....	17

Tabla 4	Importancia en valor de los 10 principales productos exportados	17
Tabla 5	Importancia en volumen de los 10 principales productos exportados	18
Tabla 6	Relación valor por tonelada de los 10 principales productos exportados	18
Tabla 7	Principales productos exportados por el Mercosur al NAFTA volumen por modo de transporte.....	19
Tabla 8	Principales productos exportados por el Mercosur al NAFTA valor por modo de transporte	20
Tabla 9	Exportaciones totales de Chile al NAFTA, 1998	24
Tabla 10	Exportaciones de cobre de Chile al NAFTA, 1998	25
Tabla 11	Ventas de Mina Escondida.....	25
Tabla 12	Exportaciones totales al NAFTA, 1998	30
Tabla 13	Exportaciones de hierro al NAFTA, 1998	31
Tabla 14	Mercado de mineral de hierro y pelotas, 1998.....	31
Tabla 15	Exportación del mineral de hierro transportada por mar por el grupo CVRD.....	32
Tabla 16	Exportación del mineral de hierro transportada por mar por el grupo CVRD.....	32

Resumen

El estudio de mejores prácticas constituye una forma de intentar extraer modelos de aplicación general a partir del análisis de casos particulares. El estudio del mejor sistema consiste aquí en analizar la bondad del transporte en términos de calidad, eficiencia económica y ambiental, y fluidez desde el punto de vista del “cliente” del transporte.

La selección de productos, cuyo transporte a granel presenta características extremas, por su integración vertical, estabilidad y bajo valor unitario, y a la vez muy comunes por que se trata de productos básicos de antigua tradición en el comercio mundial, permite constatar que el mejor sistema de transporte es el que se adapta al producto como un traje a medida, con economías de escala y de rango plenamente alcanzadas.

Los graneles secos han abierto el camino de la estandarización de bultos alcanzada con el desarrollo y uso masivo de contenedores que apunta a que miles de productos distintos pueden, en última instancia y a efectos de transporte, considerarse y ser procesados como simples cajas.

Se concluye en este estudio que las operaciones de transporte de graneles ofrecen ejemplos de buenas prácticas en: la especialización tecnológica para lograr economías de alcance, la concentración de carga para alcanzar economías de escala, la adaptación del transporte al intercambio comercial en términos de costo relativo, frecuencias de entrega, organización del transbordo, acuerdos contractuales con los clientes y socios operadores de transporte, así como en la necesaria colaboración con todos los sectores y partes interesadas.

Introducción

El estudio de las mejores prácticas de transporte, efectuado mediante el seguimiento de la exportación de productos seleccionados, constituye una forma de intentar extraer modelos de aplicación general a partir del análisis de casos particulares. La elección deliberada del método conlleva una serie de supuestos que pueden sesgar el análisis y por lo tanto puede conducir a conclusiones y recomendaciones cuestionables.

Sin embargo, aún con ese riesgo, teniendo en cuenta el fin último del estudio, que consiste en individualizar el mejor transporte al servicio del comercio, parece preferible esta vía con respecto al análisis de las operaciones de transporte independientemente del producto objeto de acarreo. Considerar el producto como referencia de partida permite analizar la calidad del transporte en términos de eficiencia económica y ambiental, vistas desde la perspectiva del intercambio comercial, es decir desde el punto de vista del “cliente” del transporte.

La selección de productos cuyo transporte a granel presenta características propias *a priori* difíciles de extrapolar a otros casos de productos, parece así mismo contraria al espíritu que debería guiar un estudio de mejores prácticas. En efecto, estas prácticas no pueden ser consideradas como modelos sino en la medida en que efectivamente puedan ofrecer ejemplos de soluciones aplicables a otras modalidades de transporte y a otros productos menos homogéneos.

Una segunda mirada permite, sin embargo, constatar que en un mundo ideal, el mejor sistema de transporte sería el que se pudiera

adaptar más perfectamente al producto a transportar. Es decir, el sistema que hubiera sido diseñado y confeccionado como un traje a medida para un producto cuyas características, acondicionamiento, embalaje, forma, dimensiones y peso fueran constantes, cuyos flujos tuvieran volúmenes previsibles, cuyos embarques pudieran ser programados con regularidad y seguridad de cumplimiento, cuyos transbordos de un modo a otro fueran realizados exactamente en las condiciones deseadas, con un almacenamiento reducido a su mínima expresión, todo ello con horizontes de tiempo de varias décadas de tráfico asegurado, con economías de escala y de rango plenamente alcanzadas, y con la libertad de modular los ritmos de funcionamiento del sistema según las necesidades.

Estas condiciones óptimas que conforman una situación en la que prácticamente los factores de mayor incidencia quedan bajo gestión y control al alcance de una única decisión, el entorno idóneo para todo organizador de una cadena de transporte, son las que se pueden observar en el transporte de graneles sólidos, como el concentrado de cobre y el mineral de hierro, que son objeto de consideración en el presente estudio. Estas condiciones, por ser óptimas, pueden consituir modelos a seguir o ejemplos a imitar.

Como se constata en la parte de conclusiones y recomendaciones del documento, estas condiciones ideales no pueden ser trasladadas íntegramente a otros transportes y para otros productos, pero sí presentan elementos de ejemplaridad que permiten analizar soluciones de gestión del transporte derivadas de esas condiciones ideales, sin necesidad de reproducirlas en su plenitud.

I. Objeto y metodología del estudio

A. Objeto

El presente estudio tiene por objeto analizar las operaciones de transporte de determinados productos intercambiados en el comercio de exportación del Mercosur – incluido Chile - al NAFTA con el fin de identificar las mejores prácticas aplicadas y los factores que inciden en la eficacia de estas prácticas al servicio del comercio. En la óptica del trabajo, interesan las mejores prácticas de transporte para el intercambio comercial, es decir, las prácticas que aportan mayores ventajas para el usuario de los servicios e infraestructura de transporte en términos de tiempo, seguridad y costos de transacción.

El estudio constituye una primera aproximación a la identificación de mejores prácticas y potenciales centros de excelencia en materia de transporte del comercio exterior, transporte entre sub grupos regionales en las Américas. No pretende establecer criterios exhaustivos ni definitivos para la selección o el rechazo de determinadas prácticas, sino contribuir, a través del seguimiento de determinadas operaciones, a determinar qué procedimientos y métodos de operación son los que contribuyen a favorecer el intercambio comercial.

En sentido estricto, las mejores prácticas se pueden determinar únicamente a partir de la comparación de operaciones similares, en iguales condiciones, en cuanto a factores como costos de producción, distancias de traslado, etc. ya que los beneficios relativos de esas

prácticas se deben medir para productos equivalentes o idénticos. En los hechos es posible considerar procedimientos que puedan ser aplicados a distintos tipos de operaciones, en particular los procedimientos de carácter institucional. Esas mejores prácticas, las de uso extensibles a otros rubros, son las que concentran la atención del estudio.

B. Metodología

Este estudio de mejores prácticas de transporte se centra en la estructura y funcionamiento de los eslabonamientos productivos en los procesos de distribución, teniendo en cuenta los mecanismos de las operaciones, la interacción y aportes mutuos entre los operadores, así como la evolución y ajustes en cada etapa del transporte.

Para llevar a cabo este análisis de procesos, se ha considerado que el análisis de las prácticas del transporte de los productos de mayor importancia relativa implica necesariamente considerar prácticas ya probadas, desarrolladas en el tiempo, que han ido mejorando en función de la presión ejercida por la demanda, la del comercio, bajo la influencia de grandes montos y volúmenes de operación.

Eso significa que las prácticas estudiadas deberían presentar pocos defectos importantes y por lo tanto, pueden ser representativas de la eficiencia de las grandes operaciones. A su vez deberían poder constituir ejemplos para las operaciones de transporte de otros productos.

C. Criterios para la selección de los productos

La selección de los productos de exportación del Mercosur al NAFTA, cuyas operaciones de transporte se pretende estudiar, se ha efectuado aplicando criterios que ayuden a individualizar de mayor significancia en el intercambio. Estos criterios son:

- Importancia relativa del valor exportado: se han elegido para este estudio productos cuyo valor los sitúa entre los diez de mayor importancia de acuerdo a las cifras de comercio disponibles para el año 1998.
- Importancia relativa del volumen exportado: se han elegido para este estudio productos cuyo volumen, expresado en toneladas brutas, los sitúa entre los diez de mayor importancia de acuerdo a las cifras de comercio disponibles para el año 1998.
- Importancia relativa del modo de transporte: se han elegido para este estudio los modos de transporte cuya importancia relativa de uso sea mayor en términos de valor y volumen.
- Importancia relativa de la relación valor/volumen de transporte: se han elegido para este estudio productos cuya relación valor/peso es baja y para los cuales el costo de la distribución constituye un factor preponderante en la competitividad del producto en los mercados de consumo final en los países del NAFTA.

D. Seguimiento de las operaciones de transporte

Las operaciones de transporte de los productos seleccionados, son objeto de seguimiento en los puertos de origen y destino del intercambio comercial, los centros de producción y consumo y en los servicios e infraestructuras de transporte que se usan en estos puntos o nodos y entre ellos, es decir en los enlaces.

El marco conceptual propuesto lleva a una descripción y análisis de los siguientes aspectos para cada uno de los casos considerados :

- Ejes de transporte: los que incluyen terminales interiores y puertos, servicios de transporte, procedimientos administrativos y prácticas comerciales, y entorno de las operaciones para cada eje.
- Relaciones entre operadores de transporte: arreglos contractuales, tarifas aplicadas, formas de entendimiento, responsabilidades respectivas, entre otras.
- Flujos de transporte: movimientos en volumen, tiempos de viaje y de espera.

II. Selección de productos intercambiados

Se presenta en este capítulo el contexto en que son intercambiados, entre los mercados del Mercosur y del NAFTA, los productos escogidos y las empresas que los producen y comercializan. Se procede desde una aproximación de lo general hacia lo particular para llegar a determinar, aplicando los criterios definidos, los productos cuyas operaciones de transporte serán objeto de observación.

De esta forma se examinan los productos exportados por los países del Mercosur al NAFTA para determinar:

- su importancia relativa en relación al intercambio de cada grupo con sus socios comerciales en el resto del mundo;
- los productos de mayor peso relativo en términos de volumen y de valor, conforme a lo que exige el cumplimiento de los dos primeros criterios;
- el peso relativo de cada modo de transporte utilizado. Por la posición geográfica y la distancia de los socios comerciales, es de suponer *a priori* que el modo marítimo tuviera una preponderancia. Este examen permite confirmar esta suposición y cumplir de paso con el tercer criterio de selección; y,
- la relación valor/volumen que resulta de la aplicación del cuarto criterio retenido.

A. Importancia relativa de las exportaciones del Mercosur al NAFTA

El valor del comercio de exportación del Mercosur hacia el NAFTA representaba, en 1998, casi una quinta parte de las exportaciones totales del Mercosur al mundo y dos quintas partes de las exportaciones del Mercosur a los países del continente americano.

Tabla 1
EXPORTACIONES MERCOSUR+, 1998

Exportaciones 1998 Mercosur+	Valor FOB (en US\$)	% Total	Volumen (en toneladas)	% Total	Val/vol (en US\$)
NAFTA	17 096 223 365	19.8	38 182 650	12.9	447.75
Américas ^a	48 266 987 857	55.8	99 204 080	33.5	486.55
Total Exportado al Mundo	86 464 456 340	100.0	295 768 380	100.0	292.35

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por BTI. **Nota:** Mercosur+ = Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay + Chile; ^a : incluye Norte, Centro, Sur y Caribe

Ese mismo año, en términos de volumen medido en toneladas brutas, el Mercosur había exportado a los países del NAFTA casi el 13% del total despachado al mundo, lo que representa un poco más de la tercera parte de lo que exporta al resto de las Américas.

En la perspectiva de los países miembros del NAFTA, las importaciones procedentes del Mercosur representan el 83.2% del valor y un 89.8 % del volumen de lo importado del resto del continente americano, exceptuando el comercio intraregional del grupo.

Tabla 2
IMPORTACIONES NAFTA, 1998

Importaciones NAFTA 1998	Valor FOB (en US\$)	% Total	Volumen (en toneladas)	% Total	Val/vol (en US\$)
Mercosur	17 096 223 365	14.3	38 182 650.00	35.6	447.75
Américas	98 568 477 134	82.3	96 370 690.03	89.8	1 022.81
Total Importado desde el Mundo	119 809 508 294	100.0	107 352 735.9	100.0	1 116.04

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por BTI.

De lo anterior, y sabiendo que el comercio entre estos dos grupos económicos regionales es del mayor volumen y valor de los que se dan entre esquemas en las Américas, se puede observar que, en términos relativos, NAFTA es un destino importante para las exportaciones mundiales del Mercosur, mientras que para los países de NAFTA, Mercosur es el primer proveedor de la región tanto en valor como en volumen.

