



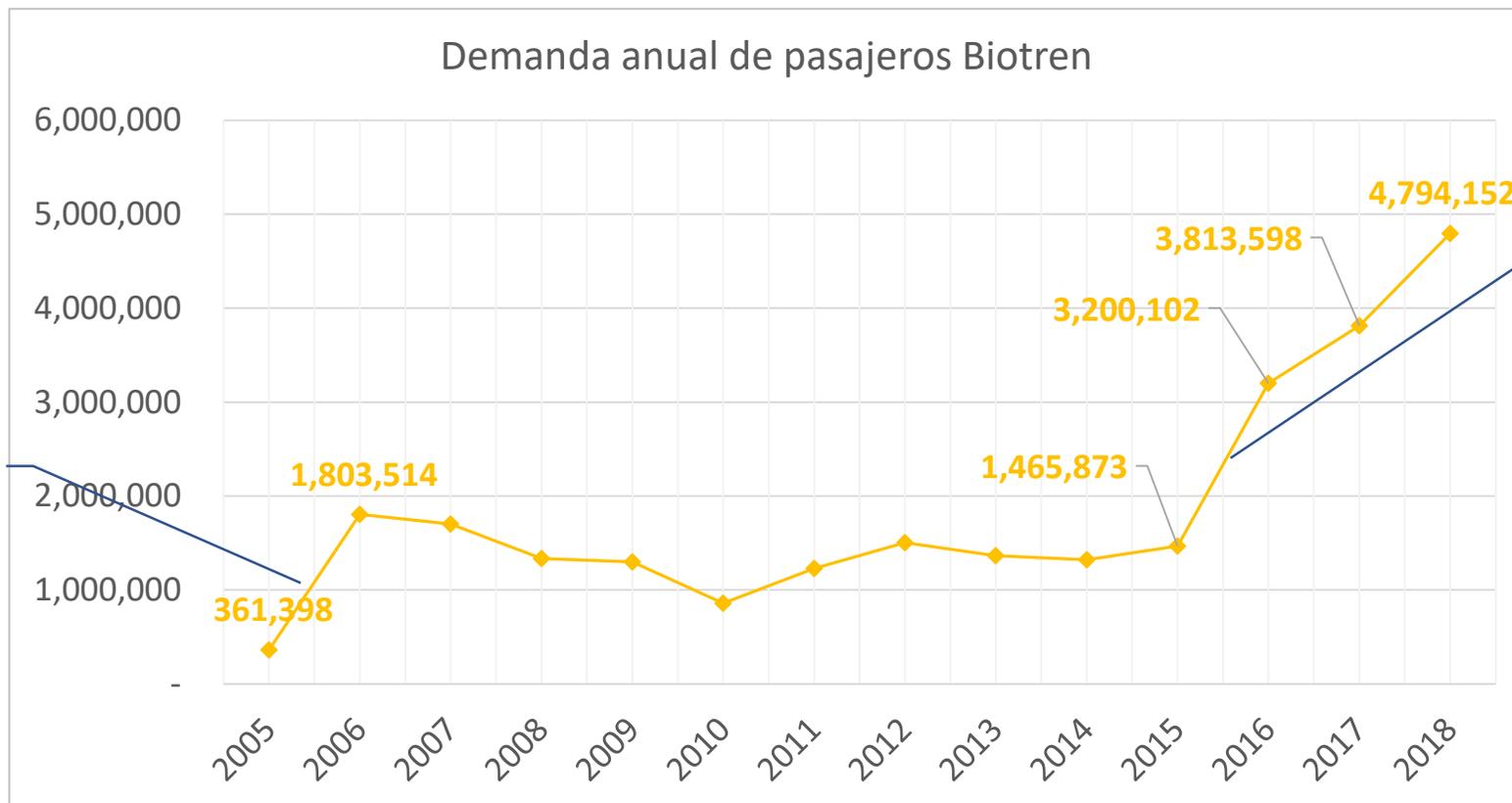
Evaluación Ex Post: Extensión Biotrén a Coronel

¿Qué es Biotrén?

- Sistema Ferroviario Metropolitano Suburbano de pasajeros del Gran Concepción.
- En 2005, bajo el proyecto Biovías, se convierte en la red estructurante del Sistema de Transporte Integrado del Gran Concepción.
- Este proyecto consideró un mejoramiento de infraestructura, material rodante refaccionado (UT 440), integración con buses (Biobus) y sistema de pago integrado.



