

DOCUMENTO PREPARADO PARA EL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

REGIONAL INE/TSP

**CONSULTORÍA DE APOYO PARA LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROGRAMA**

“TÚNEL INTERNACIONAL PASO DE AGUA NEGRA”

(RG-L1074)

INFORME FINAL

25 DE ABRIL DE 2017

**CONSULTORÍA DE APOYO PARA LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROGRAMA
“TÚNEL INTERNACIONAL PASO DE AGUA NEGRA” (RG-L1074)¹**

INFORME FINAL

RESUMEN

Se revisan dos estudios de análisis costo-beneficio (ACB) del túnel de Agua Negra (TIPAN) entre Argentina y Chile y un estudio de tráfico y priorización de intervenciones en el eje Mercosur-Chile (MSC). Se discute la razonabilidad de la rentabilidad social del proyecto, con los modelos de orden de magnitud propuestos en el Entregable 1.

Los estudios revisados son: BID-IIRSA 2012 (tráfico y multi-criterio); Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Planeamiento (Chile; MOP-cl 2013 y 2009); y Universidad Nacional de San Juan (Argentina; UNSJ-ar 2014). Estos estudios son heterogéneos en (i) año base y modelos para asignar y proyectar tráfico; (ii) nivel y alcance del modelamiento y dinámica de la red del eje MSC, que cubre un área transnacional de 3.1 millones de km²; (iii) estimación de beneficios y costos para proyectar demanda, y estimar la rentabilidad social.

El estudio BID-IIRSA (2012) tiene proyecciones optimistas de tráfico (que predicen una saturación improbable de Cristo Redentor en menos de 20 años), pero tiene una alta calidad de modelaje explícito que permite entender la función central del TIPAN y la dinámica conjunta del TIPAN y Cristo Redentor, y por ello se reseña con mayor detalle. Los estudios MOP-cl 2013 y 2009 son más prudentes en proyecciones de tráfico y beneficios, y con mejores técnicas de validación (encuestas) del potencial del TIPAN, que el estudio UNSJ-ar 2014.

La rentabilidad social del TIPAN depende de cuánto tráfico desvíe desde otros pasos y cuanta demanda nueva genere. El TIPAN no desviaría tráfico sustancial de los pasos binacionales existentes, salvo por cierre climático y/o eventual saturación de Cristo Redentor; generaría tráfico adicional de turismo en las provincias de San Juan (Argentina), y Coquimbo (La Serena, Chile); y fomentaría exportaciones de Córdoba y San Juan (esencialmente, minería). El TIPAN no generaría tráfico sustancial del resto del Cono Sur para el comercio con Oceanía o Asia (las nuevas cargas con esos destinos continuarían saliendo desde los puertos de Argentina, Brasil y Uruguay).

¹ Documento elaborado por Juan Benavides. Los planteamientos son de responsabilidad exclusiva del consultor.

Los tráficos generados por el TIPAN tienen un tope de crecimiento fijado por capacidad máxima de intercambios comerciales entre San Juan-Córdoba y Coquimbo, que se tratan de medir con un modelo de logística. Ejercicios de orden de magnitud realizados con modelos de opciones reales (crecimiento por volatilidad histórica de los flujos binacionales) y de crecimiento del tráfico (histéresis) sugieren que el proyecto se podría justificar por la integración entre provincias limítrofes de Argentina y Chile y para generar una red de integración más resiliente en el eje MSC.

Con la información disponible, los beneficios totales serían inferiores a los costos totales (patrón que se replica a nivel de país individual). La asignación de inversiones sigue, según los acuerdos establecidos, el criterio de que cada país financie las obras civiles dentro de su país.

1 REVISIÓN DE ESTUDIOS

BID-IIRSA 2012

Este es un estudio de proyecciones de tráfico y selección de intervenciones por criterios múltiples (que no se discuten en este trabajo). Se parte de las siguientes series históricas de tráficos viales binacionales a través de los pasos de frontera (Tabla 1) y de la distribución del tráfico en 2009 por paso de frontera:

TABLA 1. TRANSPORTE POR PASOS DE FRONTERA ENTRE ARGENTINA Y CHILE

Año	Flujos Anuales			Crecimiento Anual		
	Vehículos	Pasajeros (Personas)	Carga (toneladas)	Vehículos	Personas	Carga
1997	695,283	2,684,084	2,761,909			
1998	779,363	3,048,969	3,391,489	12.1%	13.6%	22.8%
1999	805,641	2,970,224	3,494,682	3.4%	-2.6%	3.0%
2000	855,800	3,176,405	3,815,547	6.2%	6.9%	9.2%
2001	866,695	3,171,520	3,809,664	1.3%	-0.2%	-0.2%
2002	842,551	3,123,778	4,008,567	-2.8%	-1.5%	5.2%
2003	926,558	3,389,083	4,953,817	10.0%	8.5%	23.6%
2004	1,137,780	4,023,970	6,293,518	22.8%	18.7%	27.0%
2005	1,231,581	4,202,341	7,032,082	8.2%	4.4%	11.7%
2006	1,395,131	4,762,387	7,425,706	13.3%	13.3%	5.6%
2007	1,530,732	5,109,649	7,848,718	9.7%	7.3%	5.7%
2008	1,586,527	5,271,968	7,929,930	3.6%	3.2%	1.0%
2009	1,484,011	4,931,995	7,208,970	-6.5%	-6.4%	-9.1%
Crecimiento Anual						
1997-2008	7.8%	6.3%	10.1%			
1997-2009	6.5%	5.2%	8.3%			

Fuente: Síntesis Mensual de Tráfico Fronterizo de Aduanas CHILE

Fuente: BID-IIRSA 2012: 15.

Este estudio resalta que Cristo Redentor es el paso binacional más importante, con el 64.2% de la carga, el 34.1% de los pasajeros, y el 36.7% de los vehículos totales. El 98% del transporte de carga binacional está concentrado en seis pasos (Cristo Redentor, Integración Austral, San Sebastián, Pino Hachado, Cardenal Samoré y Jama).

TABLA 2. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL TRÁFICO POR PASO DE FRONTERA (INCLUYE PASOS CON BOLIVIA)