En términos de relación valor/volumen, el mercado del NAFTA es para el Mercosur un comprador de productos de un valor por tonelada muy superior al del promedio de sus exportaciones al resto del mundo pero inferior, aunque por poco, al de su comercio exportado al resto de los países de las Américas, que incluye a sus socios del Mercosur.

B. Estructura y composición de la exportación del Mercosur al NAFTA

Los veinte productos de mayor importancia en valor y en volumen de las exportaciones del Mercosur destinadas al NAFTA muestran una gran diversidad que incluye productos manufacturados, semi-manufacturados y productos básicos.

Tabla 3
EXPORTACIONES DEL MERCOSUR AL NAFTA

CUCI	Descripción	Toneladas	CUCI	Descripción	US\$
28	Mineral de hierro y met. prec.	14 150 640 960	67	Manufacturas de hierro o acero	1 635 024 132
33	Petróleo, prod. derivados del	6 688 686 818	79	Otros vehículos de transporte	1 038 439 898
67	Manufacturas de hierro o acero	6 428 805 892	05	Vegetales y frutas	1 022 065 433
27	Minerales y fertilizantes en bruto	2 021 024 112	85	Calzado	977 887 249
05	Vegetales y frutas	1 144 946 428	78	Automóviles y motocicletas	862 347 252
51	Productos químicos orgánicos	1 060 620 504	68	Metales no ferrosos	750 241 089
25	Pulpa	776 165 736	71	Maquinaria generadora de energ.	691 563 987
24	Madera, leña y carbón vegetal	628 882 750	07	Café , té, cacao, especies	634 788 516
06	Azúcar y miel	572 859 362	28	Mineral de hierro y met. prec.	620 198 956
22	Semillas y frutas	557 022 064	33	Petróleo, prod. derivados del	603 221 870
63	Manufacturas de corcho	470 805 725	74	Equipo mecánico de manipulac.	593 193 310
68	Metales no ferrosos	423 241 080	03	Pescados	543 947 211
07	Café , té, cacao, especies	286 346 848	61	Cuero, manufacturas de cuero	510 619 065
66	Manufac. de minerales no-met.	251 588 583	24	Madera, leña y carbón vegetal	397 691 170
78	Automóviles y motocicletas	233 356 538	97	Oro no monetario	366 250 869
52	Productos químicos inorgánicos	224 949 620	76	Equipo de telecomunicaciones	357 848 026
71	Maquinaria generadora de energ.	199 341 765	51	Productos químicos orgánicos	326 633 317
04	Cereales	160 934 773	25	Pulpa	316 674 231
03	Pescados	157 048 217	72	Máquinas y eq. especializados	299 304 139
11	Bebidas	152 225 864	63	Manufacturas de corcho	286 420 751

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por BTI, 2001.

Sin embargo, esta gran variedad muestra también una considerable concentración en cuanto a su importancia relativa en el conjunto exportado. En efecto, considerando ya los diez primeros productos, ordenados por importancia en términos de valor y de volumen, se puede observar que estos suman un total acumulado de 51.7% y 77.6% respectivamente, o un 31.5% y 89.1%, según se consideren los 10 productos exportados de mayor valor o de mayor volumen.

Tabla 4
IMPORTANCIA EN VALOR DE LOS 10 PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS

Descripción	Valor FOB (en US\$)	% Total	Acumulado (en %)	Volumen (ton brutas)	% Total	Acumulado (en %)
Manufacturas de hierro o acero	1 635 024 132	9.6	9.6	6 428 806	16.8	16.8
Otros vehículos de transporte	1 038 439 898	6.1	15.7	26 750	0.1	16.9
Vegetales y frutas	1 022 065 433	6.0	21.7	1 144 946	3.0	19.9
Calzado	977 887 249	5.7	27.4	58 715	0.2	20.1
Automóviles y motocicletas	862 347 252	5.0	32.4	233 357	0.6	20.7
Metales no ferrosos	750 241 089	4.4	37.5	423 241	1.1	21.8
Maquinaria generadora de energ.	691 563 987	4.0	41.9	199 342	0.5	22.3
Café , té, cacao, especies	634 788 516	3.7	45.9	286 347	0.7	23.0
Mineral de hierro y met. prec.	620 198 956	3.6	49.6	14 150 641	37.1	60.1
Petróleo, prod. Derivados del	603 221 870	3.5	53.1	6 688 687	17.5	77.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por BTI, 2001.

Tabla 5

IMPORTANCIA EN VOLUMEN DE LOS 10 PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS

Descripción	Valor FOB (en US\$)	% Total	Acumulado (en %)	Volumen (ton. brutas)	% Total	Acumulado (en %)
Mineral de hierro y met. prec.	620 198 956	3.6	3.6	14 150 641	37.1	37.1
Petróleo, prod. derivados del	603 221 870	3.5	7.1	6 688 687	17.5	54.6
Manufacturas de hierro o acero	1 635 024 132	9.6	16.7	6 428 806	16.8	71.4
Minerales y fertilizantes en bruto	55 817 013	0.3	17	2 021 024	5.3	76.7
Vegetales y frutas	1 022 065 433	6.0	23	1 144 946	3.0	79.7
Productos químicos orgánicos	326 633 317	1.9	24.9	1 060 621	2.8	82.5
Pulpa	316 674 231	1.9	26.8	776 166	2.0	84.5
Madera, leña y carbón vegetal	397 691 170	2.3	29.1	628 883	1.6	86.1
Azúcar y miel	251 818 802	1.5	30.6	572 859	1.5	87.6
Semillas y frutas	155 719 579	0.9	31.5	557 022	1.5	89.1

Fuente: Elaboración propia en a base datos proporcionados por BTI, 2001.

Según los datos procesados, la categoría 28 de la CUCI incluiría los productos de mayor volumen y valor intercambiado, así como los productos cuya relación valor por tonelada es menor, es decir los bienes para los cuales el transporte tiene mayor importancia relativa en términos de valor en los mercados finales de consumo.

Tabla 6

RELACIÓN VALOR POR TONELADA DE LOS 10 PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS

Descripción	Valor FOB (en US\$)	% Total	Volumen (ton brutas)	% Total	Val/vol (en US\$)
Mineral de hierro y met. prec.	620 198 956	3.60	14 150 641	37.10	43.83
Petróleo, prod. derivados del	603 221 870	3.50	6 688 687	17.50	90.19
Manufacturas de hierro o acero	1 635 024 132	9.60	6 428 806	16.80	254.33
Vegetales y frutas	1 022 065 433	6.00	1 144 946	3.00	892.68
Metales no ferrosos	750 241 089	4.40	423 241	1.10	1 772.61
Café , té, cacao, especies	634 788 516	3.70	286 347	0.70	2 216.85
Maquinaria generadora de energ.	691 563 987	4.00	199 342	0.50	3 469.23
Automóviles y motocicletas	862 347 252	5.00	233 357	0.60	3 695.40
Calzado	977 887 249	5.70	58 715	0.20	16 654.81
Otros vehículos de transporte	1 038 439 898	6.10	26 750	0.10	38 820.18

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por BTI, 2001.

C. Modos de transporte de las principales exportaciones del Mercosur al NAFTA

Desde el punto de vista del transporte, (tabla 7), se puede constatar un lógico dominio del modo marítimo para las diez categorías de productos exportados de mayor volumen. Esa observación se confirma así mismo en las 10 categorías de productos de mayor valor, (ver Tabla 8).

La constatación no sorprende si se considera que las distancias y la geografía que separan los países del NAFTA de los del Mercosur, descartan, en la práctica, otros modos de transporte distintos del aéreo o marítimo. Así mismo, teniendo en cuenta las marcadas diferencias de flete entre estos dos últimos modos, parece lógico que el transporte naviero destaque por su importancia sobre el modo aéreo.

Sigue sin embargo interesante observar que han sido registrados en las estadísticas intercambios por vía terrestre entre los dos grupos, materialmente casi imposibles y desde luego muy poco probables, ya sea por vía carretera o ferroviaria. Estos registros indican que el momento

y lugar de ingreso de datos serían los del origen del transporte de exportación, es decir en algún punto interior no costero, el que refleja seguramente mejor el inicio real de la operación. Al respecto, es necesario señalar una vez más que los registros de las operaciones de comercio internacional, por su particular forma de procesamiento, no permiten, en la mayoría de los casos, determinar el origen exacto de la operación de transporte, sino solamente el del último modo utilizado en el momento de su embarque hacia mercados externos al país en que se efectúa el registro.

Tabla 7
PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS POR EL MERCOSUR AL NAFTA VOLUMEN POR MODO DE TRANSPORTE
(toneladas)

CUCI	Descripción	Aéreo	Carretero	Ferroviano	Fluvial	Marítimo	otros	Postal
28	Mineral de hierro y met. prec.	3	121		2 442 976	11 705 194	2 347	77
33	Petróleo, prod. derivados del	16	69			6 688 602		
67	Manufacturas de hierro o acero	164	507			6 428 135		
27	Minerales y fertilizantes en bruto	44		435		2 020 538	7	
05	Vegetales y frutas	33 009	25 878	16 404		1 069 578		
51	Productos químicos orgánicos	228	382	9		1 059 961	41	
25	Pulpa	0			22 134	754 032		
24	Madera, leña y carbón vegetal	78	48		233	625 852	2 671	0
06	Azúcar y miel	18	12 339			550 266	10 236	
68	Metales no ferrosos	367	1			422 873	0	
22	Semillas y frutas	4 583	37 141	10 012		311 096	194 190	
07	Café , té, cacao, especies	988	1 397			283 625	337	
78	Automóviles y motocicletas	8 948	8 633			215 774		1
71	Maquinaria generadora de energía	6 819	132			192 387	3	1
85	Calzado	9 694	24			48 997		1
79	Otros vehículos de transporte	162	0			17 500	9 087	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos proporcionados por BTI, 2001.

D. Selección de productos

Como se ha mencionado, la categoría 28 de la CUCI revisión 3, que se titula “Mineral de hierro y metales preciosos”, es la que incluye los productos que cumplirían los criterios establecidos de la forma más completa, ya que se encuentran tanto entre los de mayor volumen y valor intercambiado y, además presentan la menor relación valor por tonelada.

Entre los de la categoría 28 de la CUCI revisión 3, se han escogido dos productos: el concentrado de cobre refinado de Chile y el mineral de hierro de Brasil, ambos transportados por vía marítima, para los cuales el transporte tiene considerable importancia relativa en términos de valor en los mercados finales de consumo.

El cobre en Chile y el mineral de hierro en Brasil representan el primer producto, en términos de volumen y valor, exportado al NAFTA. Por otra parte, Chile es primer productor y primer exportador mundial de cobre, mientras que Brasil es segundo productor mundial de hierro y primer exportador mundial de hierro.

La exportación de cobre para Chile no es solamente su mayor fuente de divisas, sino que en el comercio con el NAFTA también es su primer producto de exportación. En el caso de Brasil se confirma así mismo este lugar en cuanto a volumen.

Tabla 8
PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS POR EL MERCOSUR AL NAFTA VALOR POR MODO DE TRANSPORTE
(toneladas)

CUCI	Descripción	Aéreo	Carretero	Ferrovionario	Fluvial	Marítimo	otros	Postal
67	Manufacturas de hierro o acero	870 254	548 487			1 633 605 391		85 792
05	Vegetales y frutas	40 499 228	20 525 526	10 653 572		950 301 315		
85	Calzado	180 281 161	288 055			797 318 033		
78	Automóviles y motocicletas	38 859 286	56 990 259			766 483 970		
68	Metales no ferrosos	45 774 846	3 754			704 462 159	330	
07	Café , té, cacao, especies	2 966 623	3 187 564			627 620 090	1 014 239	
33	Petróleo, prod. derivados del	23 094	18 216			603 180 560		
28	Mineral de hierro y metales preciosos	730 819	55 391		61 993 403	555 530 452	1 885 750	3 141
71	Maquinaria generadora de energ.	164 994 390	1 086 177			523 916 399	1 533 814	
24	Madera, leña y carbón vegetal	313 176	29 535		92 776	395 156 716	2 098 967	
25	Pulpa	28			7 852 083	308 822 120		
51	Productos químicos orgánicos	19 715 587	914 799	139 000		305 169 923	694 008	
06	Azúcar y miel	112 002	11 220 940			235 118 076	5 367 784	33 207
22	Semillas y frutas	2 413 470	18 312 233	4 107 993		89 738 253	41 147 630	13 737
27	Minerales y fertilizantes en bruto	27 632		147 666		55 641 065	650	73 000
79	Otros vehículos de transporte	99 700 456	100			25 476 751	913 189 591	

Fuente: Elaboración propia, sobre datos proporcionados por BTI, 2001.