Demanda Real Biotren



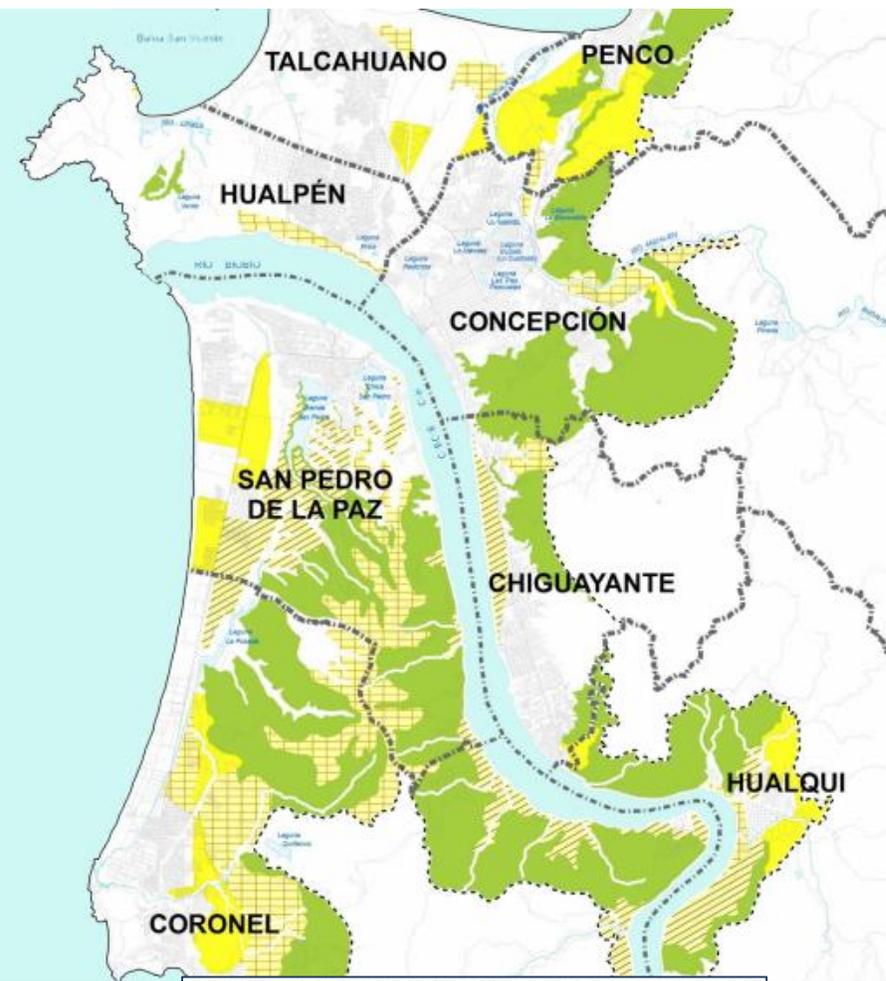
Inicio de Biovías

↑ + 400%
(2005-2006)

Extensión Biotrén a Coronel

↑ + 227%
(2015-2018)

Contexto Urbano



ZONIFICACIÓN DE EXTENSIÓN URB. PRMC 2003

- ZDC, ZONA DE DESARROLLO CONDICIONADO
- ZEHM, ZONA DE EXTENSIÓN HABITACIONAL MIXTA
- ZEHP, ZONA DE EXTENSIÓN HAB. PREFERENTE
- ZEP, ZONA DE EXTENSIÓN EN PENDIENTE



ZONIFICACIÓN ACT. PRODUCTIVA PRMC 2003

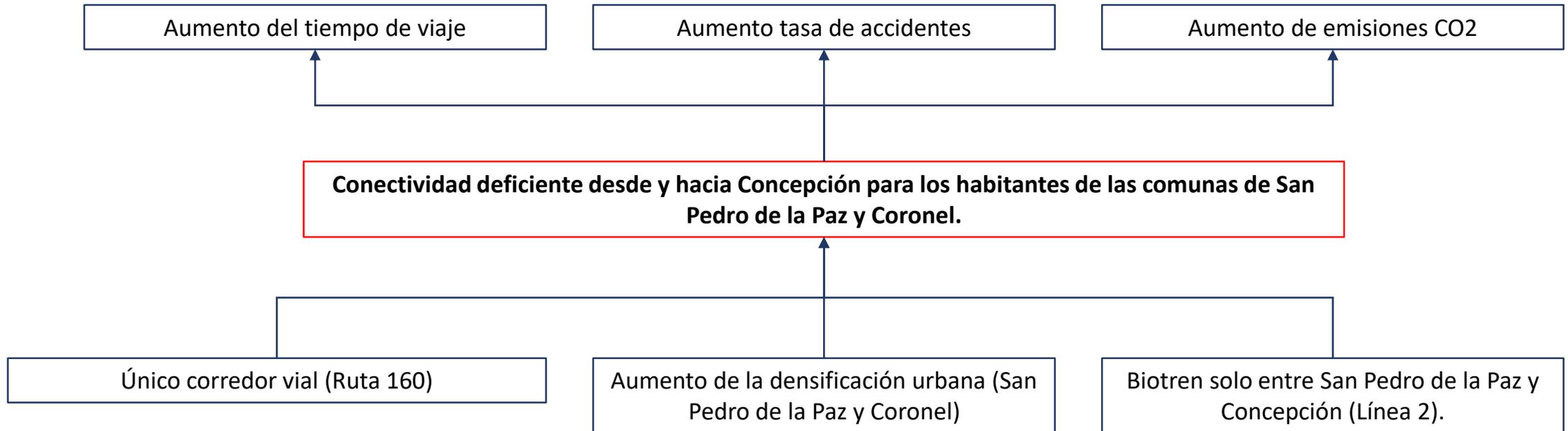
- ZAB, ZONA ALMACENAMIENTO Y BODEGAJE
- ZI, ZONA INDUSTRIAL



VIALIDAD ESTRUCTURANTE PRMC 2003

- | EXISTENTE | EXISTENTE-PROYECTADA | PROYECTADA |
|-----------|----------------------|------------|
| EXPRESA | EXPRESA | EXPRESA |
| TRONCAL | TRONCAL | TRONCAL |
| COLECTORA | COLECTORA | COLECTORA |

Árbol causa – efecto simplificado



Objetivo del proyecto

Objetivo: Mejorar la conectividad y reducir los tiempos de viaje desde y hacia Concepción de los habitantes de las comunas de San Pedro de la Paz y Coronel, como también de localidades de más al sur, como Lota y la provincia de Arauco.