Paso	Sector	Flujo Anual			Distribución por Paso		
		Vehículos	Pasajeros	Carga (t)	Veh	Pax	Carga
Jama	CAP	40,844	122,096	303,201	2.8%	2.5%	4.3%
Sico	CAP	5,514	30,524	15,958	0.4%	0.6%	0.2%
Socompa	CAP	7	0	1,839	0.0%	0.0%	0.0%
San Francisco	CAP	3,689	8,664	17,746	0.2%	0.2%	0.2%
Pircas Negras	CAP	95	228	0	0.0%	0.0%	0.0%
Agua Negra	MSC	8,806	32,821	9	0.6%	0.7%	0.0%
Sistema Cristo Redentor	MSC	544,918	1,683,368	4,625,871	36.7%	34.1%	64.2%
Las Leñas	MSC	0	0	0	0.0%	0.0%	0.0%
Pehuénche	MSC	1,784	6,731	0	0.1%	0.1%	0.0%
Pichadón	SUR	286	1,225	0	0.0%	0.0%	0.0%
Pino Hachado	SUR	67,261	234,995	442,350	4.5%	4.8%	6.1%
Icalma	SUR	10,643	35,879	0	0.7%	0.7%	0.0%
Mamul Malal	SUR	37,794	138,969	0	2.5%	3.2%	0.0%
Carimé	SUR	635	2,362	0	0.0%	0.0%	0.0%
Huachum	SUR	6,037	25,057	0	0.4%	0.5%	0.0%
Cardenal Antonio Samoré	SUR	178,367	731,411	316,449	12.0%	14.8%	4.4%
Perez Rosales	SUR	1,963	33,582	0	0.1%	0.7%	0.0%
Rio Manso	SUR	663	1,603	32	0.0%	0.0%	0.0%
Rio Puelo	SUR	0	0	0	0.0%	0.0%	0.0%
Futaleufú	RAT	35,487	110,852	5,254	2.4%	2.2%	0.1%
Rio Encuentro	RAT	9,812	28,452	0	0.7%	0.6%	0.0%
Las Pampas - Lago Verde	RAT	132	476	0	0.0%	0.0%	0.0%
Rio Frios - Appelg	RAT	162	464	0	0.0%	0.0%	0.0%
Pampa Alta	RAT	1,335	4,051	0	0.1%	0.1%	0.0%
Colihueque	RAT	10,186	43,136	5,486	0.7%	0.9%	0.1%
El Triana	RAT	2,643	8,589	0	0.2%	0.2%	0.0%
Huamules	RAT	12,741	37,544	80,699	0.9%	0.8%	1.2%
Ing. Ibañez Pallavicini	RAT	5,952	16,340	0	0.4%	0.3%	0.0%
Rio Jeinemeni - Chile Chico	RAT	45,593	146,381	4,620	3.1%	3.0%	0.1%
Nobaltes	RAT	971	2,649	0	0.1%	0.1%	0.0%
Rio Mayer	RAT	0	0	0	0.0%	0.0%	0.0%
Lago O'Higgins - S. Martín	RAT	2	2	0	0.0%	0.0%	0.0%
Don Guillermo	AUS	12,798	80,409	0	0.9%	1.6%	0.0%
Dorotea	AUS	151,459	378,587	8,481	8.9%	7.7%	0.1%
Laurita - Casa Vieja	AUS	15,148	47,427	29	1.0%	1.0%	0.0%
Integración Austral	AUS	181,680	575,915	796,346	12.2%	11.7%	11.0%
San Sebastián	AUS	108,602	341,176	578,610	7.3%	6.9%	8.0%
Rio Bellavista	AUS	0	0	0	0.0%	0.0%	0.0%
Total		1,484,011	4,931,995	7,208,970	100%	100%	100%

Fuente: Sistema Mensual de Tráfico Fronterizo de Aduanas CHILE

Fuente: BID-IIRSA 2012: 16.

La demanda se segmenta en carga y pasajeros, y se divide en demanda “normal” y “generada”. La carga se divide en 9 familias de productos. La matriz origen-destino (OD) se realiza con un sistema de zonificación, centroides de cada zona y macrozonas (regiones). Los tráficos por paso fronterizo se dividen en cautivo y no cautivo, y el tráfico no-cautivo se asigna con modelos logit. A nivel de regiones, los pares OD con mayor tráfico en el corredor MSC se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3. PARES OD CON MAYOR TRÁFICO

Macrozona X	Macrozona Y	Pasajeros	% Total	% Acum
X2 Cuyo	Y3 Chile Centro	1,288,843	44%	44%
X3 Patagonia Argentina	Y4 Chile Patagonia	815,757	28%	72%
X3 Patagonia Argentina	Y3 Chile Centro	162,412	6%	77%
X6 CF, Bs As Norte	Y3 Chile Centro	153,306	5%	82%
X2 Cuyo	Y2 Chile Centro-Norte	104,529	4%	86%
X1 NOA, Bolivia	Y1 Chile Norte	94,210	3%	89%
X7 NEA, Meso, Cdba, Paraguay	Y3 Chile Centro	69,042	2%	91%
X4 Austral Argentina	Y4 Chile Patagonia	32,503	1%	93%
X6 CF, Bs As Norte	Y1 Chile Norte	30,560	1%	94%
X8 Brasil, Uruguay	Y3 Chile Centro	23,378	1%	94%
X7 NEA, Meso, Cdba, Paraguay	Y1 Chile Norte	22,487	1%	95%
X4 Austral Argentina	Y5 Chile Austral	20,477	1%	96%
X6 CF, Bs As Norte	Y4 Chile Patagonia	19,321	1%	96%
Resto	Resto	104,107	4%	100%
Total		2,940,932	100%	

Fuente: Análisis del Consultor en base a información procesada de Aduana de Chile, Aduana de Argentina, comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) y encuestas origen destino en los pasos

Fuente: BID-IIRSA 2012: 31

El 77% de los flujos de carga entre la frontera de Argentina y Chile es no-cautivo. Las zonas de Santiago y Valparaíso representan el 70% de los flujos del lado chileno, mientras que los flujos del lado argentino están más distribuidos (20% Provincia de Buenos Aires, 14% Brasil, Provincia de Mendoza 8%, Provincia de San Juan 8%, Provincia de Jujuy 2%). La carga por segmento se presenta en la Tabla 4, con predominio de los alimentos elaborados, minerales y combustibles, y productos industriales. En cada segmento, la carga de Argentina a Chile es siempre superior a la carga de Chile a Argentina.

TABLA 4. CARGA POR SEGMENTO (X: ARGENTINA; Y: CHILE)

Familia de Productos	Capítulos	Volumen del año base (t)		Participación Granel (t)			
		X=>Y	Y=>X	Total	X=>Y	Y=>X	Total
1 Reino vegetal y animal	01 - 14	576,168	39,114	615,281	172,850	0	172,850
2 Alimentos elaborados	15	1,236,047	378,054	1,614,101	0	0	0
3 Combustibles y minería	25 - 27	1,159,650	62,850	1,222,501	463,860	28,283	492,143
	39 - 40; 68 -						
4 Productos industriales	70; 72 - 83	932,966	562,879	1,495,845	0	0	0
5 Materiales de transporte	86 - 89	14,079	3,194	17,272	0	0	0
6 Máquinas, aparatos y equipos	84 - 85	17,529	11,544	29,073	0	0	0
7 Productos químicos	28 - 38	251,306	40,036	291,342	0	0	0
8 Productos forestales	44 - 46	229,078	181,483	410,560	0	0	0
9 Resto de productos	Resto	53,268	7,827	61,095	0	0	0
Total		4,470,091	1,286,979	5,757,071	636,711	28,283	664,993

Fuente: Análisis del Consultor en base a información procesada de Aduana de Chile, Aduana de Argentina, comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) y encuestas origen destino en los pasos

Fuente: BID-IIRSA 2012: 34

GRÁFICA 1. RED VIAL ACTUAL, CENTROIDES OD Y CUENCAS DE INFLUENCIA DE LOS PASOS



El sistema de ciudades del área de influencia inmediata del paso de Cristo Redentor incluye a Santiago de Chile (5.5 m), Valparaíso (320 mil), Viña del Mar (330 mil), San Antonio (90 mil), Los Andes (70 mil), Mendoza (860 mil), San Luis (160 mil), Las Heras (185 mil). Cristo Redentor es un eje “natural” del Eje Mercosur-Chile, y Buenos

Aires es un polo fuerte en la conformación de este eje de conectividad. Este sistema de ciudades tiene además un ecosistema de servicios logísticos, comunicaciones, infraestructura y otros consolidado.