E. Empresas seleccionadas

Las empresas seleccionadas como referencia para llevar a cabo este estudio constituyen actores de primera fila en el plano internacional, cada una en sus respectivas esferas de producción. Minera Escondida es el mayor productor de cobre de Chile, y del mundo, como mina individual. Por su parte, las minas de Carajás en Brasil son las de mayor producción de hierro del mundo, y la empresa que las explota, Compañía de Vale de Río Doce (CVRD), una de las mayores del mundo en el rubro.

Ambas empresas, necesitan competir en mercados internacionales en los que el precio final de sus productos son establecidos en el entorno sin que puedan influir en el mismo. En el caso del cobre, su precio es fijado en la bolsa de metales de Londres, mientras que el valor del mineral de hierro resulta de negociaciones anuales con los mayores productores de acero. Esta condición de “tomadores” de precio, hace que, más allá de su rango y posición en el mercado proveniente de su considerable potencia económica, Minera Escondida y CRVD deban concentrar sus esfuerzos en la reducción de sus costos de producción y distribución, uno de cuyos componentes más importantes es el transporte a los mercados de destino.

Con vistas a facilitar la lectura, se presentan en el estudio en forma separada y consecutiva, respectivamente los estudios de caso del concentrado de cobre de Chile y de mineral de hierro de Brasil.

III. Exportación y transporte del concentrado de cobre de Minera Escondida

A. El comercio internacional del cobre

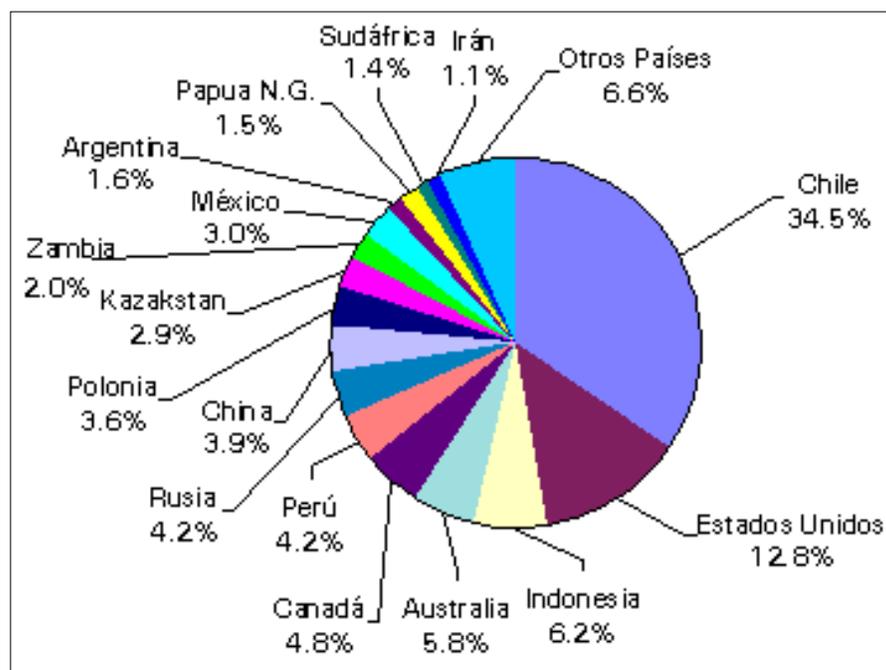
El cobre se comercializa internacionalmente en varios tipos de productos, con diferentes grados de elaboración, incluyendo los concentrados, ánodos, cobre refinado, semi-manufacturas, productos manufacturados y chatarra de cobre. Dentro de estas categorías se encuentra un rango todavía más amplio de clasificaciones de productos de cobre, como la chatarra vieja y chatarra nueva, cátodos, refinado a fuego, alambrón, lingotes, barras, tochos, etc.

La producción mundial de cobre de mina está concentrada en unos cuantos países, entre los que destaca Chile, ocupando el primer lugar con un 34.5% de la producción mundial en 1999.

La producción mundial de cobre de mina fue de 12 718 000 toneladas de cobre fino en 1999, que se distribuyó, por país, en la forma señalada en el gráfico 1.

Gráfico 1

PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE COBRE DE MINA



Fuente: International Copper Study Group, Copper Bulletin, 2000

B. El NAFTA como mercado de exportación de concentrado de cobre de Chile

Las exportaciones de Chile a los miembros del NAFTA en 1998 superan el 20% del total de su comercio vendido al mundo, tanto en términos de valor como en volumen. En relación valor/volumen, la exportación de Chile a los países del norte mantiene una relación similar si se compara esta magnitud en lo exportado al NAFTA y al resto del mundo, en torno a unos US\$ 466 y US\$ 473 por tonelada, respectivamente.

Tabla 9
EXPORTACIONES TOTALES DE CHILE AL NAFTA, 1998

Partida CUCI rev.3	Destino	Valor (miles de US\$)	%	Volumen (toneladas)
2815 Mineral de hierro y sus concentrados	Canadá	149 818	1.01	326 191
	Estados Unidos	2 359 695	15.90	4 917 181
	México	508 163	3.42	707 612
	Total NAFTA	3 017 676	20.33	5 950 984
	Otros Países	11 823 624	79.67	25 385 495
	TOTAL	14 841 300	100	31 336 479

Fuente: Elaboración propia en base a CEPAL Badecel

Tabla 10
EXPORTACIONES DE COBRE DE CHILE AL NAFTA, 1998

Partidas CUCI rev.3	Destino	Valor (miles de US\$)	%	Volumen (toneladas)
2831 Minerales de cobre y sus concentrados	Canadá	55 517	28.17	137 377
	Estados Unidos	74 639	37.87	177 219
	México	66 917	33.96	145 750
	Total NAFTA	197 073	100	463 346

Fuente: Elaboración propia en base a CEPAL Badesel.

Si se considera solamente el comercio de exportación del concentrado de cobre, la proporción alcanza 8.10% del total vendido en el mundo y el valor por tonelada de concentrado de cobre se sitúa en los US\$ 426 por tonelada para el concentrado vendido a países del NAFTA.

C. El mercado de exportación de Escondida y su transporte

La producción de concentrado de cobre en el año 2000 fue de aproximadamente 1.8 millones de toneladas métricas secas, con un flujo mensual exportado promedio de 150 000 tms. La producción de cátodos para ese mismo año fue de 149 000 toneladas métricas con un ritmo mensual de producción de 12 500 tm.

Tabla 11
VENTAS DE MINA ESCONDIDA
(en porcentaje)

País	Concentrado	Cátodos
Alemania	10.7	
Arabia Saudita		2.2
Bélgica		3.0
Brasil	4.0	14.9
Canadá	3.2	
Chile	11.7	3.2
China	4.2	
Corea	3.6	12.8
España	5.8	
Filipinas	5.0	
Finlandia	2.9	
Francia		4.7
India	2.3	
Italia		6.0
Japón	32.0	7.8
Otros	11.0	
Reino Unido		11.9
Suecia	2.0	
Traders		31.0
USA		2.4

Fuente: Escondida, cifras 2000.

Los mercados de destino de los productos de Escondida indican que los países del NAFTA se encuentran entre los de menor demanda con 3.2% de concentrado exportado a Canadá y 2.4% de cátodos exportados a los Estados Unidos.

Las ventas se realizan generalmente CIF puerto de destino y el flete promedio incluido el tránsito por el terminal de Coloso se estima en promedio en US\$ 25 por tonelada.

Hay que mencionar que Escondida vende desde el terminal de Coloso unas 240 000 toneladas métricas a dos clientes en Chile: Altonorte y Codelco, con 200 000 y 40 000 tm respectivamente. Este concentrado de cobre es transportado por camión por la empresa Santa Marta de Antofagasta, con la cual Escondida tiene contratos de 3 años. El flete acordado para el transporte a las instalaciones de Altonorte, distante de unos 13 Km, es de CLP 150 por tonelada (equivalentes a unos US\$ 0.25 considerando US\$ 1= CLP 600).

Conforme a la certificación de la norma ISO 14 000, acerca del cumplimiento de impacto ambiental la que requiere haber previamente obtenido la certificación ISO 9 000 de calidad, Escondida debe exigir, de los servicios externos contratados y por los cuales se responsabiliza, estándares de seguridad, calidad y respeto ambiental acordes con ambas normas. En caso contrario, la empresa puede ser sancionada con la pérdida de certificación parcial o total.

En el caso de los cátodos de cobre, estos son transportados desde la planta de óxidos de la Mina por ferrocarril hasta el puerto de Antofagasta. Este transporte es asegurado por el Ferrocarril Antofagasta-Bolivia (FCAB) con el cual Escondida tiene un contrato de 10 años de duración, suscrito en 1999, y acordado un flete de US\$ 5 por tonelada, el que incluye la carga y descarga en ambos extremos, almacenamiento y embarque a buque. El flete marítimo promedio para los cátodos de cobre es de US\$ 40 por tonelada.

D. El sistema y la operación de transporte en Escondida

1. Transporte de concentrado de cobre

El diseño y operación del sistema de transporte del concentrado de cobre exportado por Minera Escondida ha sido concebido de acuerdo con las necesidades y ritmos de producción de la mina. Permite un funcionamiento continuo, a la par del de la mina y plantas de tratamiento de minerales, 24 horas al día y todos los días del año, exepctuando los momentos dedicados a operaciones de mantenimiento o reparación del sistema.

El transporte de la pulpa de concentrado de cobre se efectúa mediante una tubería fija llamada mineroducto, de unos 170 km. de largo, que une directamente la planta concentradora situada en la mina, a 3 100 m de altura, a las instalaciones del terminal marítimo de Caleta Coloso que se encuentra a unos 14 km. al sur de la Ciudad de Antofagasta. El terminal, de propiedad de Minera Escondida, es administrado por un único empleado de la compañía, siendo el resto del personal que trabaja en el terminal, un total de 14 personas, perteneciente a empresas contratistas. Estas empresas son las encargadas de manejar los equipos de alimentación de la cinta transportadora de mineral así como la manga de llenado de las bodegas de buque. Las operaciones de practicaje son efectuadas por personal de la capitanía del puerto de Antofagasta, de la cual depende Puerto Coloso.

2. Operación del mineroducto

Excepto por un corto tramo de subida que requiere ser activado con una bomba, en el resto del recorrido del ducto la solución de agua y mineral, a razón de 60% de agua, se desplaza por efecto de la fuerza gravitacional a una velocidad promedio de 2 metros por segundo, equivalentes a 7.2 km. por hora. De esta manera, la pulpa, llega a destino en un tiempo aproximado de poco menos de 24 horas después de haber salido de la planta concentradora. Este viaje se realiza en forma automática sin intervención ni supervisión humana.

Conocido el diámetro del ducto - nueve pulgadas o 22.86 cm - y el ritmo de movimiento de la pulpa, se puede estimar la cantidad exacta de material transportado. Si se supone un funcionamiento continuo del mineroducto el cálculo del volumen acarreado sería:

- Por cada metro de tubería: $11.432 \times 3.1416 \times 100 = 41\,043\text{cm}^3$ (con un radio de 11.43 cm)
- Siendo la velocidad de 2 metros por segundo: $41\,043 \times 2 = 82\,086\text{ cm}^3$
- en 24 horas: $62\,832 \times 3\,600 \times 24 = 7\,092\,230\,400\text{ cm}^3$

Es decir el equivalente de unas 7 092 toneladas métricas al día de una solución de mineral con un 60% de agua. El movimiento real es un poco inferior al resultado de este cálculo, y se sitúa en torno a las 6000 toneladas diarias.

3. El mineroducto frente a sus alternativas

Si se tiene en cuenta que una carretera fue construida por Escondida con acceso directo a Puerto Coloso con un trazado paralelo al mineroducto, es posible realizar una comparación de requerimientos, en materia de equipos y de costos de transporte, entre una operación carretera y la puesta en práctica vía ducto.

Para asegurar el acarreo diario de 7 092 toneladas métricas por camión, suponiendo que el sistema de proceso de concentración de mineral se hubiera diseñado para este medio de transporte, se calcula que se necesitarían unos 354 viajes de camiones tolva de 20 toneladas de capacidad unitaria. Considerando que los camiones podrían invertir un promedio de 3 horas en el trayecto por sentido y un total de unas 8 horas en una rotación completa de ida y vuelta con carga y descarga incluidas, con un ritmo de trabajo de 7 días a la semana. En términos de unidades, se necesitaría disponer de una flota de unos 118 camiones trabajando en turnos de día y noche, con 3 rotaciones diarias.

Estimando un promedio más real de 16 horas diarias de uso del camión, es decir dos rotaciones diarias, el número de camiones necesarios sería de: $118 \times 3/2 = 177$.

La inversión estimada en equipo sería de unos US\$ 80 000 por camión, alcanzando los US\$ 14 160 000, con una vida útil de unos 15 años que habría que comparar con los US\$ 17 000 000 estimados de costo de construcción del ducto con una vida útil de 12 años.