Solución: Extender a estas localidades un sistema de transporte masivo de alto estándar, como es el sistema ferroviario de trenes de cercanía del Gran Concepción (Biotren), con limitaciones por el tránsito de trenes de carga y el puente Biobío.



Red Biotrén 2015 – Situación Base

	709.175 Población Beneficiada
	6 Comunas
	1.465.873 Pasajeros año
	50,2 Km de Extensión
	7 Trenes eléctricos
	18 Estaciones

Servicio L1 Talcahuano-Hualqui	Servicio L2 Lomas – Concepción
2 tren/hr	3 tren/hr
55 min	21 min
1 h 00 min	42 min
5 min	21 min

Tren sólo entre Lomas Coloradas y Concepción (18 min/tren periodo AM)



Red Biotrén 2018 – Situación con Proyecto

	825.437 Población Beneficiada
	7 Comunas
	4.794.152 Pasajeros año
	66,4 Km de Extensión
	11 Trenes eléctricos
	25 Estaciones

Servicio L1 Talcahuano-Hualqui	Servicio L2 Coronel – Concepción
2 tren/hr	4 tren/hr
55 min	42 min
1 h 00 min	1 h 30 min
5 min	48 min



Material Rodante

4 Trenes
Reacondicionados

Servicios de Apoyo

Asesorías
Inspección Técnica

Suministro de Materiales

Durmientes de Hormigón
Rieles
Desviadores

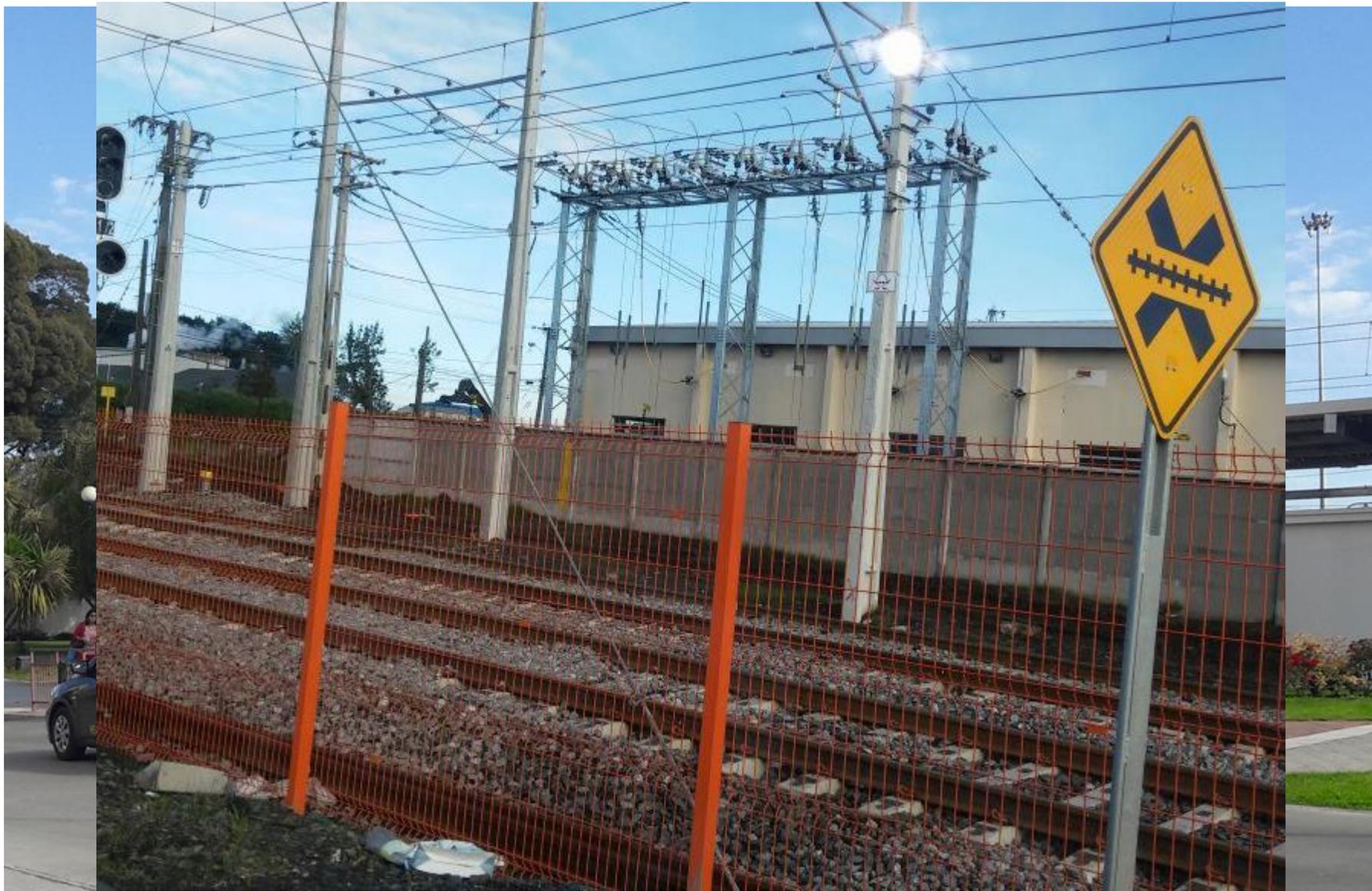
Retiro Interferencia

Desplazamiento Tuberías
Retiro de Redes Eléctricas y
comunicaciones
Demolición Paso Los Laboreos