El estudio asume los siguientes escenarios de crecimiento del PIB (Tabla 5):

TABLA 5. ESCENARIOS MACROECONÓMICOS

Proyecciones por Escenario															
			Pesimista				Base				Optimista				
	2010	2011	2015	2020	2030	2011	2015	2020	2030	2011	2015	2020	2030		
PBI - Argentina	9.2%	6.3%	3.0%	3.0%	3.0%	6.3%	4.5%	4.5%	4.5%	6.3%	5.5%	6.0%	6.0%		
PBI - Chile	5.2%	6.1%	3.0%	3.0%	3.0%	6.1%	4.5%	4.5%	4.5%	6.1%	5.5%	6.0%	6.0%		
PBI - Brasil	7.5%	4.2%	3.0%	3.0%	3.0%	4.2%	4.0%	4.5%	4.5%	4.2%	5.5%	6.0%	6.0%		
PBI - China	10.3%	9.3%	8.0%	7.0%	7.0%	9.3%	8.8%	8.5%	8.5%	9.3%	10.0%	10.0%	10.0%		
PBI - Estados Unidos	2.8%	2.6%	2.0%	2.0%	2.0%	2.6%	2.8%	3.0%	3.0%	2.6%	3.5%	3.5%	3.5%		
PBI - Europa	1.7%	1.7%	1.5%	1.5%	1.5%	1.7%	2.0%	2.5%	3.0%	1.7%	3.5%	3.5%	3.5%		
PBI - Mundo	3.8%	3.2%	2.5%	2.5%	2.5%	3.2%	3.6%	3.5%	3.5%	3.2%	4.5%	4.5%	4.5%		
Expo Argentina-Chile	5.0%	4.5%	4.5%	4.0%	3.0%	5.0%	5.0%	5.0%	4.5%	7.0%	7.0%	7.0%	6.0%		
Expo Chile-Argentina	5.0%	5.0%	5.0%	4.5%	3.0%	6.5%	6.5%	6.0%	4.5%	8.0%	8.0%	7.0%	6.0%		
Población Regional	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.1%	1.1%	1.1%	1.0%	1.2%	1.2%	1.2%		
Capacidad Hotelera	1.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	4.0%	4.0%	4.0%	3.0%	5.0%	5.0%	5.0%		

Fuente: Análisis del Consultor en base a datos y proyecciones de Banco Mundial y estadísticas oficiales de Argentina y Chile.

Fuente: BID-IIRSA 2012: 136

La Tabla 6 resume las tasas de crecimiento del tráfico asociadas a los anteriores crecimientos del PIB. En el Escenario Base, el crecimiento tanto de pasajeros como de carga crece más rápido en el escenario base que en el promedio de los últimos 5 años modelados. El estudio advierte sobre las limitaciones de usar elasticidades PIB de la demanda de tráfico, dado que esta puede fluctuar entre 3.9 y 0.5 en diferentes años, con lo que la volatilidad de su estimador es muy alta.

TABLA 6. TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO EN LA MATRIZ OD

Segmento de tráfico	Crecimiento de tráfico total anual histórico		Crecimiento de tráfico normal anual proyectado ('09 – '30)		
	12 años ('97 – '09)	5 años ('04 – '09)	Pesimista	Base	Optimista
Pasajeros	5.2%	4.1%	2.7%	4.2%	5.7%
Carga (t)	8.3%	2.7%	3.3%	4.8%	6.5%

Fuente: Análisis del Consultor de datos del Síntesis Mensual de Tráfico Fronterizo de Aduanas CHILE

Fuente: BID-IIRSA 2012: 141

La Tabla 7 muestra los fletes por camión pesado (US\$/ton-km) usados en el estudio.

TABLA 7. FLETES POR CAMIÓN PESADO (26 T GRANEL, 20 T CARGA GENERAL)

Distancia (km)	Costo un sentido		Costo con retorno		Costo graneles		FADEEAC	CATAC
	US\$	US\$/km	US\$	US\$/km	US\$/t	US\$/tkm	US\$/tkm	US\$/tkm
200	549	2,7	1.044	5,2	40,1	0,201	0,108	0,114
300	724	2,4	1.376	4,6	52,9	0,176	0,099	0,108
400	780	1,9	1.481	3,7	57,0	0,142	0,091	0,093
500	835	1,7	1.587	3,2	61,0	0,122	0,083	0,090
750	974	1,3	1.851	2,5	71,2	0,095	0,068	0,085
1.000	1.113	1,1	2.115	2,1	81,4	0,081	0,061	0,082
1.500	1.481	1,0	2.814	1,9	108,2	0,072	0,054	

Fuente: Análisis de Consultor con formulación calibrada y tarifas publicadas de FADEEAC y CATAC

Fuente: BID-IIRSA 2012: 146

La Tabla 8 muestra el valor del tiempo para carga.

TABLA 8. VALOR DEL TIEMPO PARA CARGA

Tipo	Valor Carga (US\$/t)	% de Valor Carga Diario	Diario (US\$/t)	Horario (US\$/t)
General	1.268	0,025%	0,317	0,0132
Granel	517	0,025%	0,129	0,0054

Fuente: Análisis del Consultor en base a estadísticas de aduanas de Chile y Argentina sobre valor de carga

Fuente: Fuente: BID-IIRSA 2012: 152

La asignación de la demanda de *carga* se hace con base al *costo total de logística*: {costo transporte terrestre + costos portuarios + costos marítimos + valor del tiempo}.

La asignación de la demanda de *pasajeros* se hace con base al *costo generalizado de transporte*: {costo de transporte terrestre + valor del tiempo}.

Los orígenes y destinos de nueva demanda generada se presentan en la Tabla 9. Nótese que Coquimbo sólo importa minerales de San Juan.

TABLA 9. OD DE CARGAS GENERADAS PARA EXPORTACIÓN
(E1 EUROPA; E2 COSTA ESTE DE US; E4 ASIA; C5 COQUIMBO)

				Zona Y (%)			
Zona X		Producto	Forma	E1	E2	E4	C5
A1	Jujuy	Conc. Minerales	Granel	10%	75%	15%	0%
A2	Salta	Conc. Minerales	Granel	10%	75%	15%	0%
A1	Jujuy	Insumos mineros	Granel	25%	50%	25%	0%
A2	Salta	Insumos mineros	Granel	25%	50%	25%	0%
A1	Jujuy	Azúcar	General	50%	0%	50%	0%
A2	Salta	Azúcar	General	50%	0%	50%	0%
A2	Salta	Soja	Granel	0%	0%	100%	0%
A2	Salta	Cítricos	General	75%	25%	0%	0%
A5	Catamarca	Oliva-Vitivicultura	General	100%	0%	0%	0%
A12	La Rioja	Oliva-Vitivicultura	General	100%	0%	0%	0%
A5	Catamarca	Granos/oleaginosos	Granel	0%	0%	100%	0%
A12	La Rioja	Granos/oleaginosos	Granel	0%	0%	100%	0%
A6	Tucumán	Azúcar	General	0%	0%	100%	0%
A6	Tucumán	Limones	General	0%	0%	100%	0%
A11	San Juan	Cal	Granel	0%	0%	0%	100%
A11	San Juan	Soja	Granel	0%	0%	100%	0%
A11	San Juan	Expo San Juan	General	50%	0%	50%	0%
A13	Córdoba	Expo Córdoba	General	50%	0%	50%	0%

Fuente: Análisis del Consultor en base a patrones actuales para flujos comerciales.

Fuente: BID-IIRSA 2012: 160

Después de asignar la demanda “normal”, la demanda “generada” se asigna con los costos mencionados dentro de un modelo *logit* binomial.

Con la red actual en 2009, Agua Negra (sin mejoras) presenta una demanda anual de 0 t en carga y de 32,821 pasajeros (1% de todo el tráfico binacional), mientras que Cristo Redentor presenta una demanda de 4,625,871 t en carga (64% del total binacional) y 1,683,368 pasajeros (35% del total binacional), como se mostró en la Tabla 1.

Al correr el modelo de demanda se encuentra el resultado de la Tabla 10 para el eje Mercosur-Chile (MSC).