En términos de costos operacionales, estimando un flete de unos CLP¹ 40 000 (US\$ 62.5) por transporte se puede considerar que la tonelada transportada por camión de pulpa de mineral alcanzaría US\$ 3.06. Este flete estimado sería más de 50 veces superior al costo de transporte por ducto declarado por Escondida de US\$ 0.06 por 170 kms.

Por la capacidad de volumen transportado, por la continuidad de operación que permite un funcionamiento las 24 horas del día y por la confiabilidad del sistema, estimada en un 99%, el transporte de pulpa de mineral por ducto es claramente superior a cualquier otro modo de transporte. Es además una modalidad de bajo costo de construcción e instalación, ya que la inversión está estimada en unos US\$ 100 000 por kilómetro incluidas las estaciones, de válvulas y bombeos y una vida útil de unos 10 a 12 años.

¹ Un flete típico de 0.10 por tonelada kilómetro por 170 km y 20 toneladas daría un total de US\$ 340, pero teniendo en cuenta el flete camionero de CLP 150 por tonelada negociado y acordado por Escondida por un trayecto de 13 kms (es decir unos 0.02 US\$/t) para el abastecimiento de la función de Altonorte, se ha estimado un flete indicativo de CLP 2 000 por tonelada equivalente a CLP 40 000 por 20 ton.

4. Ventajas medioambientales del mineroducto

El mineroducto evita la circulación de vehículos por la carretera lo que tiene un impacto positivo directo por ausencia de contaminación acústica, ambiental por ausencia de combustión, en términos de potencial de accidentes y de sus costos derivados para la comunidad, además de no consumir recursos no renovables en términos de combustibles, ni uso de mano de obra (potencialmente negativo en términos de creación de empleo y desarrollo de la economía camionera.)

5. El terminal portuario de Coloso

Con una capacidad de 100 000 toneladas métricas secas y una ampliación prevista para el año 2002 de 40 000 toneladas adicionales, el área cubierta de almacenamiento de Coloso, responde con exactitud al dimensionamiento de una instalación destinada a recibir un promedio de 150 000 toneladas mensuales, las que son despachadas a razón de un promedio de 40 000 toneladas semanales en los embarques correspondientes.

La programación adelantada de los embarques conforme a los contratos de compra - venta suscritos con años de antelación, hacen que la estadía del concentrado de cobre en las bodegas de Coloso no sea objeto de seguimiento histórico. Se puede, sin embargo, estimar que el mineral en promedio no pasa más de tres días en el terminal entre el momento de su llegada, para ser posteriormente secado en la misma planta de Coloso, y el momento de su embarque a nave.

El embarque se realiza mediante correa transportadora alimentada por unas palas mecánicas que llevan el polvo de concentrado del lugar de su descarga en bodega, a la salida de las plantas de secado, hasta unas tolvas situadas en la misma bodega, y que descargan a su vez el mineral ya en esa etapa a la correa transportadora. La correa transportadora recorre en altura el espigón hasta una manga que se posiciona, con un margen de 7 metros de movimiento lateral, encima de las bodegas del barco. El ritmo actual de cargue es de 1 400 toneladas/hora y se pretende llegar a 1 800 toneladas hora en el transcurso del 2001.

Este sencillo sistema de acopio y embarque constituye una extensión directa del funcionamiento automático y continuo del mineroducto y no requiere otra intervención que la de los operadores de manga y bodega de buque.

Existe sin embargo una ruptura de carga, es decir el proceso por el cual se establece discontinuidad en el proceso de transporte, y se observa en el almacenamiento y cargue del concentrado en la bodega del terminal. A juicio del administrador del terminal, esta ruptura no conlleva demora alguna en el funcionamiento del sistema ni merma en el rendimiento del proceso de trasvase de la manga a la bodega del buque que se encuentra operando a su capacidad nominal de 1 400 t/h².

² Este rendimiento es por lo demás alto, si se considera que supera el estándar promedio, en el rango de 1 000-1 300 t/h, que recomienda Patrick Fourgeaud en "Measuring Port Performance"

IV. Exportación y transporte del mineral de hierro de CVRD

A. El comercio mundial del mineral de hierro

El mineral de hierro es extraído y procesado en unos 50 países en el mundo, de los cuales los siete mayores productores concentran el 75% de la producción mundial, y entre ellos Australia y Brasil acumulan las dos terceras partes de la exportación mundial. El 98 % del mineral de hierro se destina a la fabricación de aceros. En 1997, la producción alcanzó a 1 070 millones de toneladas, de las cuales el 41% fue exportado. Ha sido un mercado muy estable en la última década, en términos de participación de los países productores.

La comercialización del mineral por parte de CVRD, se ajusta al esquema de contratos de largo plazo, a 15 años, con negociaciones anuales de precio y valor de flete. Por la proximidad geográfica de los respectivos mercados de demanda, el hierro de Brasil tiende a ser vendido a los mercados europeos; mientras que el de Australia tiende a serlo en los de Asia. De la misma forma, se sabe que los valores de venta y los de los fletes suelen ser acordados en rondas de negociación realizadas cada año entre compradores y vendedores para sus respectivas zonas geográficas.

Por razones de confidencialidad no se ha podido obtener datos sobre el valor exacto del precio de venta de mineral y fletes practicados por CVRD, pero existen referencias de estudios de mercados que permiten una aproximación a estos valores.

En un estudio sobre la industria mundial del mineral de hierro, publicado en diciembre de 1999 y que cubre el 90% del mundo occidental en el período 1995-2004, AME Mineral Economics concluye, en un detallado análisis económico, que existe una tendencia a la baja de los costos de producción del mineral. Entre 1997 y 1999, el costo promedio global cayó casi en un 14% de US\$ 15.22 a US\$ 13 por tonelada. Esta caída se debe, según el estudio, a reformas operativas que incorporaron mejoras en la tecnología, métodos y procedimientos de gestión y re-ingeniería de procesos. El estudio sugiere, así mismo, que la búsqueda de economías de escala entre operaciones ha crecido en importancia a la medida en que el mineral es extraído y procesado con las más altas tasas para minimizar los costos de capital y de operación. En 1999, el transporte y los costos portuarios de mineral alcanzaban aproximadamente el 42 % de los costos FOB.

El estudio ratifica así mismo que Australia y Brasil, siguen dominando el comercio mundial del mineral de hierro. En 1999, los productores australianos mantuvieron su primera posición en cuanto a costo más bajo de producción con un costo FOB estimado de US\$ 7.77 por tonelada. Eso implica una rebaja de un 16% con respecto al valor promedio de 1997 de US\$ 9.28 por tonelada. El diferencial de flete entre Australia-Japón y Brasil-Japón era aproximadamente de US\$ 1 por tonelada a principios de 1999, comparado con cerca de US\$ 5 por tonelada a finales de 1999. El estudio concluye que esta creciente diferencia es la que justificó una mayor competitividad de los productores australianos con respecto a sus rivales de Brasil.

En materia de fletes para los mercados del NAFTA las fuentes consultadas en CVRD indican que el valor de referencia se sitúa en los US\$ 16.00 por tonelada, incluyendo el costo de embarque. Esas fuentes también informan de US\$ 6.00 por tonelada por un recorrido terrestre promedio de 750 km. (equivalente a US\$ 0.008 por tonelada/kilometro), en el que se incluiría el costo de carga, descarga y almacenamiento en puerto; siendo el tiempo también promedio de 1.5 a 2 días para el traslado entre la mina y el puerto. Estos datos fueron entregados sin desglose y como promedios para ambos sistemas Sur y Norte. Teniendo en cuenta, respectivamente, las distancias de 700 y 890 km de recorrido en los Sistemas Sur y Norte, y los tonelajes de 44 y 40 millones de exportación, es probable que efectivamente sean aplicables similares valores a ambos sistemas.

B. El NAFTA como mercado de exportación de mineral de hierro de Brasil

Las exportaciones de Brasil a los miembros del NAFTA en 1998 alcanzaban entre 22% y 23% del total de su comercio vendido al mundo (ver Tabla 12) tanto en términos de valor como en volumen. En relación valor por tonelada, la exportación de Brasil a los países del norte mantiene una proporción constante entre lo exportado al NAFTA y al resto del mundo de unos US\$ 222 por tonelada.

Si se considera nada más que el comercio de exportación del mineral de hierro, la importancia se reduce ya que la proporción alcanza solamente el 2 % del total vendido en el mundo y el valor por tonelada de mineral de hierro se sitúa en los US\$ 24 por tonelada.

Tabla 12
EXPORTACIONES TOTALES AL NAFTA, 1998

Destino	Valor (miles de US\$)	%	Volumen (en toneladas)
Estados Unidos	9 740 859	19.06	18 408 796
México	1 001 771	1.96	4 385 922
Otros países	39 832 046	77.96	201 335 760
Total	51 118 711	100	230 122 497

Fuente: Elaboración propia sobre la base de CEPAL Badecel

Tabla 13
EXPORTACIONES DE HIERRO AL NAFTA, 1998

Partidas CUCI rev.3	Destino	Valor (en US\$)	%	Volumen (en toneladas)
2815 Mineral de hierro y sus concentrados	Canadá	12 088	4.94	355 358
	Estados Unidos	68 581	28.04	3 275 525
	México	59 071	24.15	3 535 091
2816 Aglomerados de mineral de hierro	Canadá	5 823	2.38	152 852
	Estados Unidos	99 061	40.50	2 747 804
Total Partida		244 624	100	10 066 630

Fuente: Elaboración propia sobre la base de CEPAL Badecel.

C. El mercado de exportación de CVRD y su transporte

Con un total de 71 241 000 toneladas vendidas en 1998, para CVRD el mercado norteamericano representó en 1998 un 8.7% de los embarques efectuados por el terminal minero de Tubarao, puerta de salida principal del Sistema Sur de producción de mineral de hierro con un total registrado de más de 6 millones de toneladas. Aunque los mercados de Asia y Europa, con un total de más del 85 % de los embarques efectuados por ese puerto, sean lejos los más importantes, el mercado de NAFTA no deja de representar una proporción considerable de la exportación de CVRD.

Tabla 14
MERCADO DE MINERAL DE HIERRO Y PELOTAS, 1998
(en miles toneladas)

País	Hierro	Pelotas
África	1 755	2.5
América del Norte	6 175	8.7
América del Sur	2 253	3.2
Asia:	20 288	28.4
Japón	6 926	9.7
Corea	3 398	4.7
China	6 501	9.1
Otros Asia	3 463	4.9
Europa:	26 921	37.8
Italia	2 800	3.9
España	1 742	2.4
Alemania	8 856	12.5
Otros Europa	13 523	19.0
Oriente Medio / India	3 229	4.5
Coligadas	5 830	8.1
Mercado Interno	4 790	6.8

Fuente: Elaboración propia sobre la base de CRVD-Tubarao.

D. El sistema y la operación de transporte en CVRD

La producción y exportación de mineral de hierro de la CVRD es llevada a cabo en dos grandes operaciones agrupadas bajo los nombres de Sistema Sur y Sistema Norte. El Sistema Sur engloba el proceso de extracción, producción, transporte y comercialización del mineral de la región del Estado de Mina Gerais; mientras que el Sistema Norte, tiene su centro de producción en el yacimiento de Carajás en el Estado de Pará y exportación en Maranhão.

En el Sistema Sur, la operación de transporte se desarrolla por el ferrocarril Estrada de Ferro Vitória Minas EFVM y el conjunto portuario de Vitoria-Tubarao en el Estado de Espírito Santo; en el caso del Sistema Norte el transporte está estructurado en torno al Estrada de Ferro Carajás EFC y los terminales portuarios de Itaqui y Ponta de Madeira.

Tabla 15
EXPORTACIÓN DEL MINERAL DE HIERRO TRANSPORTADA POR MAR POR EL GRUPO CVRD³
(Sistema Norte)

Transportado por mar	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Africa	0	0	108	49	17	33
América	2 318	1 785	1 305	1 622	1 333	1 423
Argentina	547	429	439	475	570	605
Asia	17 301	17 502	18 230	16 973	20 660	19 272
Canada	0	0	0	0	0	0
Estados Unidos	1 723	1 356	866	988	728	629
Europa	22 452	19 430	21 040	23 150	18 511	22 539
México	48	0	0	91	35	151
Oriente Medio	0	0	82	0	0	156
Trinidad Tobago	0	0	0	68	0	38
Total NAFTA	1771	1356	866	1079	763	780
Total Sistema Norte	42 071	38 717	40 765	41 794	40 520	43 422
Total Norte + Sur	90 341	87 784	95 542	95 628	93 238	100 986

Fuente: CVRD, 2001

Tabla 16
EXPORTACIÓN DEL MINERAL DE HIERRO TRANSPORTADA POR MAR POR EL GRUPO CVRD
(Sistema Sur)

Transportado por mar	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Africa	1 176	864	1 026	1 568	1 995	2 371
América	4 062	6 197	6 772	7 342	6 208	7 392
Argentina	1 479	1 958	2 005	1 842	1 250	1 633
Asia	23 925	22 779	24 086	21 129	21 980	24 168
Canada	0	0	0	0	3	93
Estados Unidos	1 268	2 303	2 151	2 950	2 845	3s 813
Europa	15 718	16 191	19 360	21 046	19 784	19 443
México	489	884	1 556	1 729	958	390
Oriente Medio	3 389	3 035	3 533	2 748	2 752	4 188
Trinidad Tobago	826	1 052	1 060	821	1 152	1 463
Total NAFTA	1757	3187	3707	4679	3806	4296
Total Sistema Sur	48 270	49 067	54 777	53 834	52 718	57 564
Total Norte + Sur	90 341	87 784	95 542	95 628	93 238	100 986

Fuente: CVRD, 2001.