Obras

Obras Civiles
40 kms de Vía Férrea (100 km/hr)
Electrificación
Señalización y Comunicaciones
Subestación Eléctrica (Escuadrón)
5 Cruces a Nivel Automatizados
Cruces Peatonales
Confinamiento
Construcción de 6 nuevas estaciones
Construcción Estación Intermodal Coronel
Mejoramiento de andenes existentes

Descripción de las obras



Presupuesto estimado vs real



Etapa	Partida	Total Aprobado Ficha IDI			Total Gastado (MM\$)		
		MM\$	UF	Fecha Moneda	MM\$	UF	Fecha Moneda
Diseño	Consultoría	519	23.301	31-12-2011	380	17.045	31-12-2011
	Gastos Adm	4	179	31-12-2011			
Total Diseño		523	23.481		380	17.045	
Ejecución	Obras Civiles	41.801	1.874.968	31-12-2011	4.367	191.192	31-12-2012
	Equipos	2.492	111.779	31-12-2011	30.632	1.314.145	31-12-2013
					15.337	622.763	31-12-2014
Total Ejecución		44.293	1.986.747		50.336	2.128.100	
Total		44.816	2.010.228		50.716	2.145.145	

Nota: El monto total gastado proviene de la ficha IDI 30130554 – Construcción Extensión Ferroviaria Bio Bio Coronel y corresponde a lo gastado en cada año presupuestario (desde 2013 a 2016), sin un desglose por partida ni actualización por moneda.

Indicador de costos de inversión

	UF	MM\$
Estimado	2.010.228	44.816
Real	2.145.145	50.716
IC	6,71%	13,16%

El sobrecosto de **13,16%** sobre lo estimado Ex Ante se explica por:

1. Interferencia de servicios e imprevisto: **MM\$ 2.581 aprox**
2. Mejoramiento estaciones adicionales: **MM\$ 1.088 aprox**
3. Aumento de precios de obras e incremento por variaciones de moneda: **MM\$ 2.231**

No obstante, al comparar en un mismo valor moneda el sobrecosto es de **+ 6,71%**.

Indicador de cumplimiento de plazos

Etapa	Plazo estimado Evaluación Ex Ante (meses)	Plazo Real (meses)	ICP (%)
Diseño	6	5	-16,67%
Ejecución	30	26	-13,33%
Plazo total	36	31	-13,89%

- La etapa de **Diseño**, consideró la consultoría “Ingeniería de Detalle Proyecto Extensión Biotren a Coronel”, con inicio en Jun 2013 y término en Nov 2013 (**5 meses**).
- La etapa de **Ejecución** de las obras se inició en Oct 2014 y su término fue en Dic 2016 (26 meses)
- Los plazos de cada etapa fueron menores a lo presupuestado con un ICP total de **- 13,89%**.

Evaluación Económica Ex Ante



Crterios

- 3 Cortes temporales: 2016, 2021 y 2026.
- Matriz de transporte público fija con asignación solo entre modos bus y tren.
- Metodología para la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Transporte Ferroviario (2013).
- Precios Sociales Vigentes 2013.
- Moneda Diciembre 2011.

Parámetros relevantes

- Tasa Social de Descuento: 6,0%
- Valor Social del Tiempo de Viaje Urbano: 1.498 \$/pax
- Valor Social Combustible Bus: 472,7 \$/lt
- Valor Social Lubricante Bus: 1.925 \$/lt
- Valor Social Repuesto Bus: 65.989,4 M\$/unidad
- Valor Social Neumático Bus: 206.716 \$/unidad
- Valor Social Mano de Obra: 3.213 \$/hr

Evaluación Social 2015

Año	Inversión Miles \$	Buses Miles de \$		Tren Miles de \$		Beneficio Total
		Tiempo	Operación	Tiempo	Operación	
2015	-36.189.981					-36.189.981
2016		3.460.720	2.521.831	-2.699.580	-844.063	2.438.909
2017		3.593.513	2.620.628	-2.799.638	-844.063	2.570.440
2018		3.726.307	2.719.425	-2.899.697	-844.063	2.701.972
2019		3.859.100	2.818.222	-2.999.756	-844.063	2.833.503
2020		3.991.894	2.917.018	-3.099.815	-844.063	2.965.035
2021		4.124.687	3.015.815	-3.199.873	-844.063	3.096.566
2022		4.235.415	3.098.815	-3.283.237	-844.063	3.206.931
2023		4.346.143	3.181.816	-3.366.600	-844.063	3.317.295
2024		4.456.871	3.264.816	-3.449.964	-844.063	3.427.660
2025		4.567.598	3.347.816	-3.533.328	-844.063	3.538.024
2026		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2027		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2028		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2029		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2030		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2031		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2032		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2033		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2034		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2035		4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	3.648.389
2036	13.729.315	4.678.326	3.430.816	-3.616.691	-844.063	17.377.704

VAN Social (M\$)	5.634.754
TIR Social (%)	7,5%

Tipos de Evaluación Ex Post

Evaluación Ex Post Simple

Se realiza una vez **finalizada la fase de Ejecución** de la iniciativa, donde se miden los resultados en las variables de costos, tiempos y especificaciones técnicas

(CIS, 2017)

VAN Social (M\$)	4.696.798
TIR Social (%)	7,2%

Evaluación Ex Post en Profundidad

Se realiza **durante la fase de Operación** y analiza si las estimaciones Ex Ante se cumplen. Se actualizan los montos de inversión y beneficios y costos para los periodos transcurridos.