TABLA 10. PROYECCIONES EN 2030 PARA TRÁFICO BINACIONAL ANUAL EN EL EJE MERCOSUR-CHILE (MSC)

Combinación de alternativas	Agua Negra	Sistema Cristo Redentor	Cristo - Túnel Bajo Cota	Las Leñas	Pehuenche
Flujos de carga (t)					
No mejoras	0	8.515,271	0	0	3.508,658
AN1 solo	694,987	8.502,833	0	0	2.857,647
AN2 solo	1.723,351	8.469,017	0	0	2.438,129
CR1 solo	0	8.530,756	0	0	3.494,205
BC1 solo-FFCC Base	0	8.606,018	2.496,866	0	1.023,184
BC1 solo-FFCC Pesimista	0	8.517,548	996,171	0	2.520,182
BC1 solo-FFCC Optimista	0	4.537,940	7.353,690	0	468,372
LL1 solo	0	7.994,394	0	4.136,239	361,067
PE1 solo	0	8.510,596	0	0	3.513,128
Todos	529,873	7.299,414	996,847	3.903,457	350,262
AN2, BC y LL1-Peajes Base	530,026	7.296,781	996,489	3.905,927	350,377
AN2, BC y LL1 - Sin Peajes	512,983	7.296,692	903,390	3.966,369	291,745
AN2, BC y LL1 - Peajes Altos	314,279	8.574,606	1.912,981	1.307,462	697,486
Flujos de pasajeros					
No mejoras	221,793	2.666,762	0	0	724,310
AN1 solo	563,796	2.628,905	0	0	428,703
AN2 solo	939,073	2.534,708	0	0	169,320
CR1 solo	215,423	2.716,882	0	0	725,909
BC1 solo-FFCC Base	159,660	3.042,392	0	0	423,445
BC1 solo-FFCC Pesimista	220,611	2.673,911	0	0	718,585
BC1 solo-FFCC Optimista	74,785	3.555,505	0	0	12,462
LL1 solo	74,454	3.219,777	0	580,637	2,125
PE1 solo	143,860	2.652,297	0	0	851,809
Todos	235,726	3.174,387	0	509,052	13,051
AN2, BC y LL1-Peajes Base	248,977	3.072,829	0	575,812	2,052
AN2, BC y LL1 - Sin Peajes	225,043	3.105,424	0	511,928	1,476
AN2, BC y LL1 - Peajes Altos	217,327	2.883,733	0	742,507	3,522
Flujos de vehículos de todo tipo					
No mejoras	59,484	942,833	0	0	435,151
AN1 solo	199,516	936,720	0	0	311,808
AN2 solo	371,621	921,315	0	0	214,121
CR1 solo	57,766	950,862	0	0	434,569
BC1 solo-FFCC Base	42,828	1.001,307	173,457	0	182,979
BC1 solo-FFCC Pesimista	59,177	943,963	69,204	0	364,968
BC1 solo-FFCC Optimista	20,061	800,134	510,861	0	35,831
LL1 solo	19,972	985,042	0	403,114	25,645
PE1 solo	38,569	940,502	0	0	469,153
Todos	100,042	932,118	69,390	372,670	27,782
AN2, BC y LL1-Peajes Base	103,607	917,777	69,365	386,153	24,883
AN2, BC y LL1 - Sin Peajes	96,000	922,317	62,758	377,614	20,658
AN2, BC y LL1 - Peajes Altos	80,129	977,075	132,895	238,874	49,385
Variaciones de TMDA por reasignación de demanda por Cristo Redentor					
No mejoras	108	(961)	0	0	1,032
AN1 solo	437	(849)	0	0	694
AN2 solo	725	(866)	0	0	426
CR1 solo	110	(862)	0	0	1,031
BC1 solo-FFCC Base	62	(463)	214	0	350
BC1 solo-FFCC Pesimista	107	(853)	184	0	840
BC1 solo-FFCC Optimista	0	0	0	0	0
LL1 solo	0	0	0	0	0
PE1 solo	51	(961)	0	0	1,094
Todos	0	0	0	0	0
AN2, BC y LL1-Peajes Base	0	0	0	0	0
AN2, BC y LL1 - Sin Peajes	0	0	0	0	0
AN2, BC y LL1 - Peajes Altos	12	(315)	115	236	12

Fuente: Análisis del Consultor en base a resultados de la modelación

Fuente: BID-IIRSA 2012: 178

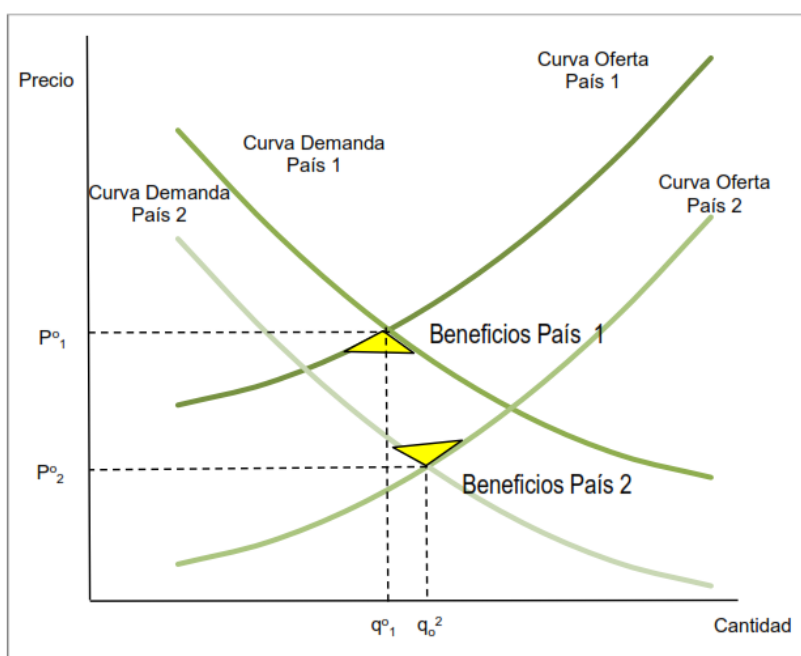
Los números negativos para Cristo Redentor implican que el paso se satura y se debe reasignar el tráfico, en su mayoría al paso de Pehuenche (90% del desvío). Agua Negra recibe el 10% de desvío.

Se observa que, en 2030 (BID-IIRSA 2012: 178), si se construye un túnel de baja altura en Cristo Redentor y un túnel en Las Leñas, el tráfico de todo tipo en Agua Negra es del orden de 103.6 mil vehículos/año. Si ninguno de los dos túneles mencionados se construye, este tráfico total en Agua Negra puede llegar a 371 mil vehículos/año (en la Tabla 10, AN1 es la alternativa descartada de pavimentar y AN2 se refiere al proyecto de túnel aprobado).

MOP-cl 2013²

Este estudio plantea estimar los beneficios de proyectos transnacionales de integración fronteriza encontrando las áreas en color amarillo de la Gráfica 2, lo cual es consistente con las alternativas de estimación por cambio de excedentes del consumidor o cambio en la asignación de recursos y en la disposición a pagar. En esencia, el estudio aplica el método de Jenkins y Kuo (2006) de estimación de beneficios.

GRÁFICA 2. BENEFICIOS DE PROYECTOS DE INTEGRACIÓN



Fuente: MOP-cl 2013: 28

Para cuantificar las ganancias relativas, se calculan las variaciones de las exportaciones e importaciones generadas por un proyecto de integración. Con ayuda

² Este estudio resume los resultados del estudio detallado MOP-ch 2009, que tiene una extensión superior a las 755 p.

de las elasticidades de oferta de exportaciones y de demanda de importaciones se llega a una expresión de la reducción de los costos de transporte y logísticos (igual al alza de precios de los bienes importados y alza de los bienes exportados).

La metodología de Jenkins y Kuo (2006) permite calcular los porcentajes de participación del total de los beneficios de los consumidores de los bienes importados en el país importador. Este porcentaje λ_m es igual al cociente entre la reducción de los precios del país importador sobre el total de las reducciones de los costos de transporte y logística o, equivalentemente, a la siguiente expresión que usa las elasticidades de oferta de exportaciones y de demanda de importaciones:

$$\lambda_m = \frac{\varepsilon_X^S}{\varepsilon_X^S - \varepsilon_m^D}$$

El estudio de tráfico (basado en un estudio de Louis Berger) modela centros de origen-destino en Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay y Brasil, así como cuatro zonas del resto del mundo (Asia-Oceanía, Costa Este de Estados Unidos, Costa Oeste de Estados Unidos y Europa-África).

La distribución de viajes se realizó con ayuda de un modelo gravitacional. Los escenarios de crecimiento del PIB se presentan en la Tabla 11.

TABLA 11. CRECIMIENTO PROYECTADO DEL PIB

País	Pesimista	Base	Optimista
Argentina	3%	4%	5%
Chile	3,5%	5%	6,5%

Fuente: Berger, Citeco

Fuente: MOP-cl 2009: 2-45

La carga inducida se modela con un estudio detallado (por producto individual) de los potenciales de exportación e importación entre Argentina y Chile, en los sectores silvo-agropecuario, minero y de industria manufacturera (exportaciones chilenas), y teniendo en cuenta el intercambio con las cuatro zonas del resto del mundo, teniendo en cuenta todos los costos de las cadenas logísticas.

El estudio realizó además encuestas de preferencias declaradas sobre rutas en San Juan, Córdoba (Argentina) y en La Serena para turismo, y realizó entrevistas a empresas de carga en ambos países. En balance, en el escenario más probable (MOP-cl 2009: 9-108 y 109):

“las principales cargas que podrían movilizarse por el paso Agua Negra son exportaciones de uva en fresco y otras cargas provenientes de San Juan, donde el puerto de Coquimbo puede resultar una alternativa adecuada y contar con servicios navieros suficientes. Otras cargas movilizables por el paso son envíos de cal desde San Juan para cubrir el 50% de los requerimientos de las regiones III y IV, y el envío de algunos insumos para la minería de San Juan, para aquellos yacimientos que se localizan directamente sobre el eje del corredor (Veladero, Casposo, Pascua Lama y Gualcamayo). En el sector turismo se espera una inducción de tráfico por la menor distancia al litoral de la IV Región y se asumen tasas de crecimiento promedio.”

Se usaron los costos logísticos para el transporte de carga y los costos de transporte para transporte de pasajeros en la función de distribución de viajes. Los flujos vehiculares del túnel largo (recomendado por el estudio) en el escenario probable, se presentan en la Tabla 12.

TABLA 12. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL CON TÚNEL LARGO. ESCENARIO PROBABLE

Año	Alternativa A1 (túnel corto)			Alternativa SB2 (túnel largo)		
	Veh Livianos	Camiones	Total	Veh Livianos	Camiones	Total
2014	201,0	166,7	367,7	209,6	174,9	384,5
2015	203,9	174,2	378,1	212,7	182,8	395,5
2016	206,8	182,0	388,9	215,9	191,0	406,9
2017	209,8	190,5	400,4	219,1	200,0	419,1
2018	212,8	199,5	412,3	222,4	209,4	431,8
2019	215,9	208,9	424,8	225,8	219,3	445,1
2020	219,1	218,8	437,9	229,2	229,8	459,0
2021	222,3	227,3	449,6	232,7	238,8	471,5
2022	225,6	236,1	461,7	236,3	248,2	484,5
2023	229,0	245,3	474,3	240,0	258,0	498,0
2024	232,4	254,9	487,3	243,7	268,2	511,9
2025	235,9	264,8	500,7	247,5	278,8	526,4
2026	239,5	275,2	514,6	251,5	289,9	541,3
2027	243,1	285,9	529,0	255,5	301,4	556,8
2028	246,8	297,1	543,9	259,5	313,3	572,9
2029	250,6	308,8	559,4	263,7	325,8	589,5
2030	254,5	320,9	575,4	268,0	338,8	606,8
2031	258,5	331,1	589,6	272,4	349,9	622,3
2032	262,5	341,7	604,2	276,9	361,4	638,3
2033	266,6	352,6	619,3	281,5	373,3	654,8
2034	270,9	364,0	634,9	286,2	385,7	671,9
2035	275,2	375,7	650,9	291,0	398,5	689,5
2036	279,6	387,9	667,5	295,9	411,8	707,7
2037	284,2	400,5	684,7	300,9	425,7	726,6
2038	288,8	413,6	702,4	306,1	440,0	746,1
2039	293,5	427,2	720,7	311,4	454,9	766,3
2040	298,4	441,2	739,6	316,8	470,3	787,1
2041	303,3	455,8	759,1	322,4	486,3	808,7
2042	308,4	470,9	779,3	328,1	502,9	831,0
2043	313,6	486,5	800,1	333,9	520,2	854,1
2044	319,0	502,7	821,7	339,9	538,1	878,1
2045	324,4	519,6	844,0	346,1	556,7	902,8
2046	290,9	537,1	828,0	310,6	576,0	886,6
2047	296,2	555,2	851,4	316,6	596,1	912,7
2048	301,7	574,0	875,7	322,8	617,0	939,8
2049	307,3	593,5	900,8	329,2	638,6	967,8
2050	313,0	613,8	926,8	335,7	661,2	996,9
2051	318,9	634,8	953,7	342,4	684,6	1.027,0
2052	324,9	656,7	981,6	349,3	708,9	1.058,2
2053	331,1	679,3	1.010,5	356,5	734,2	1.090,7
2054	337,5	702,9	1.040,4	363,8	760,5	1.124,3
2055	344,0	727,4	1.071,4	371,3	787,8	1.159,1
2056	350,8	752,8	1.103,6	379,0	816,3	1.195,3
2057	357,7	779,2	1.136,9	387,0	845,9	1.232,9
2058	364,8	806,6	1.171,4	395,2	876,6	1.271,9
2059	372,1	835,1	1.207,3	403,7	908,7	1.312,3

Fuente: MOP-cl 2009: 13-19

La rentabilidad social, calculada con el método del excedente del productor, se presenta en la Tabla 13 (sin demanda inducida) y en la Tabla 14 (con demanda inducida). Estos cálculos asumen inversiones de US\$ 380 millones para el túnel largo, con un valor residual de US\$ 266.05 millones a los 30 años (horizonte de evaluación); y de US\$ 535.61 para el túnel corto (que requiere inversiones más altas que el túnel largo, y que tiene un valor residual de US\$ 374 millones).

TABLA 13. RENTABILIDAD SOCIAL DEL TIPAN SIN DEMANDA INDUCIDA

	Probable/Optimista		Pesimista	
	Túnel largo	Túnel corto	Túnel largo	Túnel corto
VAN Beneficios (MMUS\$)	7,6	4,4	10,6	6,6
VAN (6% MMUS\$)	-306,7	-438,9	-309,7	-441,1
TIR (%)	-10,6%	-13,5%	-12,6%	-16,5%

Fuente: Evaluación Paso Túnel Agua Negra

Fuente: MOP-cl 2013: 91

TABLA 14. RENTABILIDAD SOCIAL DEL TIPAN CON DEMANDA INDUCIDA

	Optimista		Probable	
	Túnel largo	Túnel corto	Túnel largo	Túnel corto
VAN Beneficios (MMUS\$)	211,6	196,2	70,7	60,2
VAN (6% MMUS\$)	-105,7	-249,4	-246,6	-385,0
TIR (%)	3,1%	0,5%	-2,8%	-5,1%

Fuente: Evaluación Paso Túnel Agua Negra

Fuente: MOP-cl 2013: 92

Los flujos anuales de beneficios del túnel largo en el escenario probable son de US\$ 4.83 millones/año en 2015, y llegan a US\$ 11 millones/año en 2045 (MOP-cl 2009: 12-37/38).

La Tabla 15 muestra la composición de los flujos de pasajeros (promedio diario) y de la carga (anual).

TABLA 15. COMPOSICIÓN DE LOS FLUJOS VEHICULARES EN AGUA NEGRA

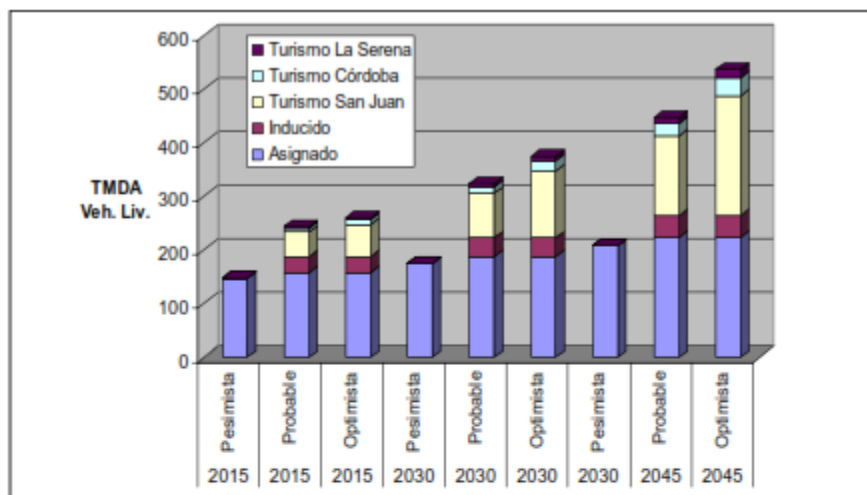
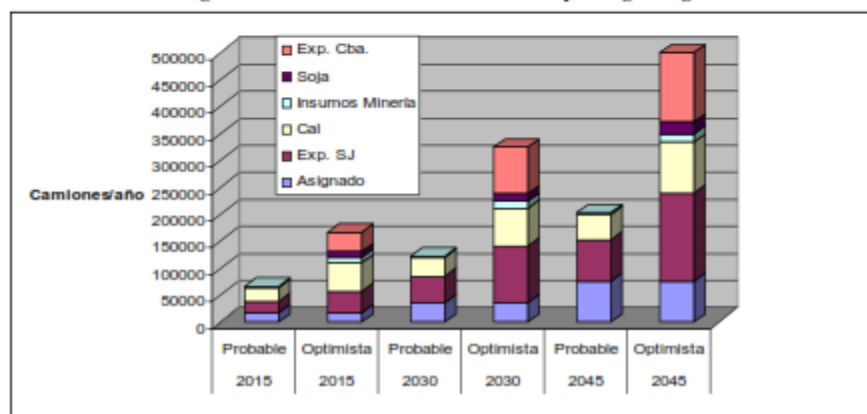


Figura 14.3-2: Tráfico anual de camiones en paso Agua Negra



Fuente: MOP-cl 2009: 14-5

UNSJ-ar 2014

Este estudio tiene una percepción optimista del área de influencia (20 millones de habitantes directa o indirectamente beneficiados” (UNSJ-ar 2014: 31), segmentos económicos de carga beneficiados, y de las tasas de crecimiento del tráfico a través del TIPAN.

Se consideran como beneficios del proyecto (UNSJ-ar 2014: 59):

“Ahorro por menores costos de operación por reducciones de tiempos de circulación, correspondientes al tránsito existente.

Ahorros que percibe el tránsito derivado al recorrido del proyecto, respecto del recorrido que actualmente realizan.

Beneficios del productor para nuevos emprendimientos económicos (que generan el tránsito inducido y generado)."

Los beneficios del productor, en el estudio, incluyen beneficios indirectos del proyecto, llamados *second-order growth effects* en la literatura de impacto económico (distinta a la de costo-beneficio), como se muestra más abajo.

El estudio presenta una zonificación que incluye las redes viales de Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, Bolivia y Perú.

Los beneficios directos calculados se proyectan con una tasa de crecimiento del 5% anual hasta 2015, y de 3% en adelante.

Los beneficios incorporados incluyen no sólo los beneficios directos del proyecto (exportación/importación), sino los asociados a la producción minera y turismo. En el caso de la minería, se asume que:

"Al igual que en el caso de los beneficios por incrementos de comercio, se va a considerar que el valor agregado (el excedente del productor) en este incremento de la producción será de 10% (...), y que este beneficio por excedente es atribuible en un 50% al Túnel de Agua Negra y un 50% a otras obras."

En el caso del turismo, se incluyen como beneficios sociales el gasto de las de pernoctaciones de los turistas no-residentes chilenos. Los beneficios se proyectan con las mismas tasas de crecimiento de los beneficios directos.

Los tráficos vehiculares (TPDA) proyectados en el TIPAN se presentan en la Tabla 16.

TABLA 16. TRÁFICOS (TPDA) PROYECTADOS PARA EL TIPAN

Años	Autos y Camionetas			Omnibus			Camiones			Total
	Existente y derivado		Gene- rado	Existente y derivado		Gene- rado	Existente y derivado		Gene- rado	
	Modelo regional	Modelo Marítimo		Modelo regional	Modelo Marítimo		Modelo regional	Modelo Marítimo		
2015	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25
2016	26	0	0	0	0	0	0	0	0	26
2017	27	0	0	0	0	0	0	0	0	27
2018	28	0	0	0	0	0	0	0	0	28
2019	29	0	0	0	0	0	0	0	0	29
2020	30	0	0	0	0	0	0	0	0	30
2021	31	0	0	0	0	0	0	0	0	31
2022	32	0	0	0	0	0	0	0	0	32
2023	433	0	15	24	0	0	697	367	13	1549
2024	446	0	15	25	0	0	718	378	26	1608
2025	459	0	16	25	0	0	739	389	26	1656
2026	473	0	16	26	0	0	762	401	26	1704
2027	487	0	17	27	0	0	784	413	41	1770
2028	502	0	17	28	0	0	808	425	57	1838
2029	517	0	18	29	0	0	832	438	73	1907
2030	533	0	18	30	0	0	857	451	91	1980
2031	549	0	19	30	0	0	883	465	93	2039
2032	565	0	20	31	0	0	909	479	95	2099
2033	582	0	20	32	0	0	937	493	97	2161
2034	599	0	21	33	0	0	965	508	99	2225
2035	617	0	21	34	0	0	994	523	102	2292
2036	636	0	22	35	0	0	1024	539	104	2360
2037	655	0	23	36	0	0	1054	555	106	2429
2038	675	0	23	37	0	0	1086	572	109	2502
2039	695	0	24	39	0	0	1118	589	111	2576
2040	716	0	25	40	0	0	1152	607	114	2653
2041	737	0	26	41	0	0	1187	625	116	2731
2042	759	0	26	42	0	0	1222	644	119	2812
2043	782	0	27	43	0	0	1259	663	122	2896
2044	806	0	28	45	0	0	1297	683	125	2982

Fuente: UNSJ-ar 2014: 93

La Tabla 17 presenta los flujos de beneficios anuales del TIPAN. El modelo ultramar incluye las estimaciones realizadas en el modelo hacia países fuera de Suramérica.

TABLA 17. FLUJO DE BENEFICIOS DIRECTOS E INDIRECTOS DEL TIPAN (US\$)

Año	Beneficios por derivación		Beneficios por incremento de:				Totales Anuales
	Modelo Regional	Modelo Ultramar	Comercio Exterior	Turismo en Argentina	Turismo en Chile	Actividades Mineras	
2023	72 504 455	56 969 666	0	8 565 007	1 467 243	0	139 506 371
2024	74 679 589	58 678 756	0	8 821 957	1 511 260	5 745 429	149 436 991
2025	76 919 976	60 439 119	0	9 086 616	1 556 598	11 490 858	159 493 167
2026	79 227 576	62 252 292	0	9 359 215	1 603 296	11 490 858	163 933 236
2027	81 604 403	64 119 861	4 284 069	9 639 991	1 651 394	11 490 858	172 790 576
2028	84 052 535	66 043 457	8 568 137	9 929 191	1 700 936	11 490 858	181 785 114
2029	86 574 111	68 024 761	12 852 206	10 227 066	1 751 964	11 490 858	190 920 966
2030	89 171 334	70 065 503	17 136 274	10 533 878	1 804 523	11 490 858	200 202 372
2031	91 846 474	72 167 468	17 650 362	10 849 895	1 858 659	11 490 858	205 863 717
2032	94 601 869	74 332 492	18 179 873	11 175 392	1 914 419	11 490 858	211 694 903
2033	97 439 925	76 562 467	18 725 270	11 510 653	1 971 851	11 490 858	217 701 024
2034	100 363 122	78 859 341	19 287 028	11 855 973	2 031 007	11 490 858	223 887 329
2035	103 374 016	81 225 122	19 865 638	12 211 652	2 091 937	11 490 858	230 259 223
2036	106 475 237	83 661 875	20 461 608	12 578 002	2 154 695	11 490 858	236 822 274
2037	109 669 494	86 171 731	21 075 456	12 955 342	2 219 336	11 490 858	243 582 217
2038	112 959 578	88 756 883	21 707 719	13 344 002	2 285 916	11 490 858	250 544 958
2039	116 348 366	91 419 590	22 358 951	13 744 322	2 354 494	11 490 858	257 716 581
2040	119 838 817	94 162 178	23 029 720	14 156 652	2 425 128	11 490 858	265 103 352
2041	123 433 981	96 987 043	23 720 611	14 581 351	2 497 882	11 490 858	272 711 727
2042	127 137 001	99 896 654	24 432 230	15 018 792	2 572 819	11 490 858	280 548 353
2043	130 951 111	102 893 554	25 165 196	15 469 356	2 650 003	11 490 858	288 620 078
2044	134 879 644	105 980 360	25 920 152	15 933 436	2 729 503	11 490 858	296 933 955
Totales	2 214 052 613	1 739 670 174	344 420 500	261 547 741	44 804 865	235 562 589	4 840 058 483

Fuente: UNSJ-ar 2014: 94

La Tabla 18 sintetiza los resultados de rentabilidad social del TIPAN, en AR\$ (US\$ 1 = AR\$ 7.94). Estos valores asumen una inversión de US\$ 1.297,7 mil millones.

TABLA 18. RENTABILIDAD SOCIAL DEL TIPAN (AR\$ 2013)

Indicador		
VAN 12%	(\$)	505 093 263
TIRE	%	12,98%
TIR modif. (reinv. 12%)	%	12,37%
Longitud promedio de los 2 túneles	Km	13,875
Inversión Precios de Mercado	(\$)	10 304 012 214
Inversión Precios de Cuenta	(\$)	9 020 439 800
Inversión por km, Precios de Mercado	Mill \$ / km	742,63
Inversión por km, Precios de Cuenta	Mill \$/km	650,12
Costos totales actualizados de inversión	Mill \$	4 974,698
Costos totales actualizados de Mant. y Operac.	Mill \$	340,219
Beneficios actualizados totales del proyecto	Mill \$	5 820,010
Beneficios actualizados por derivación de tránsito (Submodelos Regional y Marítimo)	Mill \$	4 600,704
Beneficios actualizados, incremento del turismo	Mill \$	356,484
Benef. Actualizados, incremento de comercio	Mill \$	281,936
Benef. Actualizados, nuevas actividades mineras	Mill \$	277,394
Valor residual del proyecto, actualizado	Mill \$	303,492
Relación VAN / Inversión Precio Cuenta		0,10153

Fuente: UNSJ-ar 2014: 124

2 BALANCE DE RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

- El estudio BID-IIRSA tiene una representación y pedagogía explícita de las redes de transporte relevantes al TIPAN, un método de proyección de demanda claramente construido (*logit* binomial para asignación de tráfico), una argumentación sustentada sobre la función del TIPAN en el eje Mercosur-Chile, y un alcance del TIPAN en regionalidad (San Juan-Coquimbo) y del tipo de productos de carga que se movilizarían (básicamente, minería). Las tasas de crecimiento del PIB usadas son más altas que las observadas posteriormente. No es un estudio de análisis costo-beneficio, pero alimenta un modelo de elección de inversión en infraestructura con criterios múltiples. En 2030, se proyecta un flujo total de 371 mil vehículos/año, en el escenario más optimista.
- El estudio MOP-cl 2013, y su resumen, MOP-cl 2009, usan un método de estimación clásico en análisis costo-beneficio, tasas de crecimiento de la economía en Argentina y Chile similares a las del modelo BID, un modelo detallado de las redes relevantes, un método gravitacional de asignación de tráfico, unas intuiciones sobre uso de Agua Negra sustentadas en estadísticas detalladas de producción y exportaciones por producto en cada zona relevante, y una validación con encuestas de preferencias reveladas en ciudades de Argentina y Chile, para corroborar el nivel de carga inducida. En 2030, proyecta un flujo total de 607 mil vehículos/año en el escenario probable. Los flujos anuales de beneficios son US\$ 4.83 millones/año en 2015, US\$ 5.94 millones/año en 2023, y llegan a US\$ 11 millones/año en 2045. Con una inversión total de US\$ 380 millones, el VAN (6% tasa social de descuento) es US\$ (- 246.6) millones para el túnel largo, y la TIR es (-2.8%).
- El estudio UNSJ-ar 2014 suma beneficios clásicos con impactos de segundo orden cuyas magnitudes son del tipo *educated guess*, sin referencias estadísticas. Se proyectan beneficios de estimaciones para un año base de manera exógena, con tasas anuales de crecimiento del 5% hasta el 2015, y luego del 3%. En 2030, se proyecta un TPDA de 1980 vehículos/día, que equivale a 723 mil vehículos/año. Los flujos anuales de beneficios (incluyendo beneficios indirectos) son de US\$ 140 millones/año en 2023, US\$ 200 millones/año en 2030, y llegan a US\$ 297 millones en 2044. Con una inversión total de US\$ 1298 millones, el VAN (12% tasa de descuento) es US\$ 505 millones, y la TIR es 12.37%.

En opinión de este consultor, los estudios MOP-cl 2013 y 2009 se ajustan mejor, por metodología y enfoque empírico, al potencial real de tráfico y a la medición de beneficios del TIPAN, y es comparable al estudio BID-IIRSA 2012 en entendimiento y caracterización de las funciones y alcance del TIPAN.

3 EJERCICIOS DE ORDEN DE MAGNITUD

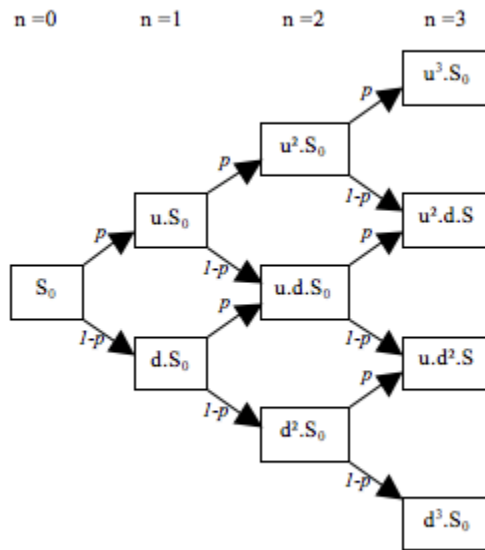
OPCIONES REALES

La tasa promedio de crecimiento (entre 2005 y 2013) del valor de las exportaciones y del turismo entre Argentina y Chile por pasos fronterizos fue 3.95% anual, y la volatilidad promedio anualizada de estos valores fue $\hat{\sigma} = 6.04\%$ (cálculos monetarios propios, usando los datos de tráfico de Sicra 2014).

Si los beneficios anuales siguieran un movimiento browniano geométrico, los parámetros para construir un árbol binomial discreto de este proceso son U de crecimiento en un período dt , y D de decrecimiento en un período dt (Guthrie 2009: 268), de la siguiente manera, y como se muestra en la Gráfica 3:

$$U = e^{\hat{\sigma}\sqrt{dt}}, \quad D = e^{-\hat{\sigma}\sqrt{dt}}$$

GRÁFICA 3. ÁRBOL BINOMIAL DE TRES PERÍODOS



$$p = \frac{e^{rt/n} - d}{u - d}$$

$$u = e^{\sigma \sqrt{t/n}}$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{t/n}}$$

El último presupuesto de CAPEX del TIPAN es de US\$ 1500 millones. El valor inicial de beneficios que debería darse para cubrir totalmente este CAPEX en 30 años sería de US\$ 47 millones, creciendo anualmente al factor $U = 1.064$, y usando una tasa de descuento social del 6%. Este nivel del US\$ 47 millones en el año inicial es 4 veces más grande que el mayor valor observado en el año final de los estudios MOP-cl 2013 y 2009. La probabilidad neutral al riesgo por año es

$$p = \frac{e^{rt} - D}{D - U}$$

Usando la tasa libre de riesgo $r = 4\%$, se obtiene $p = 0.8$. La probabilidad neutral al riesgo de que el valor inicial suba anualmente con el factor U durante 30 años consecutivos es $p^{30} = 0.002$. Esta es una cota inferior a la probabilidad real de ocurrencia de este evento. El valor de beneficios anuales de partida tendría es muy alto, y la probabilidad de que los beneficios crezcan a una velocidad el doble de alta de la observada es baja.

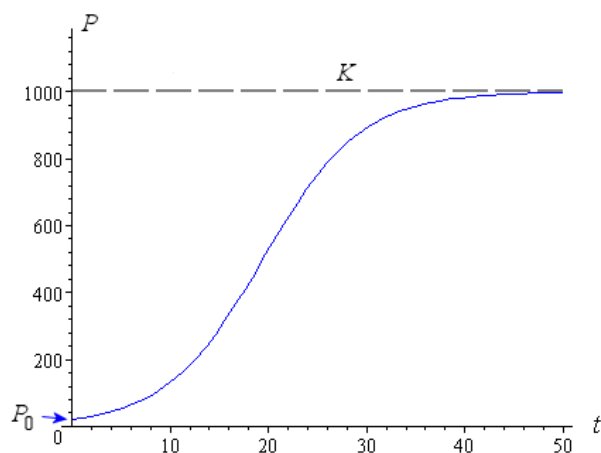
MODELO CON SATURACIÓN DE TRÁFICO

Se adapta este párrafo del Entregable 1. Sea P el total de beneficios anuales en el paso de Agua Negra. Se asume que P evoluciona así:

$$\frac{dP}{dt} = kP\left(1 - \frac{P}{K}\right)$$

donde K representa el máximo beneficio anual lograble. El comportamiento de esta ecuación se muestra en el Gráfico 5.

GRÁFICO 5. EJEMPLO DE ECUACIÓN LOGÍSTICA PARA PROYECTAR BENEFICIOS



La solución de esta ecuación es:

$$P(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-kt}}$$

donde

$$A = \frac{K - P_0}{P_0}$$

y P_0 es la condición inicial de beneficios. Tomando que la tasa k es igual a 3.95% (por simplicidad, igual a la tasa promedio observada de crecimiento del valor de los flujos

binacionales entre Argentina y Chile), y evaluando la ecuación logística en el año 30 de operación, se obtiene (año 0 es 2015; año 30 es 2045) con los datos del estudio MOP-ch 2009:

$$P(30) = 11 = \frac{K}{1 + (K - 4.83)e^{-30 \cdot (0.0395)}/4.83}$$

Despejando, se obtiene $K = 25.2$ millones. Es decir, que un modelo con saturación predeciría que los beneficios del túnel podrían llegar a US\$ 25 millones anuales en el futuro distante. Si este ya fuera el nivel de partida en el momento de la puesta en servicio del túnel, éste valor se repetiría por 30 años consecutivos, y la tasa de descuento social de descuento fuera 0%, esto implicaría que se podría recuperar la mitad (US\$ 750 millones = 30 años x US\$ 25 millones/año) del CAPEX.

Por esta razón, no se requiere aplicar la metodología de descuento gamma (de perfil decreciente a lo largo del tiempo) porque ya con una tasa de descuento social de 0% no se excede el valor del CAPEX.

CONCLUSIONES

- Las intuiciones del Entregable 1 sobre la funcionalidad y alcance del TIPAN se confirman con los valores de los estudios BID-IIRSA 2012 y MOP-ch 2013/2009.
- El TIPAN no desviaría tráfico sustancial de los pasos binacionales existentes, salvo por cierre climático (nieve) y/o eventual saturación de Cristo Redentor; generaría tráfico adicional de turismo en las provincias de San Juan (Argentina), y Coquimbo (La Serena, Chile); y fomentaría exportaciones de Córdoba y San Juan (esencialmente, minería).
- El TIPAN no generaría tráfico sustancial del resto del Cono Sur para el comercio con Oceanía o Asia (las nuevas cargas por fuera del área de San Juan, Córdoba y Coquimbo que tengan esos destinos continuarían saliendo desde los puertos de Argentina, Brasil y Uruguay).
- Los niveles de tráfico anual y de beneficios son modestos en comparación con el CAPEX del proyecto. Los ejercicios de opciones reales y de modelos logísticos proveen elementos adicionales para confirmar que el TIPAN debe justificarse por apoyo a la integración regional entre San Juan y Coquimbo, y por mejora de la red vial del eje Mercosur-Chile, pero no por eficiencia económica.

REFERENCIAS

BID-IIRSA 2012. “Estudio Binacional de Conectividad Argentina-Chile.” ATN/OC-10847-RG Servicios de Consultoría. INFORME FINAL.

Guthrie, G. 2009. *Real Options in Theory and Practice*. New York, NY: Oxford University Press.

Jenkins, G. P. y C.-Y. Kuo. 2006. “Evaluation of the Benefits of Transnational Transportation Projects.” *Journal of Applied Economics* 9: 1-17.

Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Planeamiento de Chile (MOP-ch 2013). 2013. Informe final de Consultoría: “Análisis metodología de evaluación social de proyectos binacionales.”

Ministerio de Obras Públicas y Dirección de Planeamiento de Chile (MOP-ch 2009). 2009. “Estudio Mejoramiento Ruta 41-CH, Paso Aguas Negras, Túnel Internacional, IV Región de Coquimbo.”

Sicra, R. 2014. “Programa Pehuenche - DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PASO PEHUENCHE – INFORME FINAL. PROGRAMA DE TRABAJO ENTRE EL MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS Y LA FACULTAD DE DERECHO DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.”

Universidad Nacional de San Juan. 2014 (UNSJ-ar 2014). “Estudio de factibilidad económica del TIPAN”, preparado por la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña de la Universidad Nacional de San Juan.