La mayor parte de las infraestructuras de transporte utilizadas para la exportación del mineral de hierro es propiedad del grupo CVRD, aunque éstas son administradas y operadas como empresas individuales. Para facilitar la lectura, la descripción y análisis de operación de estos sistemas son presentadas a continuación en forma separada para cada uno de ellos⁴.

1. Sistema Sur

³ El grupo CVRD comprende a CRVR, JV'S, SAMATRI, SOCOIMEX.

⁴ A diferencia del caso de Minera Escondida, el estudio de los operativos de CVRD ha sido efectuado mediante una investigación exclusivamente en base a información documental, sin que se haya realizado visita a terreno ni entrevistas a operadores.

El ferrocarril que une los yacimientos de Itabira con el complejo portuario de Vitoria está históricamente ligado al desarrollo de la actividad minera en el Estado de Mina Gerais. A principios del siglo veinte, la *Itabira Iron Company*, de capitales ingleses, pretendía implantar en la región un complejo siderúrgico y alimentar un sistema integrado de mina, ferrovía y puerto. En 1929, por causa de la gran depresión mundial, el proyecto fue abandonado y dos años después, el gobierno brasileño decretó la rescisión del contrato con la *Itabira Iron Company*.

La Compañía Vale do Río Doce, constituida en 1942, alcanzó en 1952 a producir y exportar, por el puerto de Vitória, 1 500 000 de toneladas por año de mineral. Con la creciente demanda mundial de mineral de hierro, en la década de 1960-1970 CVRD amplió considerablemente, su participación en el mercado internacional. En 1962, se inició la construcción del puerto de Tubarão, Espírito Santo. Con la duplicación de la ferrovía, fue alcanzada la cifra de 20 millones de toneladas anuales de mineral.

En mayo de 1997, la Compañía Vale do Río Doce fue privatizada, y el gobierno federal dejó el control accionario de la empresa.

a) Depósitos de minerales

El complejo de producción de mineral de hierro del Sistema Sur, dispone de una capacidad de producción de unos 56 millones de toneladas anuales de minerales naturales, concentrados y pelotas. El conjunto esta compuesto por las minas de Cauê (20 millones de toneladas año) Conceição (20 millones de toneladas año), Timbopeba/Capanema (13.8 millones de toneladas año), y Brucutu/Baú/Fazendão (3 millones de toneladas año).

b) Transporte

El concentrado fino de mineral con una granulometría de menos 0.149 mm (100 mesh) es transportado desde las minas de Itabira a las plantas de pelotización de Vitória en trenes de la Estrada de Ferro Vitória a Minas, de propiedad de CVRD.

Al llegar al Complejo de Tubarão, los concentrados finos de mineral son descargados por cuatro volcadores de vagones, con capacidad individual de 6 000 t/h. Posteriormente, y por medio de correas transportadoras, el concentrado es llevado para apilado, en el patio de materias primas. Durante esa etapa algunos aditivos, como calcario, pueden ser adicionados al mineral, para ajustar las características químicas de las pelotas de hierro.

Por medio de una recuperadora el material es retirado de la pila y transportado a los silos de alimentación de los molinos.

c) Ferrocarril

Iniciada en 1903, la Estrada de Ferro Vitória a Minas fue incorporada a la Compañía Vale de Río Doce en 1942. Inicialmente utilizada para acarrear el mineral de hierro producido por CVRD, la EFVM se transformó en un importante vehículo para el desarrollo económico y social de las regiones por las que transitan sus trenes. Actualmente la Estrada de Ferro Vitória a Minas es la más moderna y productiva ferrovía brasileña. Administrando apenas 3.1% de la red ferroviaria nacional, la EFVM transporta 38.3% de las toneladas por kilómetro útiles llevadas por este modo en Brasil. Sus trenes mueven más de 100 millones de toneladas de carga anuales y el principal producto es el mineral de hierro, con cerca de 80 millones de toneladas transportadas.

EFVM es un ferrocarril de trocha métrica con 602 km de extensión de línea doble entre el puerto de Tubarão y el complejo minero y otros 296 km de vía distribuidos en ramales adicionales. Son al menos 60 trenes diarios los que recorren las vías de EFVM entre las minas de Minas Gerais y la ciudad de Bello Horizonte hacia los puertos de Espírito Santo y la región de Grande Vitória. A

lo largo del valle del río Doce, son cerca de 1.5 millón de personas las atendidas por los trenes de pasajeros de Vitória a Minas cada año.

El mineral de hierro es transportado en lotes de 80 vagones en los patios situados junto a las minas. Cada lote es llevado a los patios de formación donde se une a otro lote del mismo tamaño. Con una composición formada por 160 vagones, se inicia, a una frecuencia de un tren cada 45 minutos, el viaje en dirección hacia el puerto de Tubarão. En Tubarão las composiciones son desmembradas en lotes de 80 vagones, en pares, y las góndolas son posicionadas en el volcador de vagones (*car dumper*). Después de la descarga, los lotes son conducidos a un patio de clasificación separando los vagones que necesitan mantenimiento de los demás, en buenas condiciones operacionales que son destinados a los patios de formación para componer los trenes que viajaran rumbo a las minas.

La EFVM tiene oficinas y talleres en Tubarão en las que mantiene programas de conservación y recuperación de vagones y locomotoras. La Estrada de Ferro Vitória a Minas actúa como una empresa que presta servicios de planificación, organización y gestión estratégica de las operaciones necesarias al funcionamiento de un sistema intermodal.

Para programar la logística de cada transporte, el centro de control de tráfico centralizado hace uso de sistemas informáticos en línea para la gestión de las informaciones de gerencia, mediante el procesamiento de los datos referentes a locomotoras, vagones, escalas de pasajeros, cargas a ser transportadas, terminales de carga y descarga, seguimiento de la llegada y atraque de buques. Con esos datos se desarrolla un programa de transporte individualizado para cada cliente con vistas a cumplir con los compromisos de plazo corto contratados conforme con sus necesidades. Las pelotas de hierro son transportadas al Complejo Portuario de Tubarão, que dispone de patios de almacenamiento con capacidad de 4 millones de toneladas.

2. Sistema Norte

a) Depósitos de minerales

Las minas de Carajás, descubiertas en 1967, constituyen una de las reservas de mineral de hierro de más alta ley (66% Fe) que se conocen en el mundo. Una investigación geológica realizada en 1972, reveló que se podía estimar en 18 000 millones de toneladas las reservas de alta calidad, de las cuales 2 400 millones fueron medidos; 2 500 indicados y 13 100 inferidos. Estas reservas están divididas en dos grupos situados a 35 km el uno del otro y distribuidas en cerca de 60 depósitos diferentes.

b) Ferrocarril EFC

La Estrada de Ferro Carajás - EFC, es un ferrocarril de línea simple, de trocha ancha, de 1.600 m, y 892 km de extensión, cuyo trazado se desenvuelve en terreno predominantemente plano y cuyo tráfico se controla a partir del Centro de Control Operacional en Centro de Controle Operacional, localizado en São Luís de Maranhão. Son tres los tipos de trenes que operan en la EFC, el tren tipo minero de 2 locomotoras y 204 vagones, el tren carguero con cerca de 80 vagones, y el tren de pasajeros con aproximadamente 19 vagones.

El tren minero transporta unas 21 000 toneladas, con un largo de más de 2 km lo que hace de la Estrada de Ferro Carajás una típica ferrovía pesada *heavy haul* (31.5t/eje). La EFC se encuentra entre las más modernas de su genero con más de 73% de su extensión en rectas; radio mínimo de curvatura de 860 metros; y una rampa máxima en el sentido exportación (trenes cargados) de 0.4%.

c) Terminal marítimo de Ponta da Madeira

El puerto, situado en la isla de São Luís, en la bahía de San Marcos, a 9 km al sudoeste de la capital, del mismo nombre, del estado de Maranhão y a 1.5 km al norte del puerto comercial de Itaqui, ha sido construido para atender buques graneleros de hasta 420 mil toneladas de registro bruto. El canal natural de acceso a la Bahía de San Marcos, tiene 100 km de extensión, y 23 metros de profundidad mínima, así como 500 metros de ancho mínimo, lo que permite el fácil acceso de los mayores buques.

Los trenes de mineral procedentes de Carajás son descargados en Ponta da Madeira por dos volcadores de tipo rotativo, capaces de procesar cada uno dos vagones en forma simultánea en menos de dos minutos a un ritmo de 16 000t/hora en los patios de almacenamiento.

La operación de apilamiento es efectuada por dos apiladoras con capacidad de 16 000 t/h y 8 000 t/h además de una apiladora-recuperadora con rendimiento máximo de 8 mil t/h. La capacidad de almacenamiento es 3.6 millones de toneladas. Un sistema de embarque conformado por recuperadoras, correas transportadoras y cargadores de tipo punta única permite cargar buques de 20 mil a 420 mil t sin necesidad de reposicionarlos. El cargamento es efectuado a un ritmo de hasta 8 000t/h en el muelle 2 y hasta 16 000t/h en el muelle 1.

d) Flujo de cargas 1998*En el terminal de Ponta da Madeira*

- Cargas exportadas: mineral de hierro 38 235 637 toneladas
- Cabotaje de mineral de hierro 518 719 toneladas

Para el ferrocarril Estrada de Ferro Carajás - EFC

- Carga transportada 47 833 000 toneladas

Trenes de carga con capacidad de 6 714 toneladas

V. Conclusiones y recomendaciones

A. Características de los sistemas considerados

Los dos casos estudiados presentan características muy particulares que permiten considerarlos a la vez como extremos y comunes o representativos de una gran parte del comercio mundial. Estas características, en apariencia contrarias, son las que precisamente permiten y justifican su elección como potenciales modelos o ejemplos para el desarrollo de buenas prácticas de transporte intermodal.

Son extremos en cuanto a integración vertical por que se trata de productos cuya producción, comercialización, transporte y distribución quedan bajo la gestión de una sola empresa. Son extremos en la estabilidad por que se trata de productos absolutamente homogéneos transados en grandes volúmenes a lo largo de extensos períodos de tiempo sobre la base de contratos de largo plazo. Son extremos finalmente, en cuanto a su bajo valor unitario, lo que los hace muy sensibles a la necesidad de afinar los costos de su comercialización.

Por otra parte, son casos representativos, por que se trata de productos básicos “comoditizados” cuyo comercio y transporte a granel representa más del 75% del intercambio comercial mundial en términos de volumen. Son representativos por que, a pesar de ser producidos y comercializados con métodos de gestión avanzados y tecnologías de punta, se trata de productos de antigua tradición en el comercio mundial.

Por ser extremos y a la vez representativos, los graneles secos, como el concentrado de cobre y el mineral de hierro, han abierto camino en materias tan distintas y complementarias como: las formas de negociación de precios y volúmenes de compraventa, los plazos y condiciones de los contratos de suministro de servicios, la programación de los embarques, el mejor aprovechamiento de los equipos, las técnicas y equipos de manipulación, carga y descarga, almacenamiento y transporte. De hecho, la estandarización de bultos alcanzada con el desarrollo y el uso masivo de contenedores constituyen un intento de máxima aproximación a la “granelización” de la carga general, mediante la cual se apunta a que miles de productos distintos pueden, en última instancia y a efectos de transporte, considerarse y ser procesados como simples cajas, cuya diversidad de contenido resulta indiferente.

Con la salvedad de los distintos tipos de contenedores existentes, al igual que existe variedad en los tipos de graneles, en la práctica es posible asimilar un buque porta-contenedores a un buque granelero en la medida en que lleva a bordo una carga completamente homogénea, en términos de dimensiones y equipos necesarios de carga y descarga. De la misma forma, un tren unitario con, destino, origen, y recorrido únicos se puede operar sin diferencia notable si lleva carga a granel o contenedores.

De esta forma, se puede concluir que el estudio de operaciones de transporte de productos como el concentrado de cobre y el mineral de hierro permite extraer lecciones y ejemplos de buenas prácticas para su posterior aplicación a productos no homogéneos, cuyo valor unitario, muy superior al de los productos estudiados, autorizaría en principio, márgenes mayores de descuido en el uso de los medios de transporte y por lo tanto el costo final del mismo.