(EFE, 2019)

VAN Social (M\$)	3.580.641
TIR Social (%)	6,9%

Ajustes para Evaluación Ex Post Profundidad



Igual a Evaluación Ex Ante:

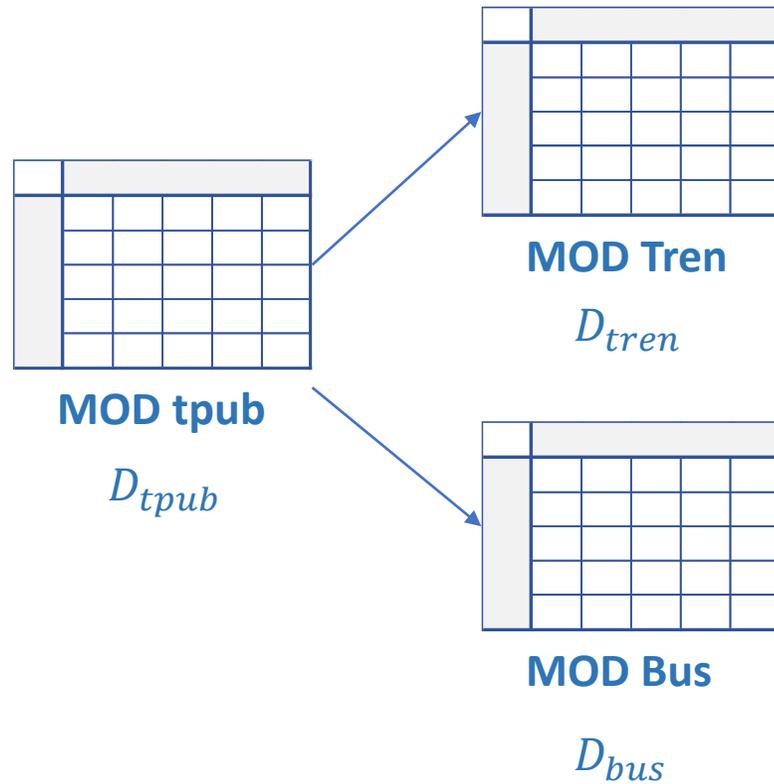
- 1. Tiempos de viaje, espera y acceso** entre cada par OD.
- 2. Costos de operación del bus.**
- 3. Precios sociales.**
- 4. Matriz de Transporte Público** por corte temporal y periodo.

Se actualizan:

- 1. Matriz OD Tren y Bus** por periodo y corte temporal, a partir de datos reales de afluencia de Biotrén.
- 2. Costo de inversión y operación del tren.**

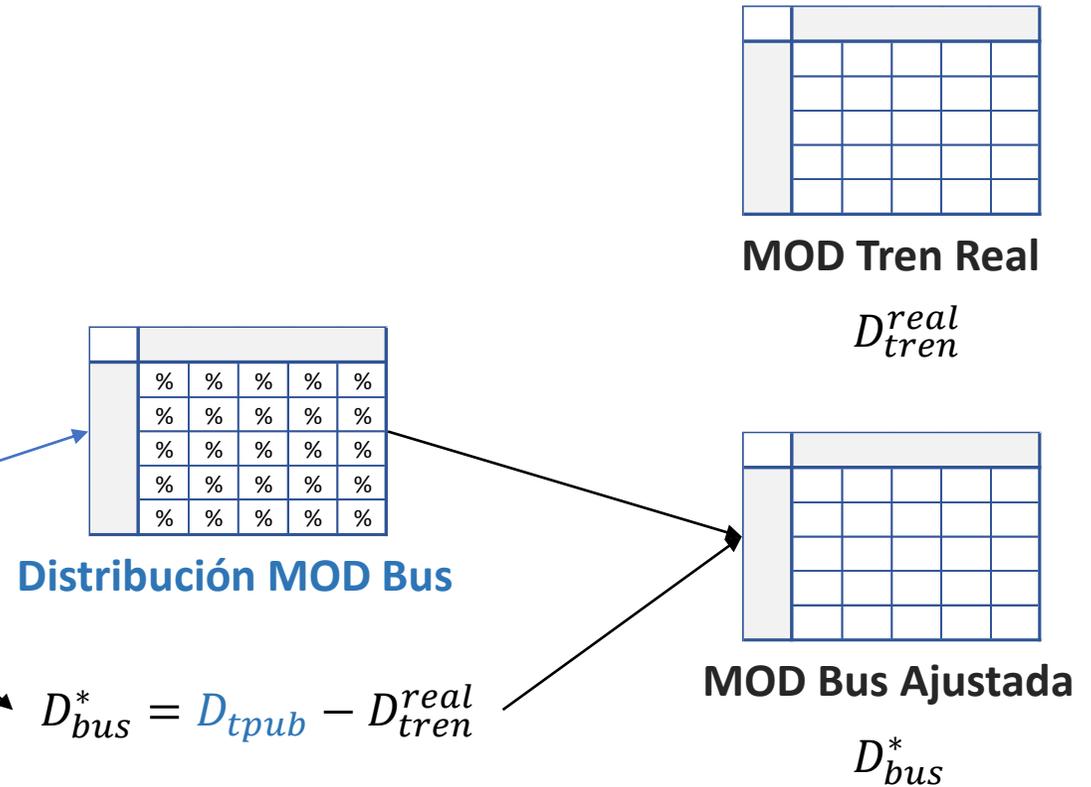
Método para actualización de demanda

Evaluación Ex Ante



$$D_{tpub} = D_{bus} + D_{tren}$$

Evaluación Ex Post



$$D_{tpub} = D_{bus}^* + D_{tren}^{real}$$

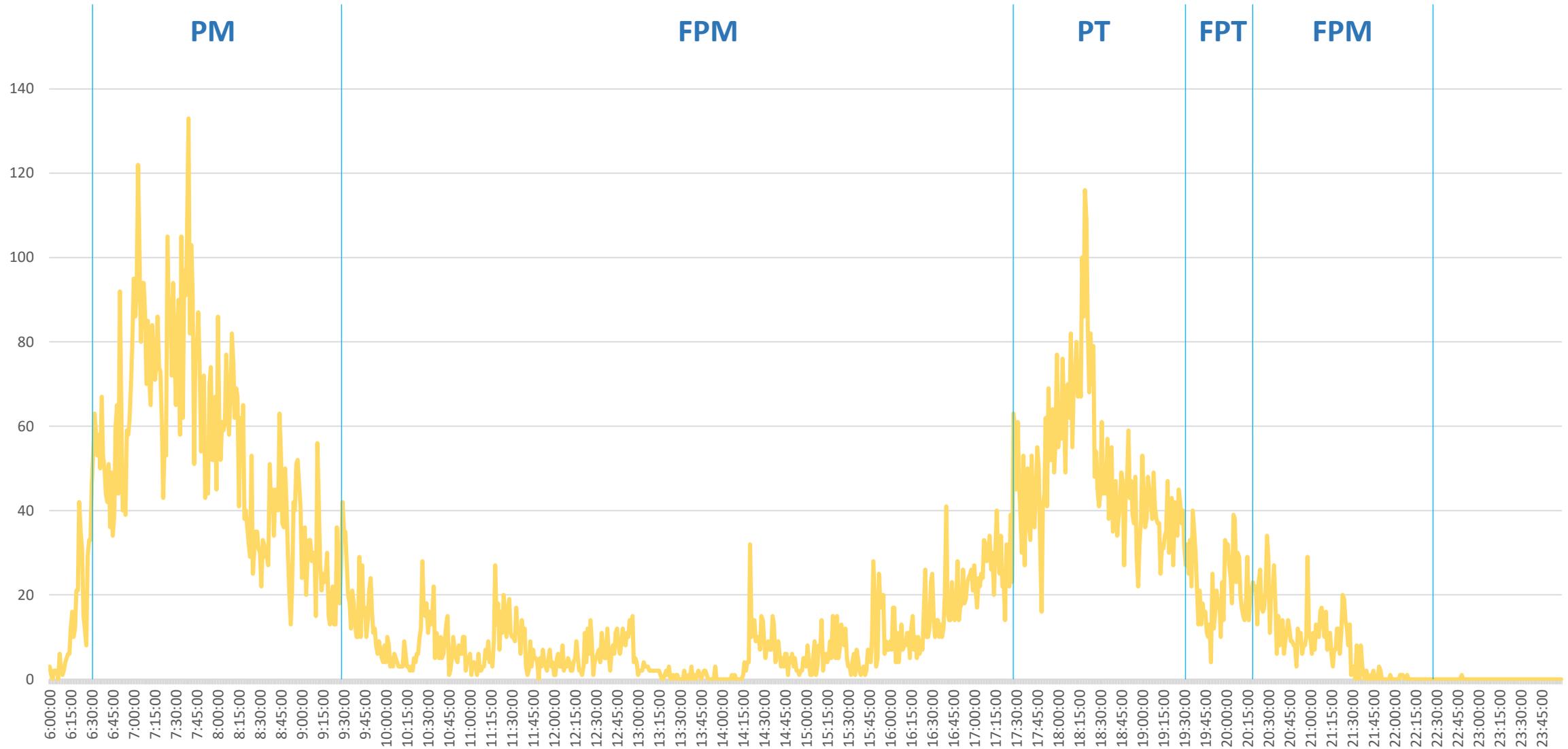
Periodización



Día	Periodo	Sigla	Horario	Horas/Día	Horas/Año	
Laboral	Punta Mañana	PM	6:30 - 9:30	3,0	747	Fact Exp Tren
	Fuera de Punta Mañana	FPM	9:30 - 17:30 / 20:15 - 22:30	10,3	2.552	
	Fuera de Punta Tarde	FPT	19:30 - 20:15	0,8	187	
	Punta Tarde	PT	17:30 - 19:30	2,0	498	
Total Laboral				16	3.984	
Sábado	Fuera de Punta Mañana	FPM	8:15 - 9:30 / 19:30 - 20:00	12,3	637	Fact Exp Bus
	Fuera de Punta Tarde	FPT	9:30 - 19:30	1,8	91	
Total Sábado				14	728	
Domingo	Fuera de Punta Mañana	FPM	10:00 - 22:00	12,0	624	
Total Domingo				12	624	
Total Anual						5.336

Se corrigieron los factores de expansión de día a año, considerando que hay 249 días laborales (hábiles), a diferencia de la evaluación Ex Ante que consideraba 260 días. Además, se diferencia en el factor de expansión del tren al del bus.

Afluencia Biotrén Miércoles Noviembre 2018 (pax/min)



Análisis demanda Biotrén 2016 – 2018

Demanda diaria		Distribución por periodo (%)				Demanda por periodo (pax/hr)			
Miércoles	Pax/día	PM	FPM	FPT	PT	PM	FPM	FPT	PT
16-11-2016	14.283	46%	21%	6%	28%	2.168	295	2.971	1.972
15-11-2017	17.216	46%	21%	5%	28%	2.628	344	2.829	2.443
14-11-2018	21.182	44%	24%	4%	27%	3.130	500	2.440	2.844

- La demanda de viajes diarios ha aumentado en un promedio de **22%** anual entre 2016 y 2018.
- La distribución de la demanda por periodo es relativamente similar en los tres años.
- La demanda en periodo PT (pax/hr) es equivalente a un **91%** de la demanda PM.

Partición Modal Ex Ante y Ex Post

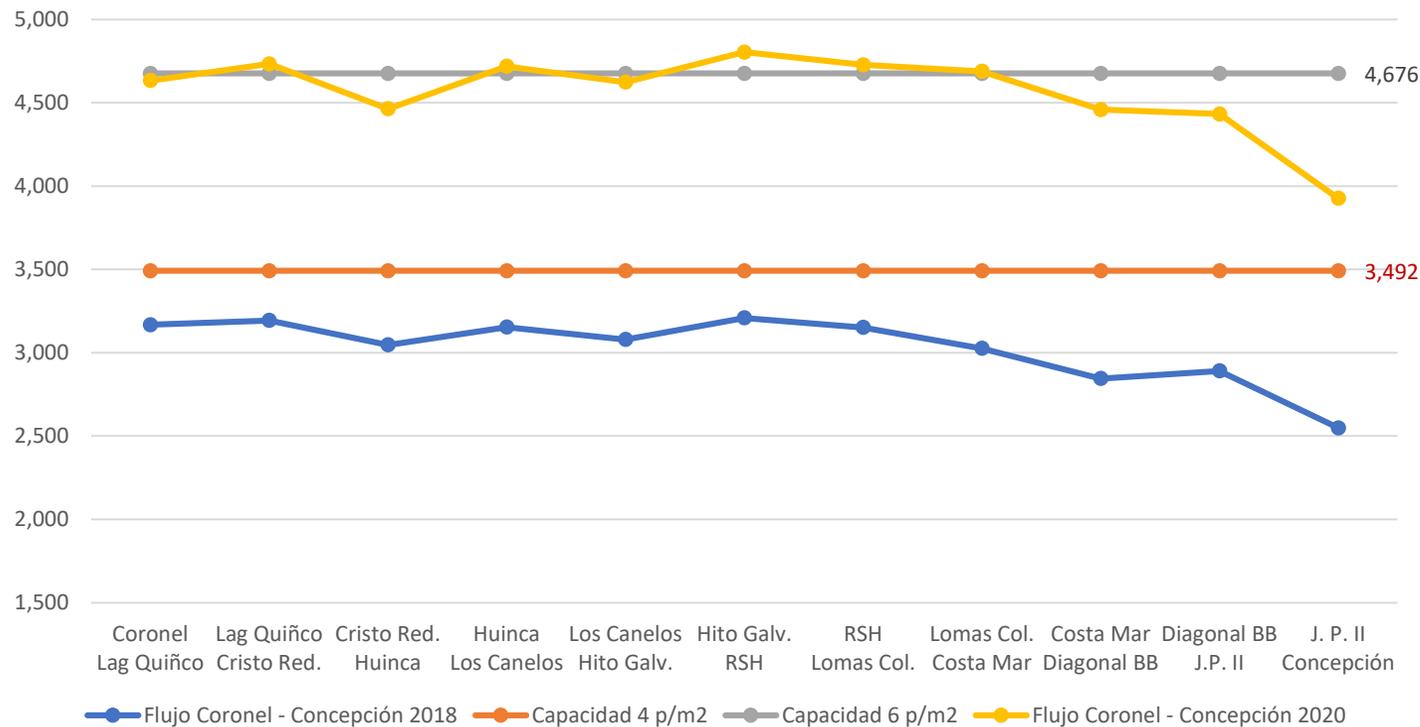
Periodo	Modo	Ex Ante			Ex Post		
		2016	2021	2026	2016	2021	2026
PM	Tren	41%			17%	40%	36%
	Bus	59%			83%	60%	64%
	Total				7.043	8.362	9.460
FPT	Tren	18%			11%	24%	25%
	Bus	82%			89%	76%	75%
	Total				4.980	5.913	6.690

- Evaluación Ex Ante obtuvo una partición modal relativamente similar en los tres cortes temporales.
- La partición modal en 2016 es baja para el tren, debido al inicio de su operación en régimen en abril 2016.
- Tasa crecimiento viajes promedio anual 2018 – 2021: 5% (PM y PT), 7% (FPT) y 13% (FPM).
- Tasa crecimiento viajes promedio anual 2021 – 2026: 0% (PM y PT, servicio saturado) y 3% (FPT y FPM).

Perfil de carga punta mañana 2018 - 2021



Perfil de carga Punta Mañana Coronel - Concepción (pax/hr)



Automotor UT 440 (2018)		
Capacidad por tren	873	p/tren
Densidad	4	p/m2
Tasa Sat Max	92%	

El crecimiento de la demanda del tren al 2021 está restringido a una TC Max OD de 35%, de lo contrario la curva supera ampliamente la capacidad de 6 p/m2 y el servicio alcanza una saturación de 145% (Oportunidad de mayor captura de demanda).

Costos Operacionales Reales Biotrén



Costos Operacionales L2 y Biotren (M\$/año)				
Proporción L2 Biotrén		2016	2017	2018
% Total servicios día		56%	69%	68%
% Total estaciones		50%	52%	52%
Costo Operacional L2	Proporcional a	2016	2017	2018
- Energía	N° Servicios	310.514	341.638	248.255
- Mantenimiento Automotores	N° Servicios	487.748	730.835	587.893
- Mantención Vías - SEC	N° Servicios	89.833	161.839	130.660
- Vigilancia Estaciones	N° Estaciones	70.573	70.573	67.858
- Personal	N° Servicios	582.615	908.982	875.532
- Estaciones	N° Estaciones	60.037	72.898	70.848
- Otros	N° Servicios	335.264	343.890	263.892
Total Costos Operacionales L2 (M\$/año)		1.936.583	2.630.656	2.244.938
Total Costos Operacionales Biotren (M\$/año)		2.895.633	3.868.506	4.056.447

- La frecuencia diaria de Concepción – Coronel (L2) aumentó desde 2016 al 2018, lo que se traduce en un aumento del costo operacional.
- En 2017, se agrega una nueva estación, El Parque, la cual se ubica entre las estaciones Costa Mar y Lomas Coloradas.
- En 2018, se agrega un servicio adicional a Hualqui – Talcahuano (L1), sumando 13 y 28 servicios al día para L1 y L2 respectivamente

Evaluación Económica Ex Post Profundidad



Criterios

- 3 Cortes temporales: 2016, 2021 y 2026.
- Costo de Inversión actualizado en base a lo efectivamente gastado (en moneda 31-dic-2011).
- Costos Operacionales de L2 Biotrén actualizados al 2016, 2017 y 2018 (en moneda 31-dic-2011).
- MOD tren y bus actualizadas en los 3 cortes temporales.
- Precios sociales 2013 (moneda 31-dic-2011).

Parámetros relevantes

- Tasa Social de Descuento: 6,0%
- Factor Social de la Inversión (promedio): 79,68%
- Factor Residual de la Inversión (promedio): 44,75%
- Factor Social del Costo Operacional (promedio, sobre valor neto): 94,5%

Evaluación Social (Moneda M\$ 31 dic 2011)						
Año	Inversión Miles \$	Buses Miles de \$		Tren Miles de \$		Beneficio Total
		Tiempo	Operación	Tiempo	Operación	
2015	-38.105.186					-38.105.186
2016		3.207.896	2.702.100	-1.582.096	-1.042.395	3.285.506
2017		4.198.088	2.807.689	-2.669.842	-1.450.928	2.885.007
2018		5.188.279	2.913.278	-3.757.588	-1.544.036	2.799.933
2019		6.178.470	3.018.866	-4.845.335	-1.544.036	2.807.966
2020		7.168.662	3.124.455	-5.933.081	-1.544.036	2.816.000
2021		8.158.853	3.230.044	-7.020.828	-1.544.036	2.824.033
2022		8.280.322	3.318.549	-7.123.563	-1.544.036	2.931.272
2023		8.401.792	3.407.053	-7.226.298	-1.544.036	3.038.511
2024		8.523.261	3.495.558	-7.329.034	-1.544.036	3.145.750
2025		8.644.730	3.584.063	-7.431.769	-1.544.036	3.252.989
2026		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2027		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2028		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2029		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2030		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2031		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2032		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2033		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2034		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2035		8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	3.360.227
2036	17.051.538	8.766.199	3.672.568	-7.534.504	-1.544.036	20.411.765

VAN Social (M\$)	3.580.641
TIR Social (%)	6,9%

Dificultades y oportunidades de crecimiento



Tráfico mixto de trenes de pasajeros y carga



Servicios saturados en periodos punta y poca frecuencia en periodos fuera de punta



Trenes superan su vida útil, lo que aumenta la tasa de falla del servicio



Estaciones de trenes alejadas de polos urbanos exigen mayor intermodalidad



Accidentes en cruces a nivel

Próximos proyectos



- Biotrén, tercer sistema ferroviario de trenes suburbanos de Chile, luego de Santiago y Valparaíso.
- Extensión a Coronel significó un aumento de 1,5 a 4,8 millones de pasajeros año.
- La inversión total fue de 50.716 millones de pesos (sobrecosto de 6,7%)
- Los plazos de diseño y ejecución fueron menores a lo presupuestado.
- Indicadores de rentabilidad social se mantienen positivos.
- Potenciales mejoras en la evaluación Ex Ante y Ex Post: calendarizar inversiones, incorporar reducción de accidentes y emisiones y beneficios para el transporte ferroviario de carga.
- Los próximos proyectos de Grupo EFE tienen por objeto ampliar los horarios de operación, mejorar nivel de servicio y aumentar la frecuencia, a modo de convertir a Biotrén en el Sistema de Transporte Público Estructurante del Gran Concepción.

Agradecimientos



- Nelson Hernández, Gerente General FESUR
- Manuel Basoalto, Gerente de Proyectos FESUR
- Cristian Cares, Analista de Gestión y Estudios FESUR
- Ricardo Montecino, Gerente de Planificación y Desarrollo EFE
- Viviana Vergini, Subgerente de Planificación y Desarrollo EFE
- CIS Consultores
- Ciprés Consultores





Evaluación Ex Post: Extensión Biotren a Coronel