B. Mejores prácticas

Los casos estudiados corresponden a mejores prácticas por los procesos e interacciones virtuosas entre operadores, que en una comparación con procesos alternativos ofrecen, en términos relativos, ventajas de funcionamiento en materia de:

- costos para el usuario del servicio e incidencia en el valor final del producto en su mercado de destino. Cuanto más bajos son los costos y menor la incidencia del transporte en el valor final, mayor es la ventaja comparativa de la modalidad usada;
- fluidez de la operación medida en tiempos de traslado y en términos de rupturas de carga en la operación: cuanto más continua y menos tiempo de espera en etapas intermedias y menos transbordos, es decir etapas de carga y descarga con cambio de medio de transporte, y menos tiempos de transbordo, mayor es la ventaja comparativa de la modalidad usada;
- calidad y seguridad de las operaciones de transporte medida en términos de cumplimiento de plazos, previsibilidad, necesidad de control: éste criterio, derivado del anterior, establece que cuanto menos supervisión y menos intervención correctiva requiera la operación del sistema, mayor será la ventaja comparativa de la modalidad usada;

- impacto ambiental medido en términos de incidencia, en materia de contaminación del aire y eficiencia energética de los modos de transporte pero también en términos de accidentes y riesgos para la comunidad usuaria y no usuaria; cuanto menores son estos impactos y riesgos potenciales, mayor es la ventaja comparativa de la modalidad usada.

C. Factores de éxito

La determinación de los factores que han llevado al éxito, en términos de mejor adecuación del servicio, infraestructuras y equipos de transporte a las necesidades del intercambio comercial, es la que permite extraer elementos de aprendizaje y posible aplicación de soluciones a otros casos distintos a los estudiados.

En este estudio, se pueden observar factores de éxito que aseguran una eficacia comprobada de funcionamiento del sistema de transporte como:

- La incorporación de servicios e infraestructuras como extensión y parte integrante del diseño y funcionamiento del proceso de producción frente a la externalización de los servicios. Esta integración funcional permite el dimensionamiento de los flujos de transporte, el control y sintonía de las diferentes etapas, el ajuste de la producción a las capacidades de almacenamiento y embarque, la programación de las inversiones y ampliaciones del sistema de transporte en función de las necesidades de producción y distribución, y, en última instancia, la obtención de economías de escala.
- La capacidad de llevar a cabo la especialización de los servicios e infraestructuras de transporte frente a la necesidad de recurrir a servicios y equipamientos “generalistas”. La homogeneidad del producto y la seguridad de contar con flujos regulares en el tiempo con volúmenes importantes de carga, permiten diseñar sistemas a la medida destinados a atender una demanda programable y asegurada cuya eficiencia es necesariamente superior a de sistemas generalistas pensados para clientes y cargas cambiantes. La especialización es así misma la vía para la obtención de economías de alcance del sistema de transporte.
- La autonomía de decisión que ofrece la propiedad privada de las instalaciones y servicios de transporte en materia de gestión ambiental, laboral, tributaria, métodos y procedimientos y en general el mejor control sobre los problemas materiales e institucionales.
- La concentración de operadores y el llamado efecto de cluster: que abre la posibilidad de generar una «masa crítica» altamente innovadora de actividad emprendedora (el denominado «efecto del *Silicon Valley*»)⁵.

D. Soluciones aplicables a otros casos

Especializar la tecnología para lograr economías de alcance en los servicios

Las economías de alcance, derivadas de la capacidad de diseñar y generar distintos productos y servicios con la misma tecnología, resultan tan importantes como las tradicionales economías de escala. La mayor adaptación posible de los sistemas de transporte al producto y procesos de

⁵ Este fenómeno, observable con grados diferentes de profundidad y extensión en los dos casos considerados merece un estudio detallado que no ha podido ser incorporado a este documento.

producción y distribución es clave en la eficiencia del transporte en términos de operación comercial.

Asegurar flujos constantes, regulares y suficientes

Cuando no se pueden alcanzar de escala como en el caso de los sistemas de transporte de granéles, hay que buscar la forma de crearlas. Este objetivo se puede lograr de distintas maneras como la creación de centros de copio, o centrales de carga, el uso de intermediarios como los agentes de carga. La concentración de grandes volúmenes permiten alcanzar un mayor poder de negociación con los operadores de transporte pero también permiten hacer mejor uso de los medios y equipos.

Organizar la operación de transporte en función del intercambio

El corolario de la adaptación del medio de transporte al producto reside en la adecuación del transporte al proceso de intercambio. La relación entre el costo de Transporte y el valor final del producto pero también en lo que respecta a su sus ritmos y periodicidad de entrega, volúmenes y al servicio del comercio en función de sus necesidades.

Asegurar la interconectividad entre modos

La incompatibilidad entre los distintos medios constituye seguramente el mayor obstáculo en la operación de sistemas intermodales de transporte. En este sentido, adaptar los equipos y la gestión del sistema a los distintos modos intervinientes es uno de los problemas mejor resueltos en los casos estudiados de transporte de graneles.

Contratos y alianzas de largo plazo

Los contratos de suministro de servicios de transporte con los clientes y de alianzas con empresas de otros modos de transporte son los instrumentos que permiten el desarrollo de las inversiones necesarias en tecnología de gestión y equipos de transporte.

Diseñar y programar sistemas con colaboración de todos los sectores

Es necesario para asegurar que se cumplan los anteriores principios que todas las partes interesadas puedan de alguna forma ser participes del diseño de los sistemas de transporte. En ambos caso del estudio se cumple este principio de colaboración en el diseño, programación y operación de los sistemas.

Bibliografía

Barbosa Mario (1999), Current and Future Situation for The Brazilian Fertilizer Industry, Fertilizantes Serrana Sa Brasil.

Casali Pavan, Renato (1998), New Developments Concerning The Ports Of Santos, Paranagua And Rio Grande, And The Connected Railways – Consequences For The Transportation Of Fertilizers And Agricultural Products Macrologistica Consultoria S/C Ltda. Brasil.

Cordeiro Lucas, Cleber and Mauro Oliveira Dias (2000), Logistics for the transportation of grains and fertilizers, The involvement of CVRD, Companhia Vale De Rio Doce (CVRD) Brasil.

Estados Unidos: Ministerio de Economía, Departamento de Comercio Exterior (2000), Catastro de Barreras al Comercio.

Fourgeaud, Patrick (1999), The World Bank minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/340300.pdf.

Guzmán, Andrés (2000), Current Situation and Prospects for the Transportation of Grains and Fertilizers Through the Parana, Paraguay and Uruguay river systems – The Experience of ACBL Hidrovias, ACBL Hidrovias S.A., Argentina.

International Iron and Steel Institute (IISI) (2001), World Steel in figures, http://www.worldsteel.org/trends_indicators/contents.html.

Kirk, William S. (1997), Iron ore measuring port performance.

Mendes de Paula, Germano (1999), Working Paper The Export Performance of the Brazilian Minerals Sector CBS-06-99(E), Federal University of Uberlândia.

México: Ministerio de Economía, Departamento de Comercio Exterior (2000), Catastro de Barreras al Comercio.

Micco, Alejandro y Natalia Pérez (2001), Maritime Transport Costs and Port Efficiency, Prepared for the Seminar "Towards Competitiveness: The Institutional Path", Annual Meetings of the Board of Governors, Inter-American Development Bank and Inter-American Investment Corporation Santiago, Chile Marzo 16, 2001.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2001), Maritime transport, 1997, Statistical Tables, <http://www.oecd.org/dsti/sti/transport/sea/stats/STINDEX97.HTM>.

Pérez Walker, Ignacio (2000), Tratado minero y mercado del cobre: mitos y realidades, Valparaíso Agosto 17.

Sánchez Ricardo y Ana Inés Navarro de Gimballi (1998), La eficiencia de la industria portuaria de Santa Fe Instituto de Investigación en Economía y Dirección para el Desarrollo – IDIED Facultad de Ciencias Empresariales Universidad Austral Rosario, Abril.

Sparks Companies (2000), Étude Sur La Compétitivité Relative Des Ports Du Canada Et Des États-Unis Rapport Final Préparée Pour Transports Canada Par, Inc. Février.

Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Department of Commerce, Census Bureau; statistics Canada; Transport Canada; Instituto Mexicano del Transporte; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2000), North American Transportation in Figures, BT 00-05, Washington, DC.

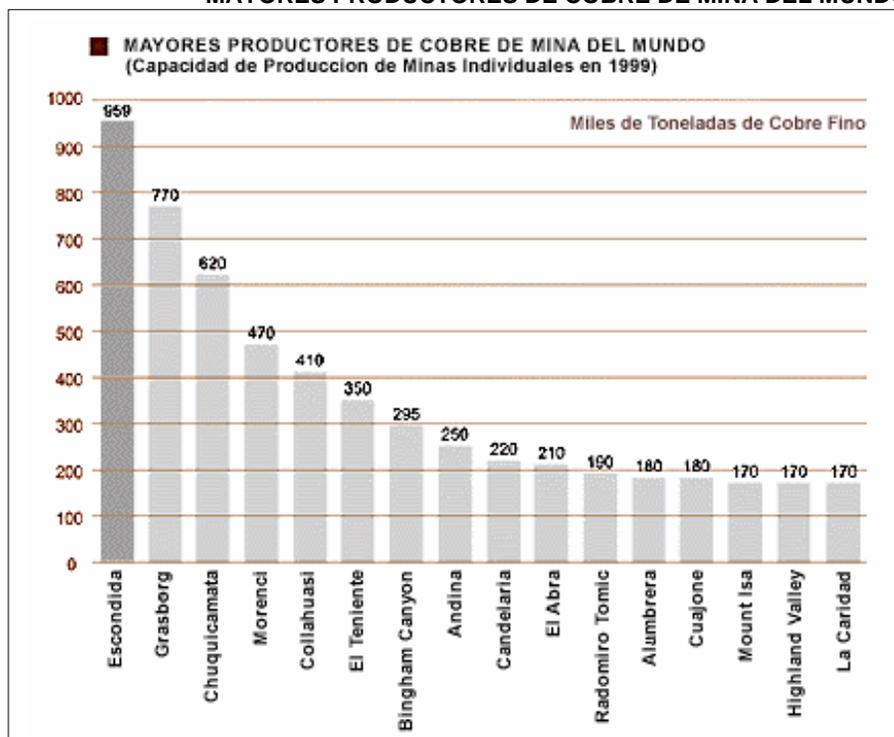
U.S. Geological Survey Mineral Resources Program (2001), <http://minerals.usgs.gov/>.

Anexo

Anexo 1 Perfil de Escondida⁶

Escondida opera la mina de cobre a tajo abierto más grande del mundo en términos de producción. Desde el inicio de sus operaciones en 1990, ha ampliado su capacidad nominal de producción de 320 000 toneladas anuales a 925 000 toneladas por año de cobre fino contenido en concentrado y cátodos. La producción de Escondida representa el 8% del cobre de mina a nivel mundial.

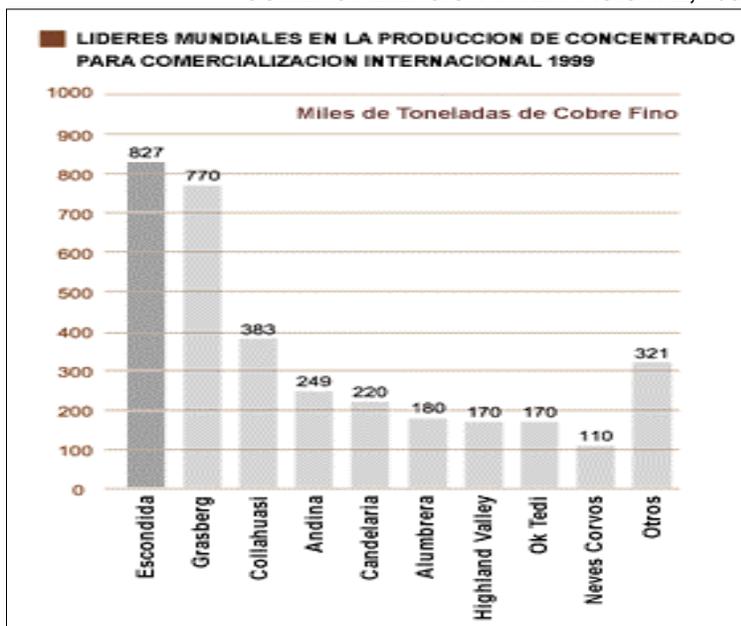
Ilustración 1
MAYORES PRODUCTORES DE COBRE DE MINA DEL MUNDO



La producción de concentrado de cobre de Escondida corresponde al 26% del total comercializado internacionalmente.

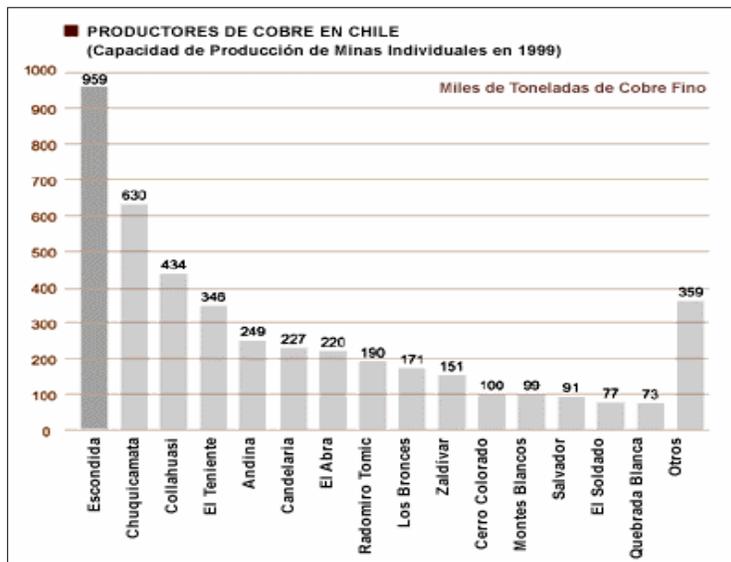
⁶ La información presentada en este anexo ha sido compilada a partir de la que se encuentra en el sitio Internet de la compañía Escondida Ltda. Se presenta a efectos de un mejor conocimiento de la empresa cuyo productos se han considerado y para facilitar una mejor comprensión del proceso. Los datos y afirmaciones de esta presentación no han sido comprobados a los efectos del estudio y su incorporación en anexo al mismo no implica el respaldo de los mismos.

Ilustración 2
LIDERES MUNDIALES EN LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO PARA COMERCIALIZACIÓN INTERNACIONAL, 1999



Es la mayor operación minera productora de cobre en Chile, correspondiéndole el 22% del total del cobre producido en el país.

Ilustración 3
PRODUCTORES DE COBRE EN CHILE (Capacidad de Producción de Minas Individuales en 1999)



Localización geográfica

Las principales instalaciones de Minera Escondida Limitada están ubicadas en el Desierto de Atacama, a 170 kilómetros al Sudeste de la ciudad de Antofagasta y a 3 100 metros sobre el nivel del mar, a una latitud 24°15'30" Sur y a una longitud 69°4'15" Oeste. Estas consisten en: la mina a tajo abierto, una planta concentradora, una planta de óxidos para la producción de cátodos (SX-EW) y un mineroducto para transportar el concentrado de cobre desde las instalaciones de la mina hasta el puerto de Coloso ubicado a 14 kilómetros al Sur de la ciudad de Antofagasta. Allí se sitúan las instalaciones para el filtrado y almacenamiento del concentrado y portuarias para el embarque del mismo.

Ilustración 4
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MINA



Reservas

Las reservas probadas y probables de sulfuros a fines de 1999 alcanzan a 1.96 mil millones de toneladas con una ley promedio de 1.2% de cobre, con una ley de corte de 0.7%.

Además de sulfuros, el yacimiento Escondida contiene grandes reservas de óxidos. La zona principal de mineral oxidado, adyacente al actual tajo de sulfuros ha sido perforada extensamente. La compañía estima que las reservas de óxido probadas y probables alcanzan a 296 millones de toneladas, con una ley promedio de 0.7% de cobre soluble en ácido.

La mineralización de cobre del yacimiento Escondida cubre una extensión aproximada de 1.6 por 4 kilómetros, con una zona rica en mineral de alta ley de un espesor aproximado de 400 metros. Esta zona está cubierta con una capa lixiviada estéril de un espesor de entre 100 y 300 metros.

Explotación

El método de explotación empleado en Escondida es el de mina a tajo abierto que consta principalmente de las siguientes operaciones: perforación, tronadura, carguío, desarrollo y chancado del mineral.

Las mina emplea un sistema de bancos o cortes escalonados en lo que se fragmenta la roca mediante el uso de explosivos. El carguío del material fragmentado es realizado por grandes palas electro-mecánicas y el transporte se hace con camiones de alto tonelaje hacia distintos destinos, según sea su clasificación. El mineral sulfurado y oxidado alimentable a las plantas es transportado hasta tres chancadores de cono semi-móviles, el mineral de baja ley hacia sitios de stock para ser usado en proyectos futuros y el lastre hacia los botaderos a los costados de la mina.

En los chancadores de cono el mineral es reducido de tamaño para posteriormente ser extraído de la mina mediante correas transportadoras hacia las plantas de procesos de sulfuros y óxidos, donde se obtiene como productos concentrados y cátodos de cobre, respectivamente.

Procesamiento sulfuro

El mineral sulfurado proveniente de la mina se acumula en un stock de almacenamiento techado que tiene una capacidad de 600 toneladas, para su posterior ingreso a la planta concentradora a la sección de molienda. En la etapa de molienda, la que considera tres molinos SAG y siete molinos de bolas en un proceso de molienda húmeda, el mineral es reducido de tamaño y clasificado en baterías de hidrociclones. La granulometría de alimentación al proceso de molienda tiene un tamaño medio de 40 a 50 milímetros y el producto de este proceso es de 0.22 milímetros.

El producto de la etapa de molienda es acondicionado con reactivos colectores y espumantes para conferirles características hidrófobas a las partículas de sulfuro de cobre y modificar la tensión superficial de la pulpa (agua-mineral), para ser enviada posteriormente a la etapa de flotación. En este proceso se produce la separación de la especie útil (sulfuro de cobre) y la ganga.

El proceso de flotación se realiza en celdas de gran capacidad donde la pulpa es agitada y mezclada con aire para formar burbujas, las que llevan adheridas las partículas de sulfuro de cobre subiendo y rebasando por la parte superior de las celdas.

El estéril o ganga, denominado cola, se va por la parte inferior de las celdas, siendo enviado a espesadores de relave en donde se recupera el 70% del agua que ellos contienen y luego son enviados al tranque de relaves para depositarlos y recuperar más agua. El agua recuperada es enviada nuevamente al proceso.

El concentrado obtenido en el proceso de flotación es enviado a espesadores para alcanzar un 62% en sólidos, el *overflow* de los espesadores, agua, es retornada al proceso.

El "underflow" o concentrado con 62% de sólido es transportado vía un mineroducto de 165 kilómetros de largo, hacia la planta de filtros, en el puerto de Coloso. En esta planta mediante el proceso de filtrado se le extrae el agua al concentrado; el concentrado seco queda con una humedad que varía entre 8 a 9 %.

El concentrado seco es almacenado en un *stockpile* para su posterior embarque.

Procesamiento óxido

El mineral óxido extraído desde la mina es procesado en la planta de óxidos mediante lixiviación en pilas con soluciones que contienen ácido sulfúrico, seguido de un proceso de extracción por solventes y electrodeposición convencional.

La lixiviación en pilas consiste en extraer el cobre de los minerales que lo contienen. Esta operación se efectúa aprovechando la propiedad fundamental que caracteriza a los minerales oxidados, la de ser fácilmente solubles en los ácidos. Para este fin, se deposita el mineral previamente chancado, en grandes pilas con base impermeable, donde es sometido a la acción de una solución de ácido sulfúrico, la cual va lentamente disolviendo el cobre e incorporándolo a esta solución. Como resultado de este proceso, se obtiene un mineral con muy poco cobre que se conoce con el nombre de ripio, el que queda depositado en el mismo lugar donde se lixivió. Por otra parte, la solución rica en cobre que se obtuvo, es sometida al proceso de extracción por solventes.

El objetivo de la extracción por solventes (SX) es transferir selectivamente el cobre contenido en la solución rica obtenida en lixiviación, a una solución limpia de impurezas llamada solución de electrolito, la que posteriormente pasará al proceso de electrodeposición. El proceso selectivo de transferir cobre se realiza con la ayuda de un fluido denominado orgánico, que captura el cobre desde la solución rica y después lo entrega a la solución de electrolito.

El proceso de electro-obtención (EW) se logra por la aplicación de corriente eléctrica continua a las soluciones de electrolito de cobre, logrando que el cobre que está en solución se deposite como cobre metálico en placas de acero inoxidable, que conforman la parte del electrodo del circuito eléctrico. En cinco días, el cátodo de cobre adquiere un peso aproximado de 78 kilogramos con una pureza de 99.999% de cobre. La solución final que es electrolito pobre en cobre vuelve a recircular para cargarse de cobre desde el orgánico, para seguir entregando cobre a las celdas donde se realiza el depósito del cobre metálico. Los cátodos, producto del proceso antes descrito, son transportados vía ferrocarril al puerto de Antofagasta para su posterior embarque.

Estructura del comercio internacional del cobre

En la Ilustración 5 se indican los principales productos de cobre primario comercializados internacionalmente en 1999, y la participación de Escondida tanto en el mercado del refinado como del concentrado.

Distribución de la propiedad de Minera Escondida Limitada

Broken Hill Proprietary (BHP)

La compañía de explotación de recursos naturales más grande de Australia con más de cien años de experiencia. Se ubica entre las 300 empresas más grandes a nivel mundial que transan acciones en bolsa y ocupa el cuarto lugar entre los productores de cobre del mundo. Más información en www.bhp.com

Rio Tinto Plc.

Compañía minera líder en el mundo con presencia en más de 40 países. Adicionalmente, ocupa el tercer lugar entre las empresas productoras de cobre en el mundo. Más información en www.riotinto.com

JECO Corporation

Consorcio japonés liderado por Mitsubishi Corporation.

International Finance Corporation (IFC)
Filial del Banco Mundial.

Ilustración 5
ESTRUCTURA DEL COMERCIO INTERNACIONAL DEL COBRE

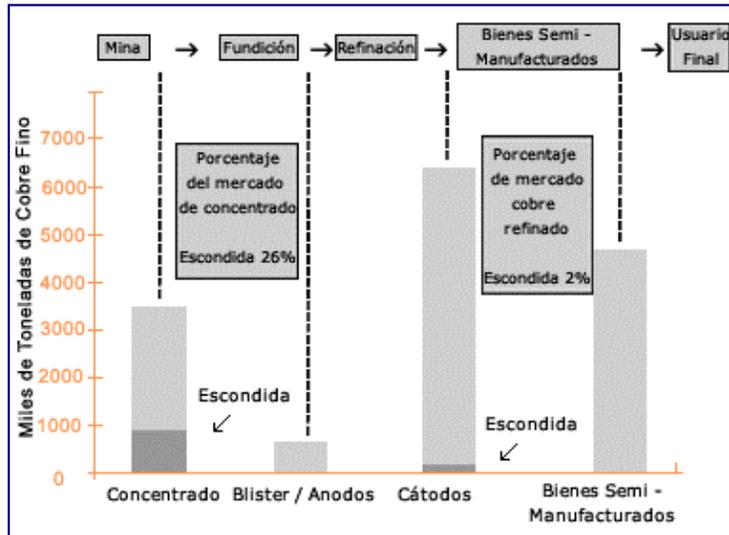


Ilustración 6
DISTRIBUCIÓN DE PROPIEDAD MINERA ESCONDIDA

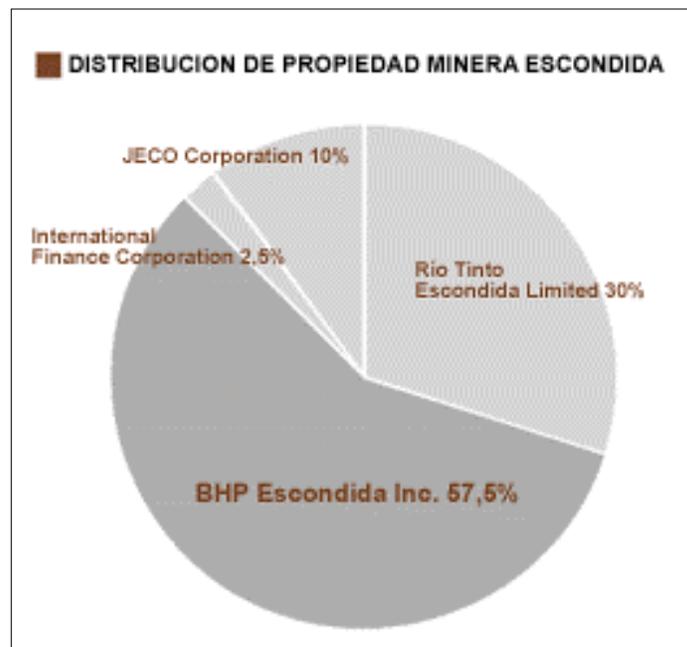


Gráfico 2
ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN MENSUAL, 2000

	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	Diciembre
COBRE												
fino contenido en concentrado												
(en miles de libras)	150 317	142 982	155 921	160 119	131 102	115 647	161 081	172 000	153 500	137 017	136 042	147 381
(en tons. métricas)	68 183	64 856	70 725	72 629	59 467	52 457	73 065	77 998	69 617	62 150	61 708	66 851
fino contenido en cátodos												
(en miles de libras)	26 327	23 944	26 749	25 750	26 540	24 848	25 133	26 124	25 284	26 124	25 309	27 039
(en tons. métricas)	11 942	10 861	12 133	11 680	12 038	11 271	11 400	11 850	11 469	11 850	11 480	12 265
Fino contenido total												
(en miles de libras)	176 644	166 926	182 670	185 869	157 642	140 495	186 214	198 080	178 763	163 142	161 351	174 420
(en tons. métricas)	80 125	75 717	82 858	84 309	71 505	63 728	84 465	89 848	81 086	74 000	73 188	79 116
ORO												
contenido (en onzas)	11 110	10 093	10 816	11 250	9 057	8 141	12 744	12 581	10 266	10 129	10 048	10 407

Gráfico 3
ESTADÍSTICA DE PRODUCCIÓN ANUAL 1990-2000

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
COBRE											
fino contenido en concentrado											
(en miles de libras)	12 863	617 234	741 064	858 348	1 060 971	967 454	1 746 657	1 915 106	1 848 708	1 822 702	1 711 634
(en tons. métricas)	5 835	279 973	336 141	389 341	481 249	438 830	792 271	868 679	838 561	826 765	776 385
fino contenido en cátodos											
(en miles de libras)	-	-	-	-	3 825	63 342	108 221	141 142	63 956	290 465	309 174
(en tons. métricas)	-	-	-	-	1 735	28 731	49 088	64 021	29 010	131 753	140 239
fino contenido total											
(en miles de libras)	12 863	617 234	741 064	858 348	1 064 796	1 030 796	1 854 878	2 056 248	1 912 664	2 113 168	2 020 807
(en tons. métricas)	5 835	279 973	336 141	389 341	482 984	467 562	841 360	932 700	867 571	958 518	916 624
ORO											
contenido (en onzas)	1 077	46 695	65 292	73 440	108 030	106 286	187 041	178 267	149 558	148 941	126 642



Serie

recursos naturales e infraestructura

Números publicados

1. Panorama minero de América Latina a fines de los años noventa, Fernando Sánchez Albavera, Georgina Ortiz y Nicole Moussa (LC/L.1253-P), N° de venta S.99.II.G.33 (US\$10.00), 1999. [www](#)
2. Servicios públicos y regulación. Consecuencias legales de las fallas de mercado, Miguel Solanes (LC/L.1252-P), N° de venta S.99.II.G.35 (US\$10.00), 1999. [www](#)
3. El código de aguas de Chile: entre la ideología y la realidad, Axel Dourojeanni y Andrei Jouravlev (LC/L.1263-P), N° de venta S.99.II.G.43 (US\$10.00), 1999. [www](#)
4. El desarrollo de la minería del cobre en la segunda mitad del Siglo XX, Nicole Moussa, (LC/L.1282-P), N° de venta S.99.II.G.54. (US\$10.00), 1999. [www](#)
5. La crisis eléctrica en Chile: antecedentes para una evaluación de la institucionalidad regulatoria, Patricio Rozas Balbontín, (LC/L.1284-P), N° de venta S.99.II.G.55 (US\$ 10.00), 1999. [www](#)
6. La Autoridad Internacional de los Fondos Marinos: un nuevo espacio para el aporte del Grupo de Países Latinoamericanos y Caribeños (GRULAC), Carmen Artigas (LC/L.1318-P), N° de venta S.00.II.G.10 (US\$ 10.00), 1999. [www](#)
7. Análisis y propuestas para el perfeccionamiento del marco regulatorio sobre el uso eficiente de la energía en Costa Rica, Rogelio Sotela (LC/L.1365-P), N° de venta S.00.II.G.34 (US\$ 10.00), 1999. [www](#)
8. Privatización y conflictos regulatorios: el caso de los mercados de electricidad y combustibles en el Perú, Humberto Campodónico, (LC/L.1362-P), N° de venta S.00.II.G.35 (US\$ 10.00), 2000. [www](#)
9. La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial, Eduardo Chaparro, (LC/L.1384-P), N° de venta S.00.II.G.76 (US\$ 10.00), 2000. [www](#)
10. Sistema eléctrico argentino: los principales problemas regulatorios y el desempeño posterior a la reforma, Héctor Pistonesi, (LC/L.1402-P), N° de venta S.00.II.G.77 (US\$10.00), 2000. [www](#)
11. Primer diálogo Europa-América Latina para la promoción del uso eficiente de la energía, Huberto Campodónico (LC/L.1410-P), N° de venta S.00.II.G.79 (US\$ 10.00), 2000. [www](#)
12. Proyecto de reforma a la Ley N°7447 "Regulación del Uso Racional de la Energía" en Costa Rica, Rogelio Sotela y Lidette Figueroa, (LC/L. 1427-P), N° de venta S.00.II.G.101 (US\$10.00), 2000. [www](#)
13. Análisis y propuesta para el proyecto de ley de "Uso eficiente de la energía en Argentina", Marina Perla Abruzzini, (LC/L. 1428-P), N° de venta S.00.II.G.102 (US\$ 10.00), 2000. [www](#)
14. Resultados de la reestructuración de la industria del gas en la Argentina, Roberto Kozulj (LC/L.1450-P), N° de venta S.00.II.G.124 (US\$10.00), 2000. [www](#)
15. El Fondo de Estabilización de Precios del Petróleo (FEPP) y el mercado de los derivados en Chile, Miguel Márquez D., (LC/L.1452-P) N° de venta S.00.II.G.132 (US\$10.00), 2000. [www](#)
16. Estudio sobre el papel de los órganos reguladores y de la defensoría del pueblo en la atención de los reclamos de los usuarios de servicios públicos, Juan Carlos Buezo de Manzanedo R. (LC/L.1495-P), N° de venta S.01.II.G.34 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
17. El desarrollo institucional del transporte en América Latina durante los últimos veinticinco años del siglo veinte, Ian Thomson (LC/L.1504-P), N° de venta S.01.II.G.49 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
18. Perfil de la cooperación para la investigación científica marina en América Latina y el Caribe, Carmen Artigas y Jairo Escobar, (LC/L.1499-P), N° de venta S.01.II.G.41 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
19. Trade and Maritime Transport between Africa and South America, Jan Hoffmann, Patricia Isa, Gabriel Pérez (LC/L.1515-P), N° de venta S.00.G.II.57 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
20. La evaluación socioeconómica de concesiones de infraestructura de transporte: caso Túnel El Melón - Chile, Francisco Ghisolfo (LC/L.1505-P), N° de venta S.01.II.G.50 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
21. El papel de la OPEP en el comportamiento del mercado petrolero internacional, Ariela Ruiz-Caro (LC/L.1514-P), N° de venta S.01.II.G.56 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)

22. El principio precautorio en el derecho y la política internacional, Carmen Artigas (LC/L.1535-P), N° de venta S.01.II.G.80 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
23. Los beneficios privados y sociales de inversiones en infraestructura: una evaluación de un ferrocarril del Siglo XIX y una comparación entre esta y un caso del presente, Ian Thomson (LC/L.1538-P), N° de venta S.01.II.G.82 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
24. Consecuencias del shock petrolero en el mercado internacional a fines de los noventa, Humberto Campodónico (LC/L.1542-P), N° de venta S.01.II.G.86 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
25. La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales, Ian Thomson y Alberto Bull (LC/L.1560-P), N° de venta S.01.II.G.105, (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
26. Reformas del sector energético, desafíos regulatorios y desarrollo sustentable en Europa y América Latina, Wolfgang F. Lutz (LC/L.1563-P), N° de venta S.01.II.G.106 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
27. Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI, Andrei Juravlev (LC/L.1564-P), N° de venta S.01.II.G.109 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
28. Tercer diálogo parlamentario Europa-América Latina para la promoción del uso eficiente de la energía, Humberto Campodónico (LC/L.1568-P), N° de venta S.01.II.G.111 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
29. Water management at the River basin level: Challenger in Latin America, Axel Dourojeanni (LC/L.1568), N° de venta E.01.II.G.126 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
30. Telemática: un nuevo escenario para el transporte automotor, Gabriel Pérez (LC/L.1583-P), N° de venta S.01.II.G.134 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
31. Fundamento y anteproyecto de ley para promover la eficiencia energética en Venezuela, Vicente García Dodero, Fernando Sánchez Albavera, (LC/L.1584-P), N° de venta S.01.II.G.134 (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
32. Transporte marítimo regional y de cabotaje en América Latina y el Caribe: el caso de Chile Jan Hoffmann (LC/L.1598-P), N° de venta S.01.II.G.139, (US\$ 10.00), 2001. [www](#)
33. Mejores prácticas de transporte intermodal en las Américas: estudio de casos de exportaciones del Mercosur al NAFTA, José María Rubiato Elizalde, (LC/L.1615-P), N° de venta S.01.II.G.154, (US\$ 10.00), 2001. [www](#)

Otros títulos elaborados por la actual División de Recursos Naturales e Infraestructura y publicados bajo la Serie Medio Ambiente y Desarrollo

1. Las reformas energéticas en América Latina, Fernando Sánchez Albavera y Hugo Altomonte (LC/L.1020), abril de 1997. [www](#)
2. Private participation in the provision of water services. Alternative means for private participation in the provision of water services, Terence Lee y Andrei Jouravlev (LC/L.1024), mayo de 1997 (inglés y español). [www](#)
3. Procedimientos de gestión para un desarrollo sustentable (aplicables a municipios, microrregiones y cuentas), Axel Dourojeanni (LC/L.1053), septiembre de 1997 (español e inglés). [www](#)
4. El Acuerdo de las Naciones Unidas sobre pesca en alta mar: una perspectiva regional a dos años de su firma, Carmen Artigas y Jairo Escobar (LC/L.1069), septiembre de 1997 (español e inglés).
5. Litigios pesqueros en América Latina, Roberto de Andrade (LC/L.1094), febrero de 1998 (español e inglés).
6. Prices, property and markets in water allocation, Terence Lee y Andrei Jouravlev (LC/L.1097), febrero de 1998 (inglés y español). [www](#)
8. Hacia un cambio en los patrones de producción: Segunda Reunión Regional para la Aplicación del Convenio de Basilea en América Latina y el Caribe (LC/L.1116 y LC/L.1116 Add/1), vols. I y II, septiembre de 1998.
9. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". La industria del gas natural y las modalidades de regulación en América Latina, Humberto Campodónico (LC/L.1121), abril de 1998. [www](#)
10. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". Guía para la formulación de los marcos regulatorios, Pedro Maldonado, Miguel Márquez e Iván Jaques (LC/L.1142), septiembre de 1998.
11. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". Panorama minero de América Latina: la inversión en la década de los noventa, Fernando Sánchez Albavera, Georgina Ortiz y Nicole Moussa (LC/L.1148), octubre de 1998. [www](#)
12. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". Las reformas energéticas y el uso eficiente de la energía en el Perú, Humberto Campodónico (LC/L.1159), noviembre de 1998.
13. Financiamiento y regulación de las fuentes de energía nuevas y renovables: el caso de la geotermia, Manlio Coviello (LC/L.1162), diciembre de 1998.

- 14** Proyecto CEPAL/Comisión Europea “Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina”. Las debilidades del marco regulatorio eléctrico en materia de los derechos del consumidor. Identificación de problemas y recomendaciones de política, Patricio Rozas (LC/L.1164), enero de 1999. [www](#)
- 15** Proyecto CEPAL/Comisión Europea “Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina”. Primer Diálogo Europa-América Latina para la Promoción del Uso Eficiente de la Energía (LC/L.1187), marzo de 1999.
- 16** Proyecto CEPAL/Comisión Europea “Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina”. Lineamientos para la regulación del uso eficiente de la energía en Argentina, Daniel Bouille (LC/L.1189), marzo de 1999.
- 17** Proyecto CEPAL/Comisión Europea “Promoción del uso eficiente de la Energía en América Latina”. Marco Legal e Institucional para promover el uso eficiente de la energía en Venezuela, Antonio Ametrano (LC/L.1202), abril de 1999.

-
- El lector interesado en números anteriores de esta serie puede solicitarlos dirigiendo su correspondencia a la Unidad de Transporte de la División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, Casilla 179-D, Santiago, Chile. No todos los títulos están disponibles.
 - Los títulos a la venta deben ser solicitados a la Unidad de Distribución, CEPAL, Casilla 179-D, Santiago, Chile, Fax (562) 210 2069, publications@eclac.cl.

[www](#): Disponible también en Internet: <http://www.eclac.cl>

Nombre: Actividad: Dirección: Código Postal, ciudad, país: Tel.: Fax: E.mail:
