



FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS[completar y subir pdf a <https://easychair.org/conferences/?conf=pitcchit18> hasta el 15 de Junio de 2017]

Presentador de la iniciativa/proyecto	
Nombre	Darío Farren – Tristán Gálvez
Empresa/Institución	EFE – CITRA Ltda.
Teléfono	+569 4422 6918
correo electrónico	dario.farren@efe.cl - tristan@citra.cl

Identificación de la Iniciativa/Proyecto	
Nombre del proyecto de ingeniería.	Estudio de Prefactibilidad Corredor Ferroviario Alameda - Talca - Chillán – Concepción
Empresa, institución o profesional(es) responsable(s) del trabajo realizado.	CITRA Ltda.
Empresa o institución para la cual se realizó el proyecto	EFE



Caracterización Iniciativa/Proyecto		
Tipo	<input type="checkbox"/> movilidad urbana <input type="checkbox"/> seguridad <input type="checkbox"/> información <input type="checkbox"/> institucionalidad	<input type="checkbox"/> logística <input type="checkbox"/> diseño vial <input type="checkbox"/> tecnología <input type="checkbox"/> otro: Movilidad Interurbana
Descripción general del proyecto	Ver ppt adjunto	
Objetivo / problema a resolver	Ver ppt adjunto	
Forma en que resuelve el problema		
Dimensiones abordadas	<input checked="" type="checkbox"/> dimensión física / ingeniería <input checked="" type="checkbox"/> dimensión económica / financiera <input type="checkbox"/> dimensión social / participativa Desarrollar:	



Etapa de estudio o implementación	
Etapa en que se encuentra	
() idea	() factibilidad/diseño
() perfil	() construcción
(x) prefactibilidad	() operación
Fecha de inicio	
Hito de inicio	
Fecha de término	
Hito de término	



Empresa de los Ferrocarriles del Estado

Estudio de Prefactibilidad Corredor Alameda-Talca-Chillan-Concepción

INFORME FINAL



Objetivo

El propósito principal del estudio es determinar la factibilidad de habilitar un

tren rápido de pasajeros
Santiago – Chillán – Concepción

incluyendo un nuevo trazado ferroviario entre Chillán y Concepción

El nuevo tren tendría tecnología convencional, con velocidad máxima de hasta 220 km/h

Se contempla además habilitar un tren regional y mejorar las condiciones del transporte de carga





Antecedentes



La vía actual Alameda – Chillán fue mejorada en los últimos años a un estándar de 160 km/h de velocidad máxima

Ello se tradujo inicialmente en una velocidad comercial de 100 km/h, que actualmente ha declinado a 80 km/h

El servicio llegó a operar con 8 frecuencias diarias por sentido, que actualmente han declinado a dos

Nunca logró autofinanciarse

La vía actual Chillán – Concepción hace un largo rodeo pasando por San Rosendo.

El largo tiempo de viaje resultante hace que el transporte por ferrocarril no sea competitivo

Los servicios por este ramal fueron discontinuados hace mucho tiempo

Hace algunos años se intentó un servicio combinado con buses hacia Concepción

Los resultados no fueron muy buenos y el servicio fue discontinuado



Contenido del estudio

Etapas:

Etapas 1: Diagnostico y Situación Base Proyectada

Etapas 2: Estudio de demanda, determinación del Nivel de Servicio y Alternativas de Evaluación

Etapas 3: Establecer el Modelo Operacional

Etapas 4: Inversiones en infraestructura y Sistemas

Etapas 5: Inversiones en Material Rodante

Etapas 6: Análisis Impactos Ambientales e inversiones en medidas de Mitigación y/o Remediación

Etapas 7: Modelo de Costo Operacional

Etapas 8: Evaluación Social y Privada

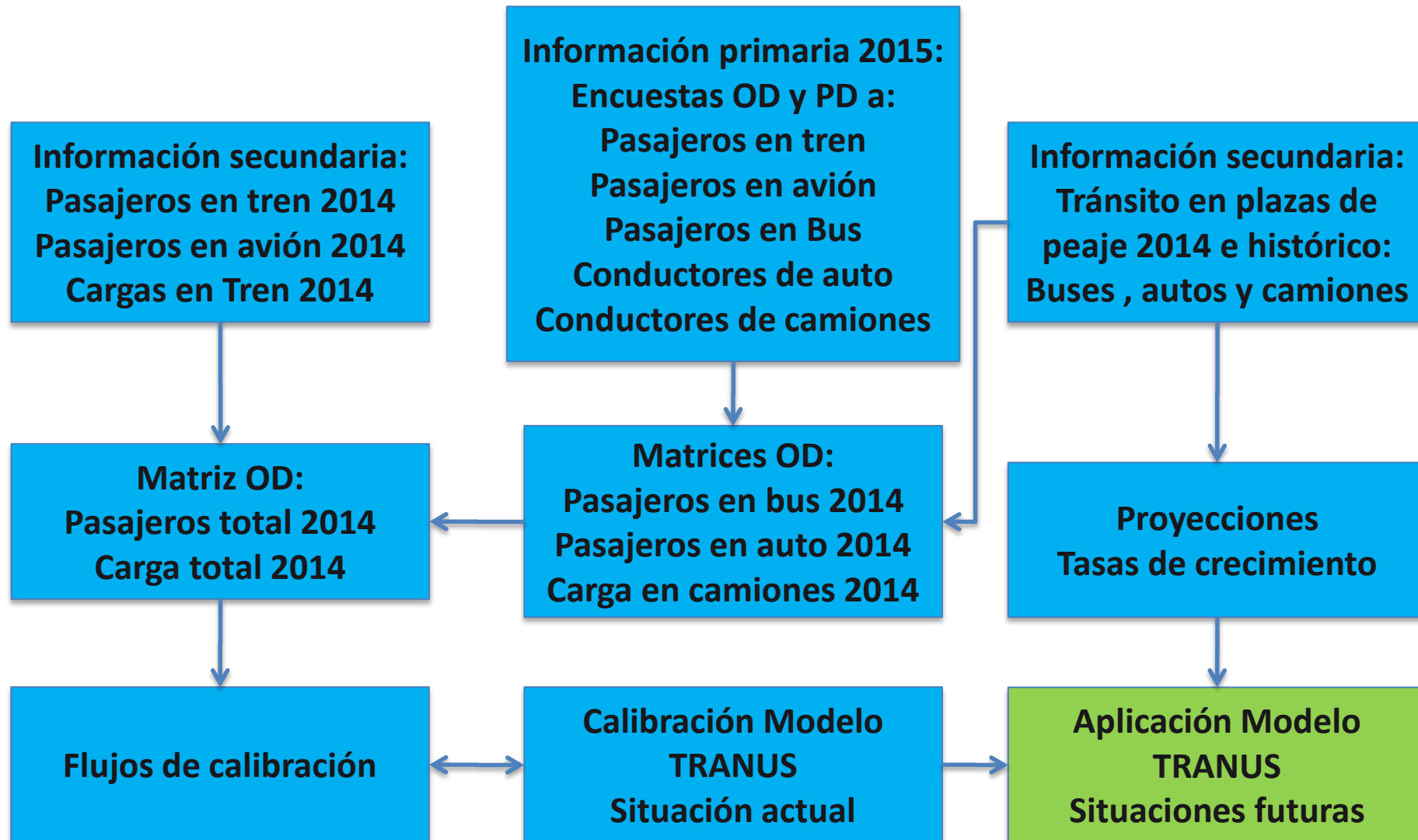
Etapas 9: Informe Final y Conclusiones



ESTUDIO DE DEMANDA



Metodología general estudio de demanda





Se desarrolló un extenso trabajo de campo, con más de 16.000 encuestas

Origen Destino

Medición	Total	Válidas	%
Tren	678	678	100%
Auto	3887	3700	95%
Bus	3575	3338	93%
Avión	689	678	98%
Camión	3771	3635	96%
Total	12600	12029	95%

Preferencias declaradas

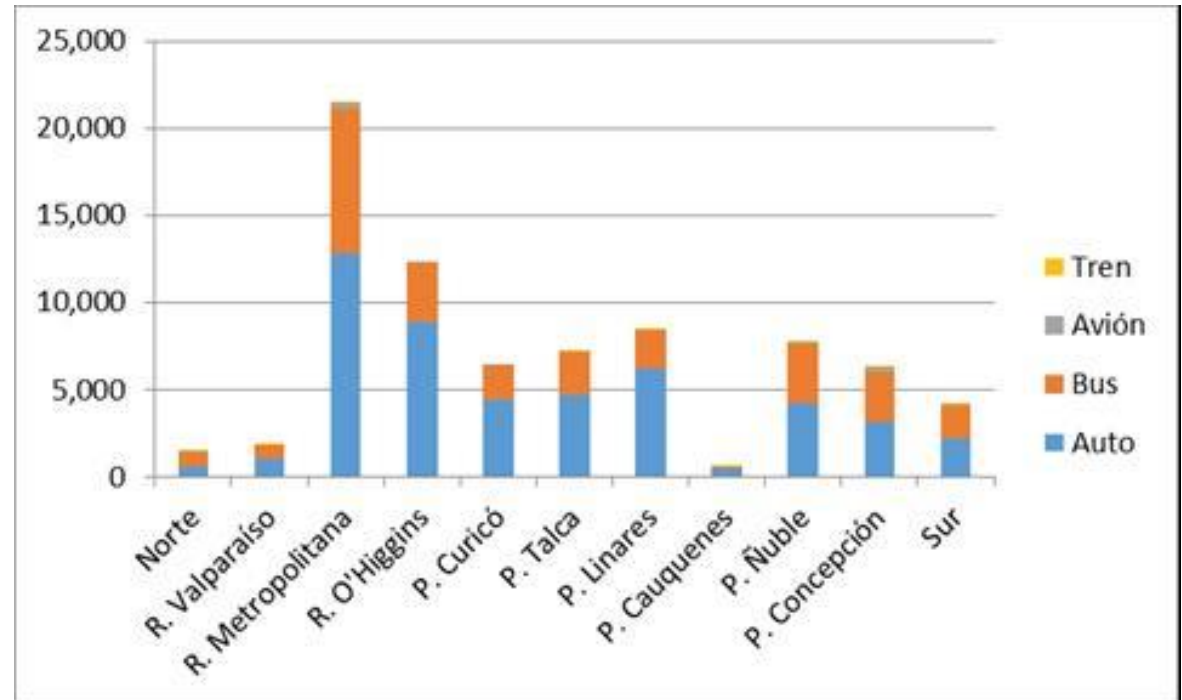
Modo	Total	Válidas	%
Auto	1619	1172	72%
Avión	336	220	65%
Bus	1252	1002	80%
Tren	344	269	78%
Total	3551	2663	75%



Generación / Atracción de viajes por macrozona y modo de transporte, año 2014

Se supone que la matriz OD es simétrica

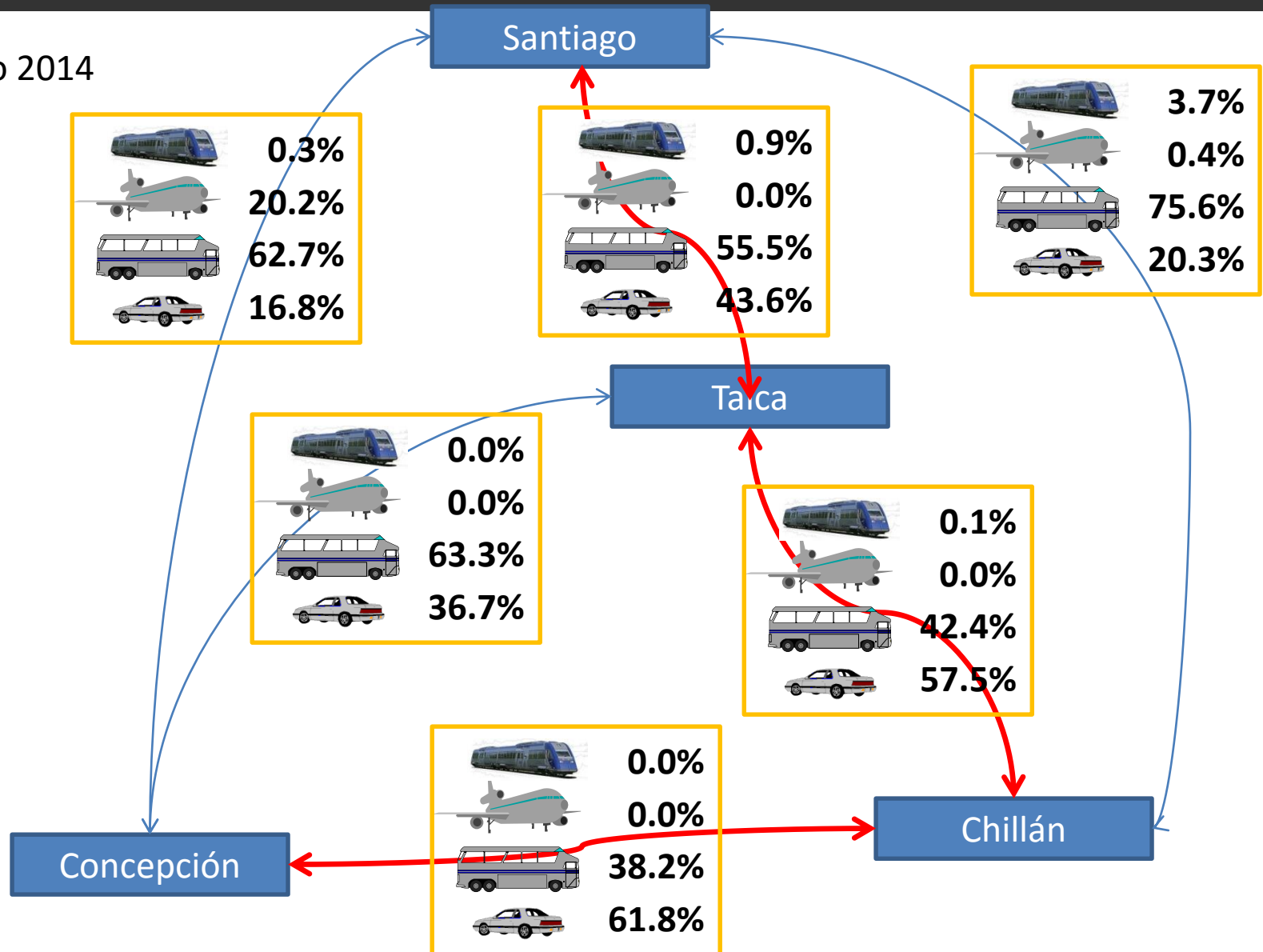
Cifras en pasajeros/año









Partición modal en principales pares OD

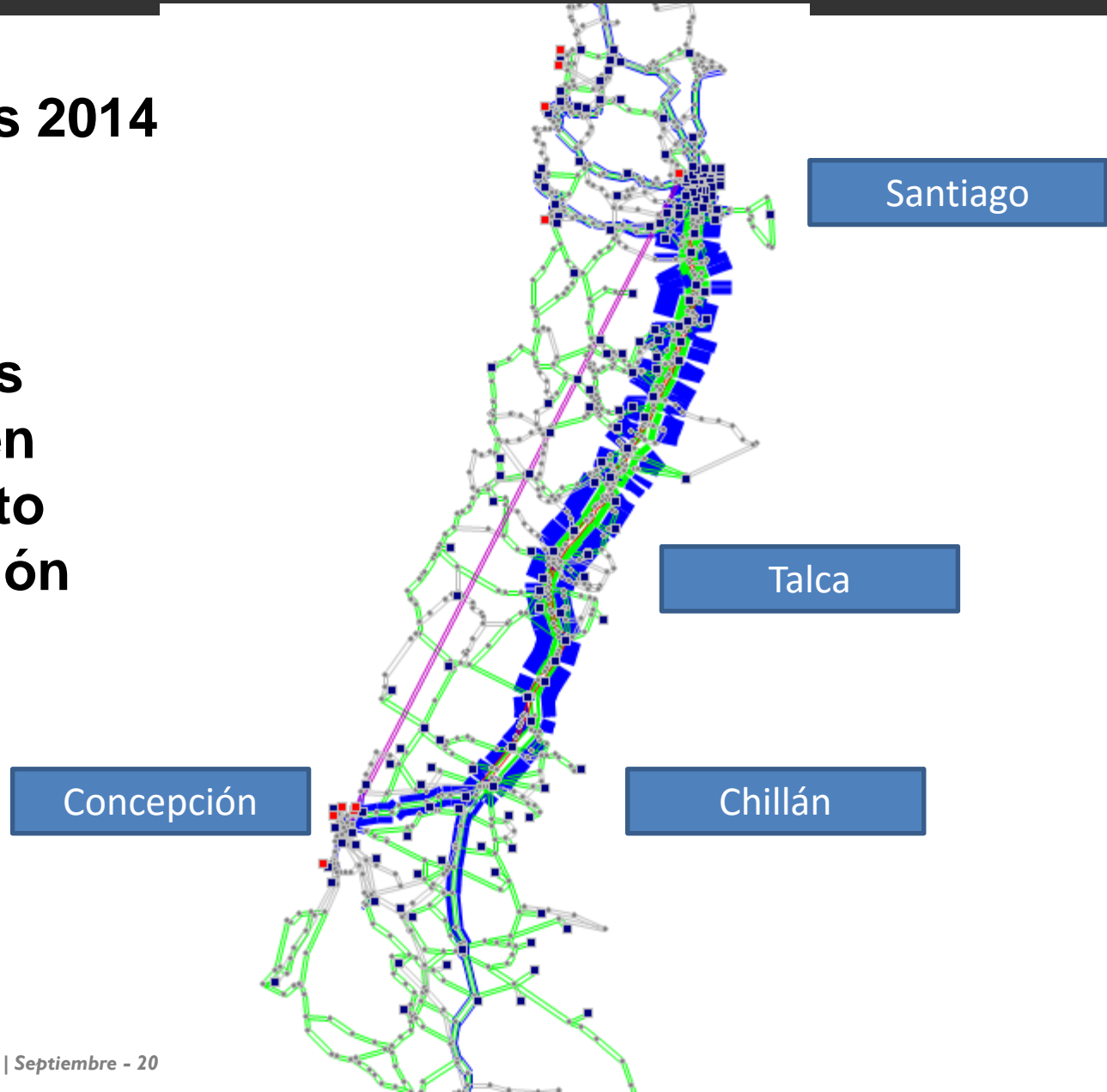
Año 2014





Pasajeros 2014 Pax/año

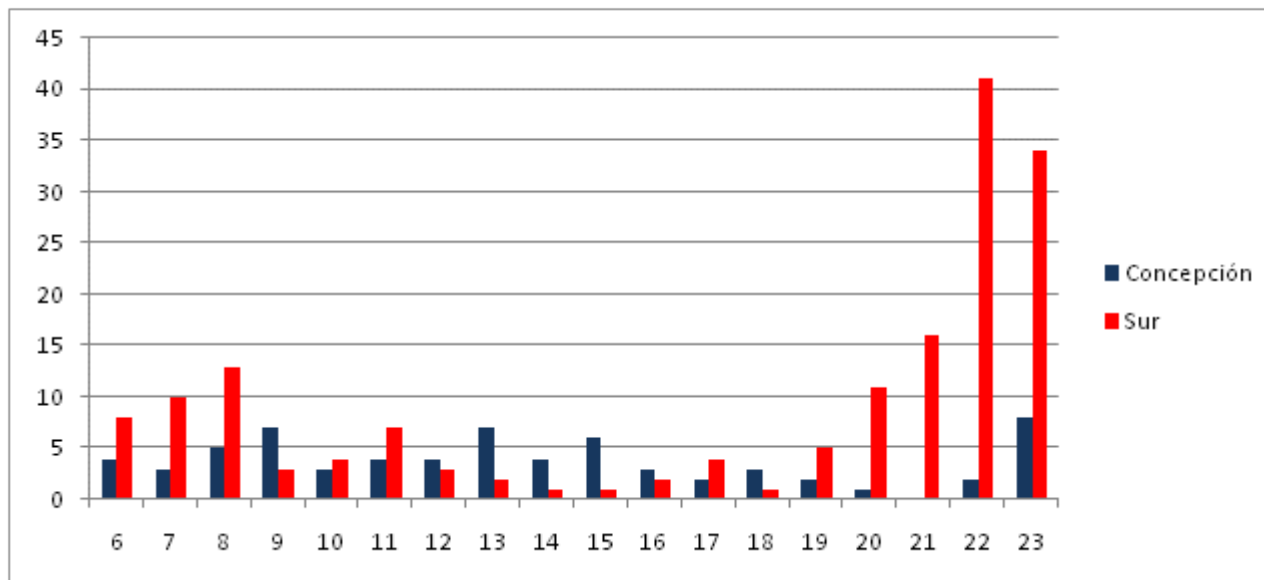
-  Bus
-  Tren
-  Auto
-  Avión



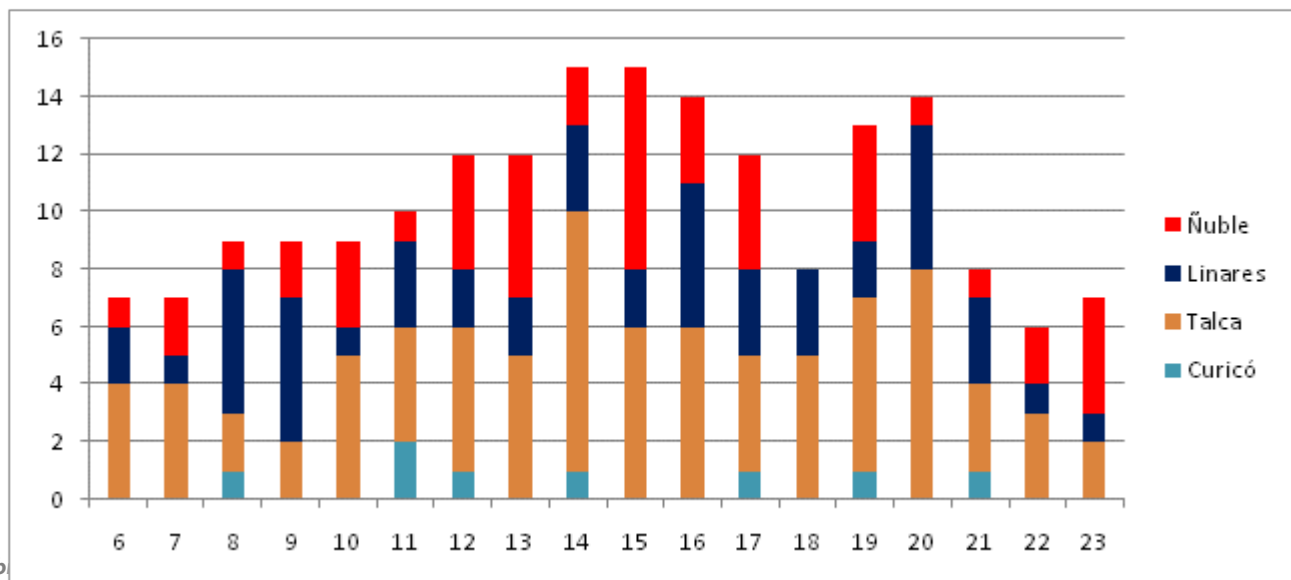


Horarios de viaje

Salidas de buses de terminales de Santiago según horario y destino final

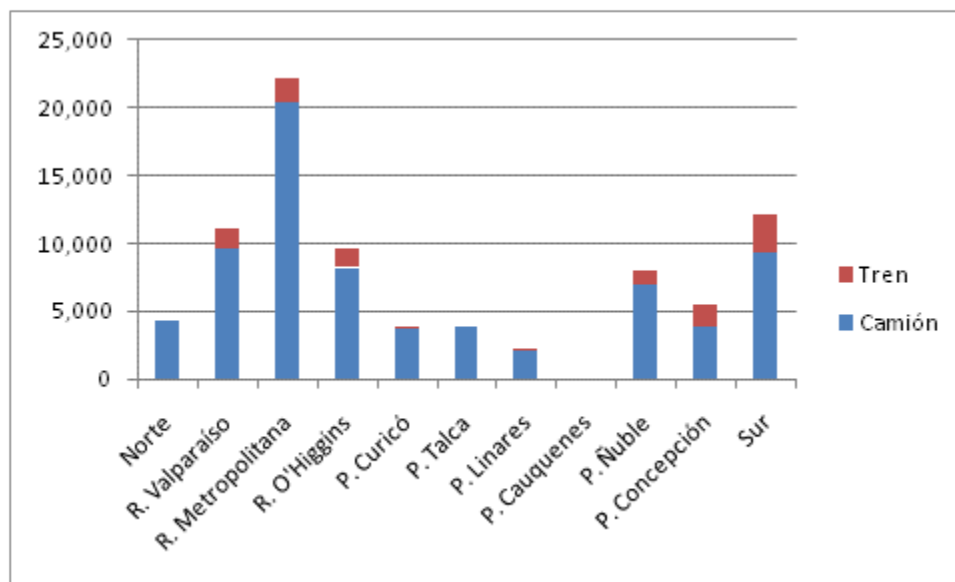


En los mercados de interés no hay concentraciones relevantes en ciertos períodos



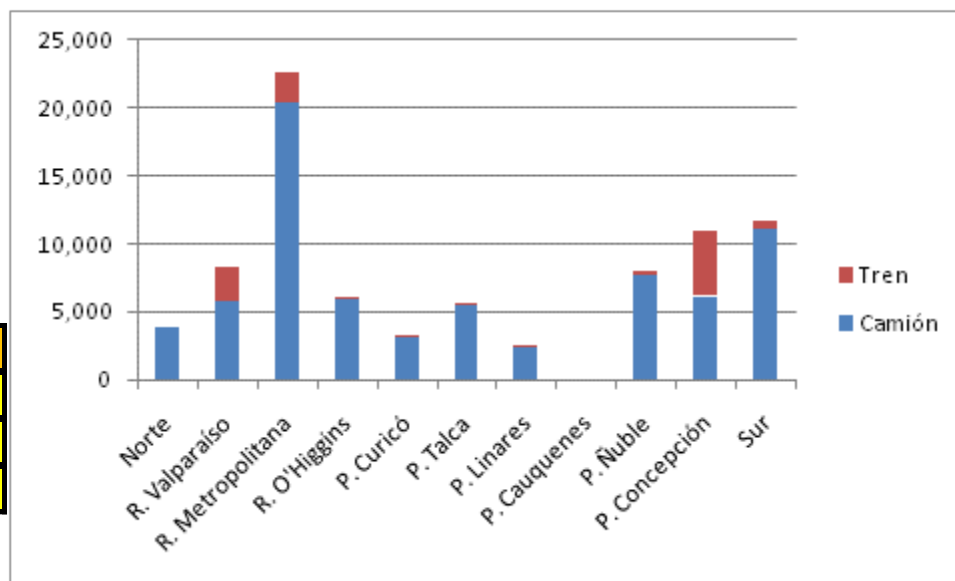


Generación de carga por macrozona y modo 2014 (miles de toneladas / año)



Atracción de carga por macrozona y modo 2014 (miles de toneladas / año)

Modo	2017	2026	2032
Camión	81.610	111.442	134.310
Tren	11.308	14.780	17.208
Total	92.917	126.222	151.518





Se ajustó una regresión entre flujos y PIB que entregó las siguientes elasticidades:

Pasajeros: 1,178 Carga: 0,962

Fueron consideradas tres proyecciones del PIB

PIB HACIENDA, PIB OCDE y PIB FMI

**Factores de
crecimiento
pasajeros**

AÑO	Tendencial	Optimista	Pesimista
	PIB HACIENDA	PIB OCDE	PIB FMI
2014	1,0000	1,0000	1,0000
2017	1,1186	1,1288	1,1060
2026	1,6359	1,6930	1,5748
2032	2,0544	2,2266	1,9529

**Factores de
crecimiento
carga**

AÑO	Tendencial	Optimista	Pesimista
	PIB HACIENDA	PIB OCDE	PIB FMI
2014	1,0000	1,0000	1,0000
2017	1,0962	1,1044	1,0860
2026	1,4969	1,5397	1,4508
2032	1,8040	1,9276	1,7304



Se adoptó los siguientes supuestos:

El servicio Terrasur actual, luego de terminadas las obras de Rancagua Express, mantiene su nivel actual de servicio

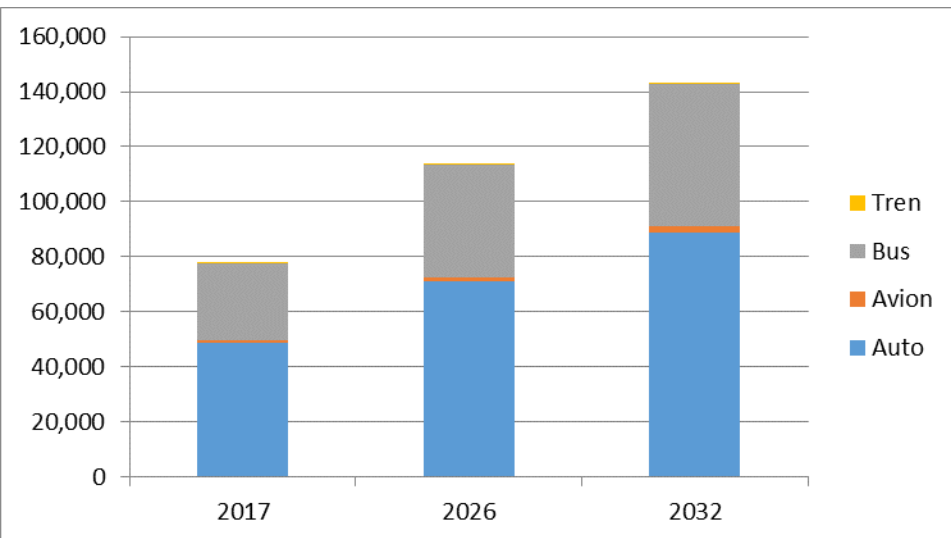
No hay cambios en los restantes modos de transporte

Las matrices de pasajeros y carga crecen según los factores de la lámina anterior

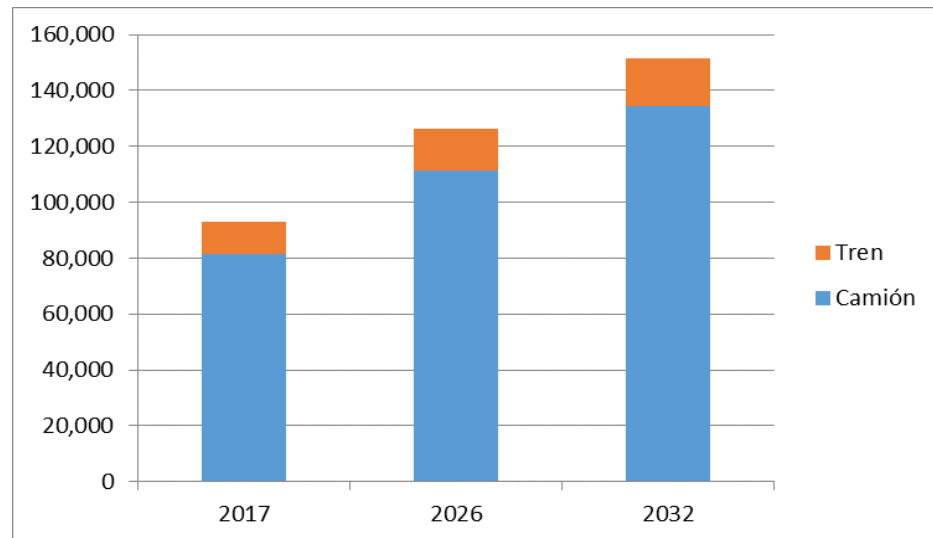
Los pasajeros y carga se reparten entre los modos según la predicción del modelo TRANUS, calibrado con el reparto actual

Proyecciones de viajes, Situación base. Escenario tendencial

Miles Pasajeros / año



Miles Toneladas / año



Modo	2017	2026	2032
Auto	48.580	70.910	88.847
Avión	991	1.516	2.102
Bus	28.087	41.199	51.909
Tren	289	452	658
Total	77.948	114.077	143.516

Modo	2017	2026	2032
Camión	81.610	111.442	134.310
Tren	11.308	14.780	17.208
Total	92.917	126.222	151.518



SITUACION CON PROYECTO



Tres alternativas de proyecto de tren rápido según velocidad máxima:

160, 200 y 220 km/h, con detenciones en Santiago, Talca, Chillán y Concepción

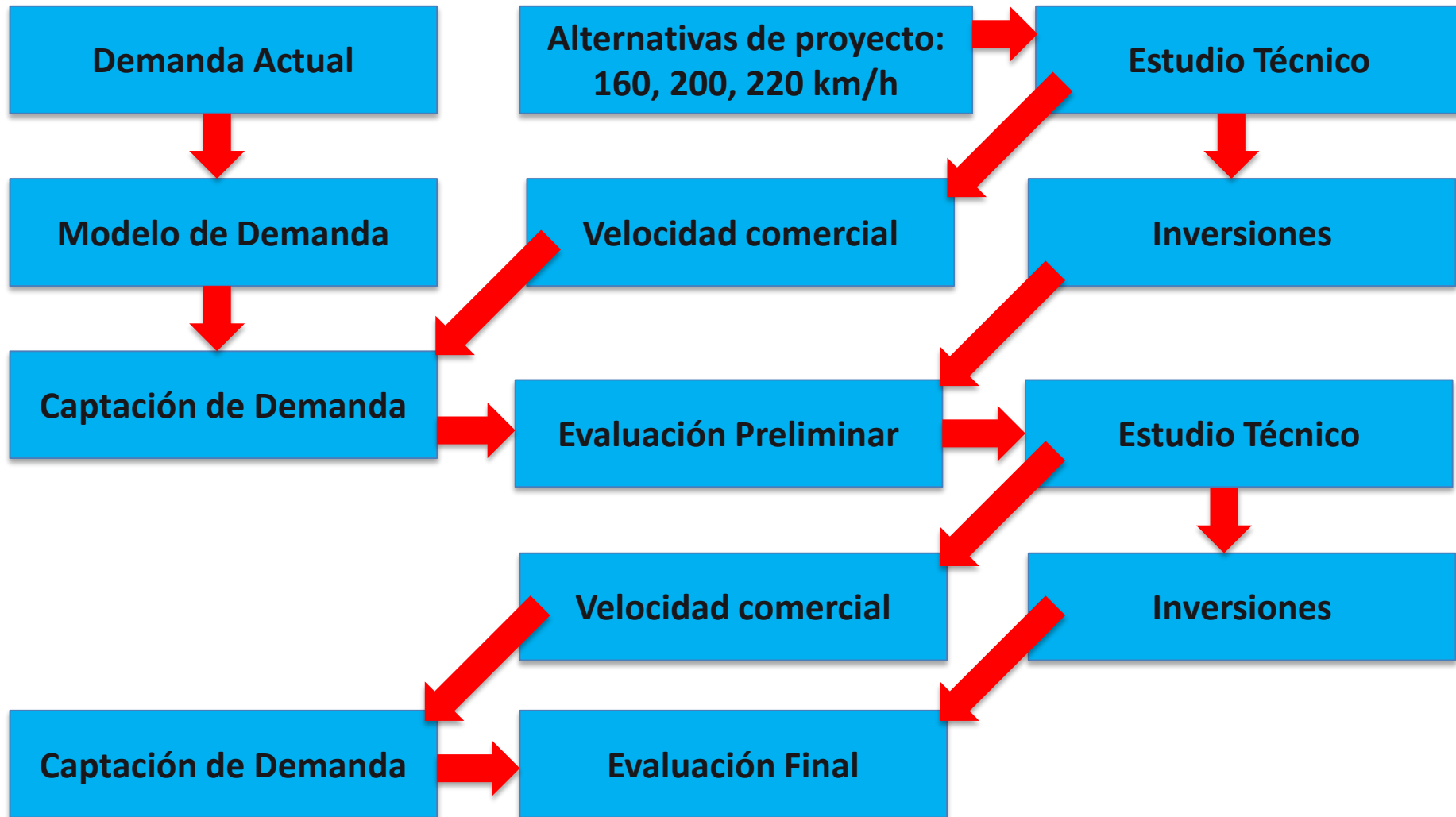
Un tren regional entre San Fernando y Chillán, con detenciones en las ciudades principales



Mejoramiento de la vía para alcanzar la velocidad deseada entre Alameda y Chillán

Nuevo trazado ferroviario entre Chillán y Concepción para pasajeros y carga

Nuevo trazado ferroviario de circunvalación de Concepción para las cargas





ESTUDIO TECNICO



Definiciones acerca de:

- Selección de material rodante
- Diseño físico y operacional Alameda - Chillán
- Diseño físico y operacional Chillán - Concepción
- Modelación Open Track
- Capacidad y velocidad comercial
- Inversiones



Material rodante

Tren Regional: Tren Jazz



Características Técnicas

Fabricante: Alstom

Convoy articulado - constituido de 4 o 5 elementos

Longitud = 82,2 m.

Asientos : n° 292 (4 elementos)

Potencia continua : 3200 KW

Trocha 1435 mm.

V_{máx} = 160 Km/h

Alimentación = 3 KV c.c.

Tren Rápido: Tren ETR 610



Características Técnicas

- Fabricante: ALSTOM ;
- Convoy articulado - compuesto de 7 elementos. Tracción distribuida .
- Longitud = 187.4 m.
- Ancho = 2,830 m.
- Capacidad = 493 puestos:
- Potencia = 5880 KW
- Trocha = 1435 mm.
- V_{máx} = 250Km/h
- Alimentación = 3KV CC



Tramo Alameda-Chillan

- Hipótesis de modificación de curvas
- Propuesta de solución para los cruces
- Hipótesis de sustitución desviadores
- Hipótesis de duplicación de la vía

Tramo Chillan-Concepción

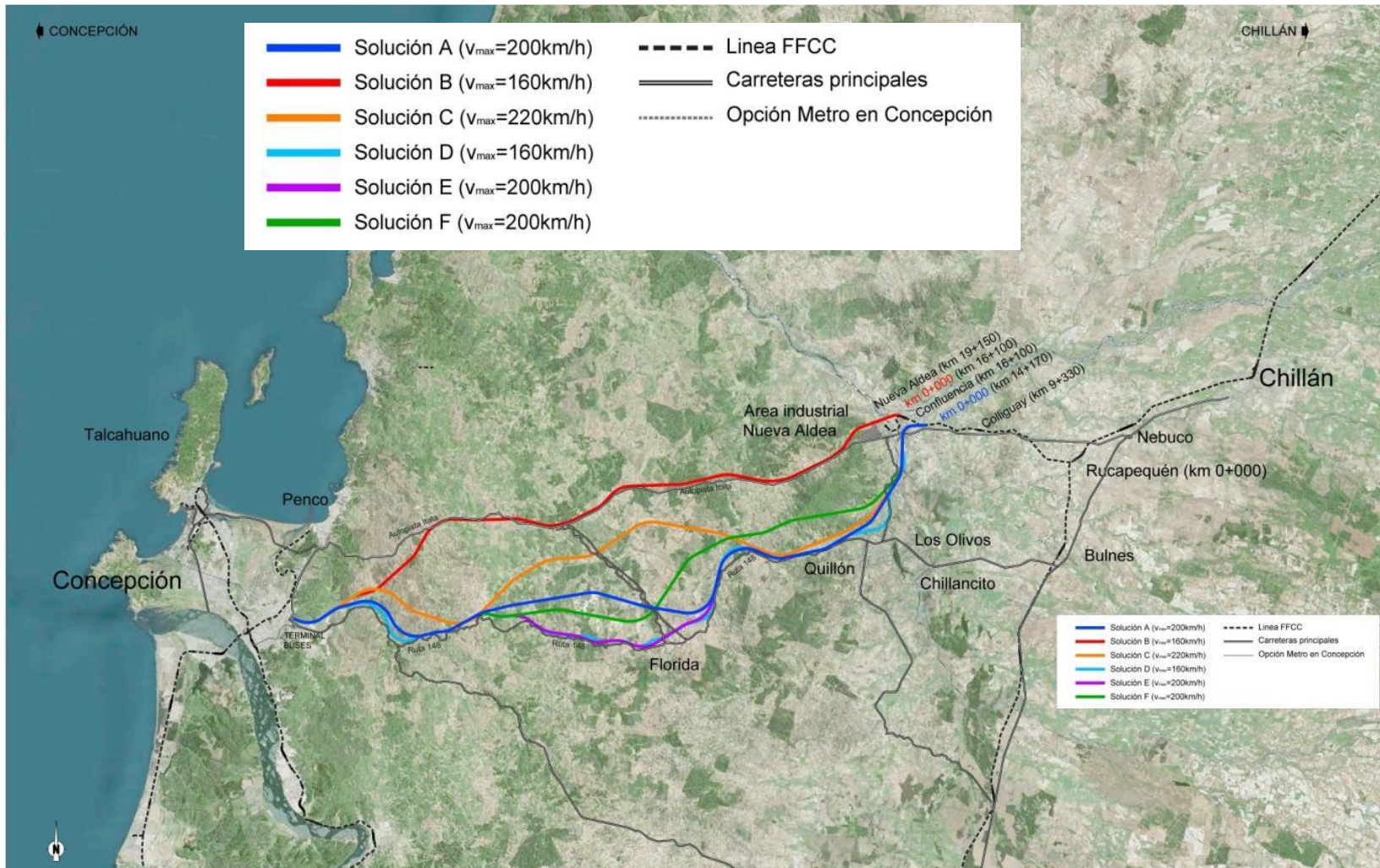
- Estudio de trazados Chillan-Concepción
- Trazados de carga en Concepción
- Funcional túneles
- Instalaciones túneles
- Estación Concepción

Común

- Electrificación
- Señalización y Telecomunicaciones
- Talleres y Cocheras

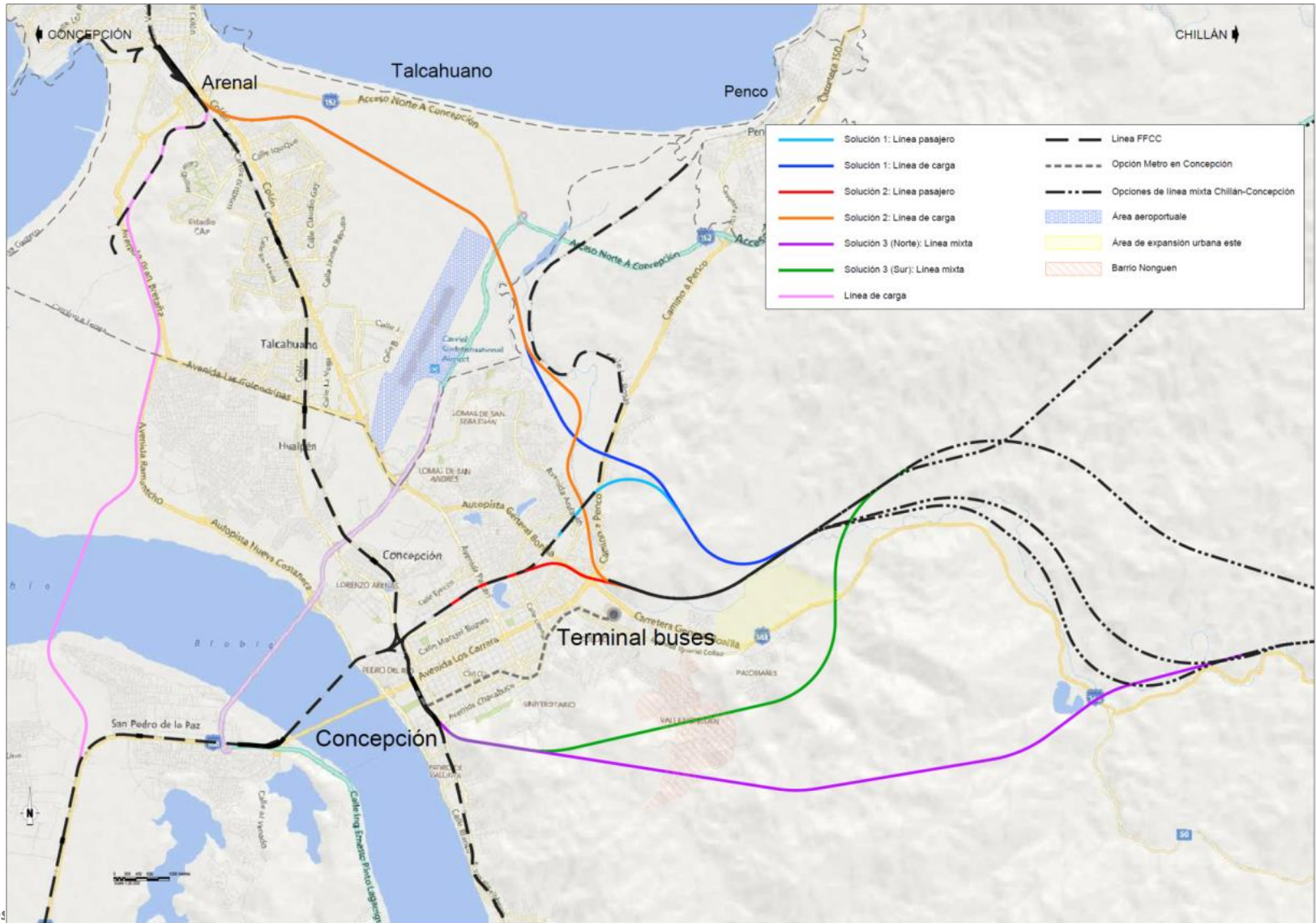


Alternativas Preliminares de trazado Chillán - Concepción



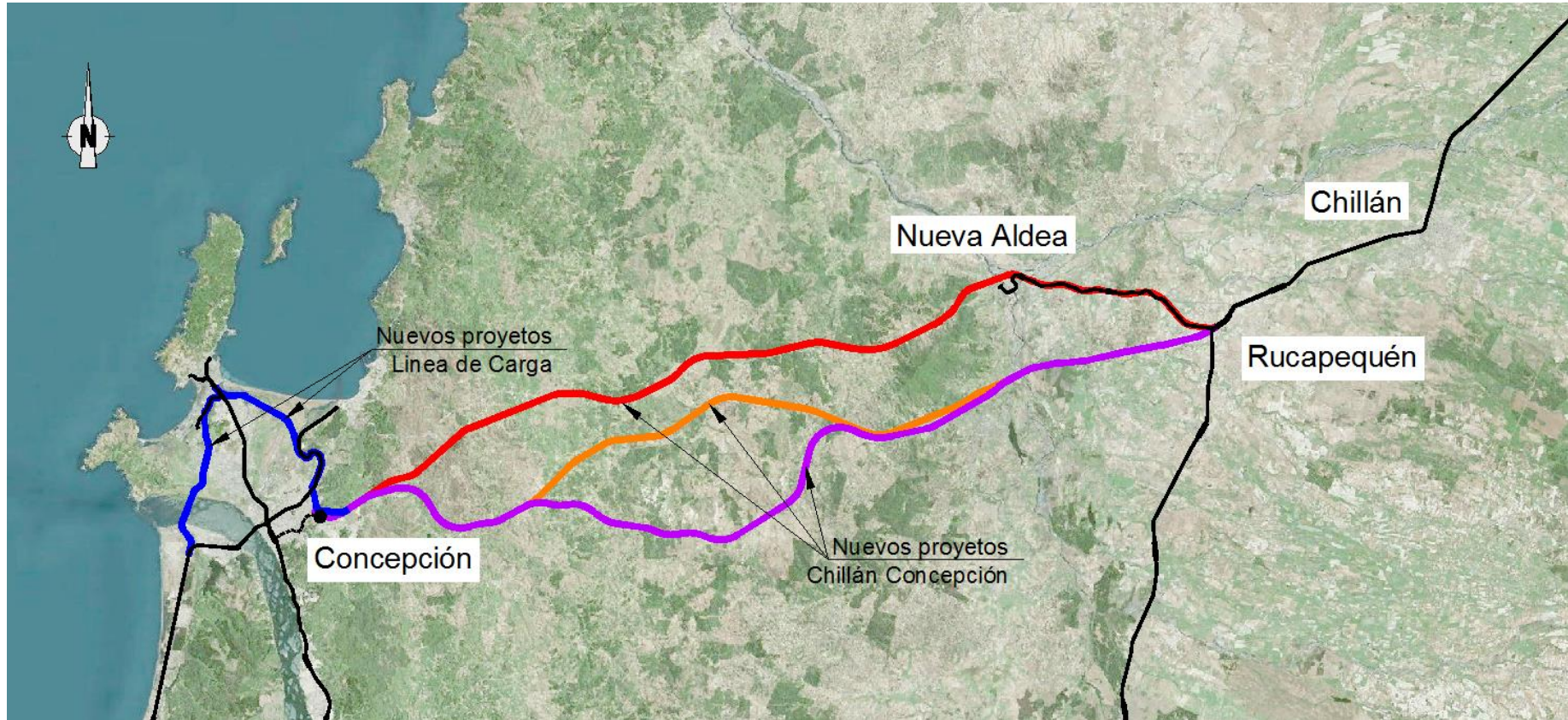


Alternativas Preliminares de trazado sector Concepción



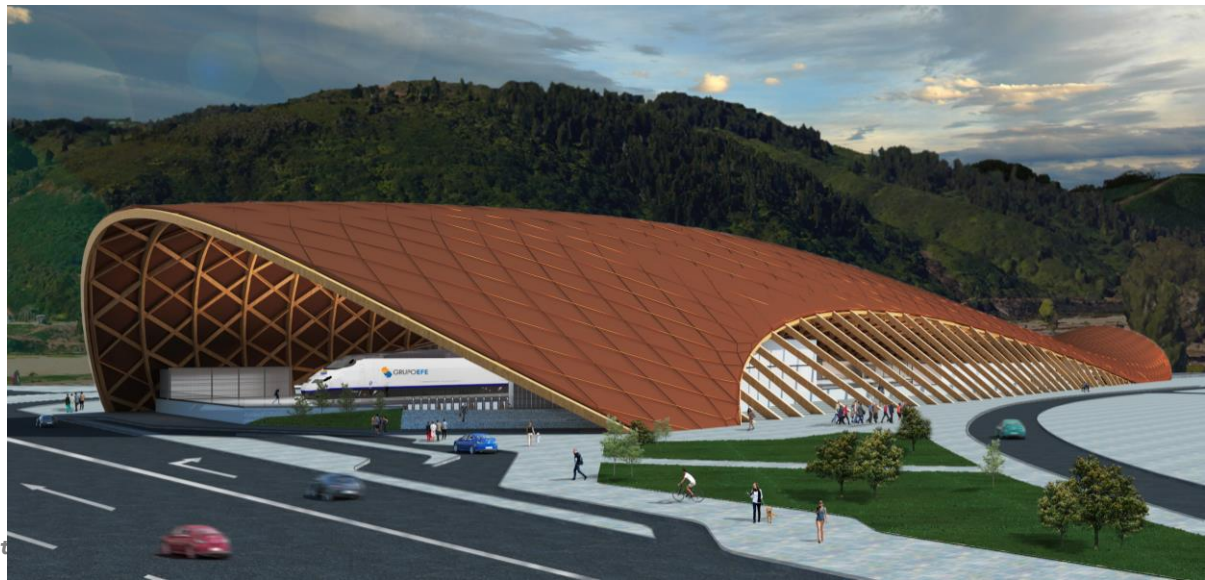
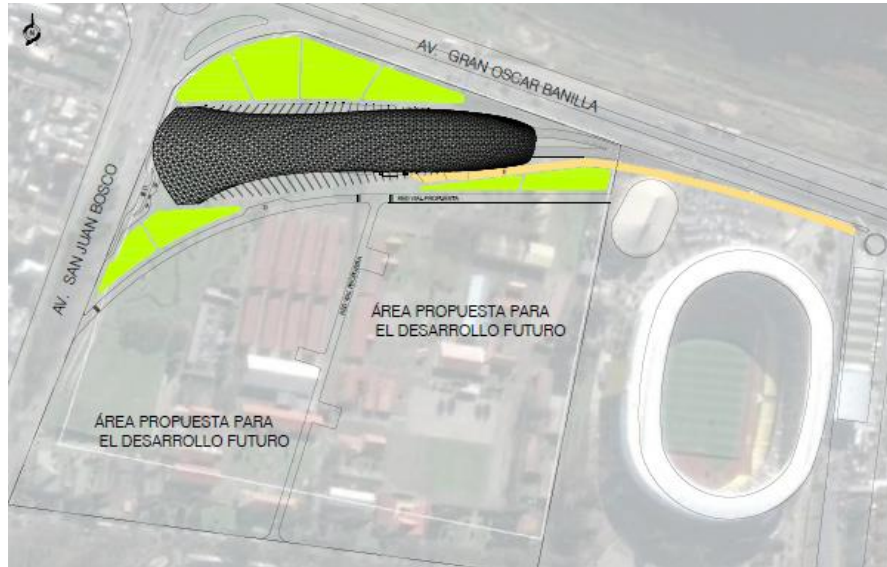


Alternativas Seleccionadas





Nueva Estación de Concepción





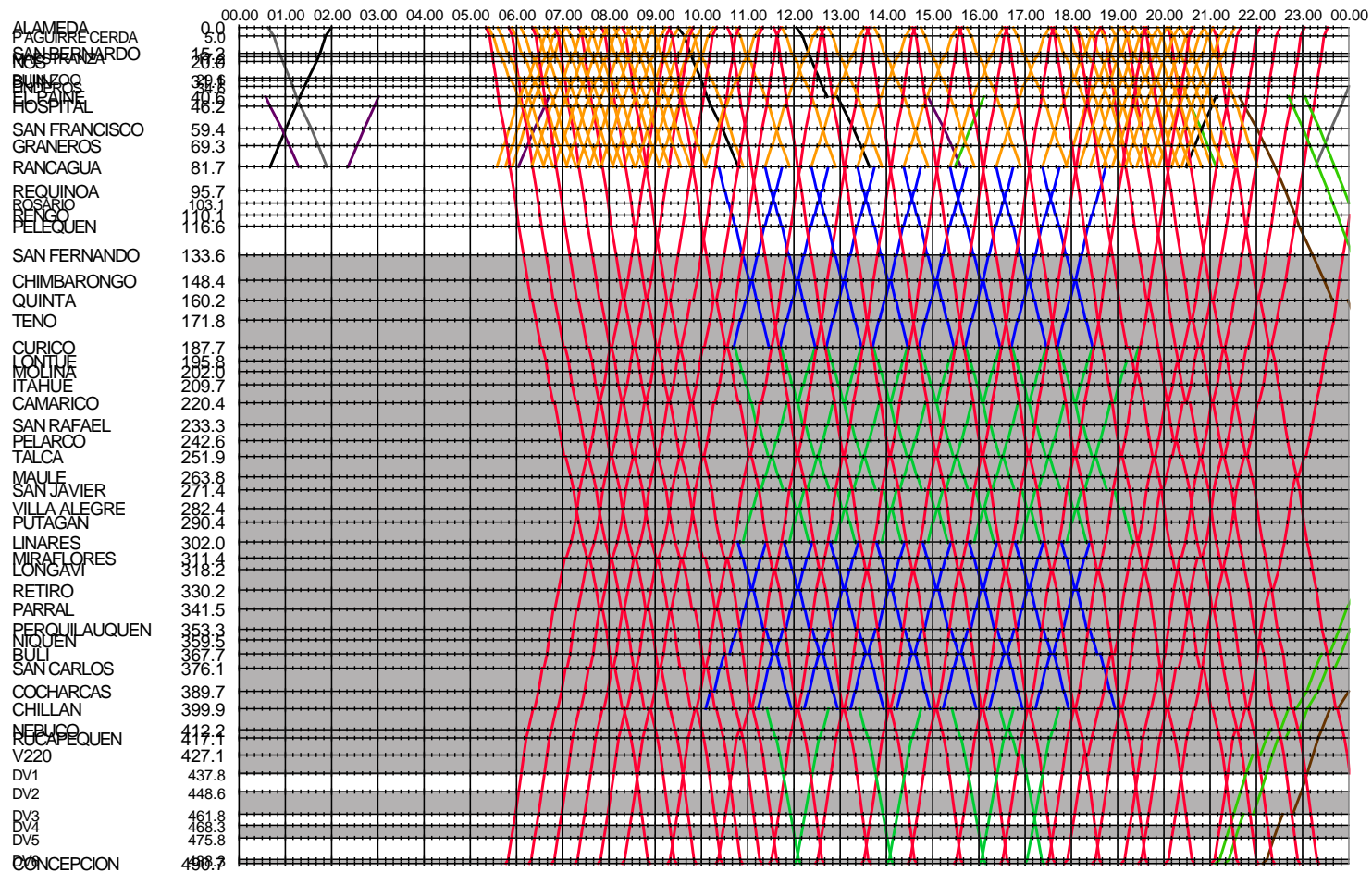
Servicios considerados

Escenarios →	Vd= 160 km/h	Vd= 200 km/h	Vd= 220 km/h
Trenes pasajeros Rancagua Express	<ul style="list-style-type: none"> - Horas punta: intervalo = 15 minutos - Horas valle: intervalo = 60 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> - Horas punta: intervalo = 15 minutos - Horas valle: intervalo = 60 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> - Horas punta: intervalo = 15 minutos - Horas valle: intervalo = 60 minutos
Trenes pasajeros rápidos	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima = 160 km/h - Horas punta Santiago-Concepción (y viceversa): un tren cada 30 minutos entre las 5:00-8:00 y 18:00-20:00 - Horas valle Santiago-Concepción (y viceversa): un tren cada 60 minutos hasta las 21:30-22:00 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima = 200 km/h - Horas punta Santiago-Concepción (y viceversa): un tren cada 30 minutos entre las 5:00-8:00 y 18:00-20:00 - Horas valle Santiago-Concepción (y viceversa): un tren cada 60 minutos hasta las 21:30-22:00 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima = 220 km/h - Horas punta Santiago-Concepción (y viceversa): un tren cada 30 minutos entre las 5:00-8:00 y 18:00-20:00 - Horas valle Santiago-Concepción (y viceversa): un tren cada 60 minutos hasta las 21:30-22:00
Trenes pasajeros regionales	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima = 120-160 km/h - Trenes regionales entre Rancagua y Chillan - Se eliminan los servicios actualmente existentes Metrotren y Terrasur y se sustituyen con estos trenes regionales - Intervalo entre trenes: un tren cada hora en horas punta (6:00-9:00, 17:30-20:30). En horas valle puede ser un tren cada hora o un tren cada dos horas 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima = 160 km/h - Trenes regionales entre Rancagua y Chillan - Se eliminan los servicios actualmente existentes Metrotren y Terrasur y se sustituyen con estos trenes regionales - Intervalo entre trenes: un tren cada hora en horas punta (6:00-9:00, 17:30-20:30). En horas valle puede ser un tren cada hora o un tren cada dos horas 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima = 160 km/h - Trenes regionales entre Rancagua y Chillan - Se eliminan los servicios actualmente existentes Metrotren y Terrasur y se sustituyen con estos trenes regionales - Intervalo entre trenes: un tren cada hora en horas punta (6:00-9:00, 17:30-20:30). En horas valle puede ser un tren cada hora o un tren cada dos horas
Trenes de carga	Los trenes de carga serán insertados en el modelo después de haber simulado los trenes de pasajeros	Los trenes de carga serán insertados en el modelo después de haber simulado los trenes de pasajeros	Los trenes de carga serán insertados en el modelo después de haber simulado los trenes de pasajeros



Ejemplo de diagrama espacio temporal

ALAMEDA - CONCEPCION Sunday, 01/01/2017





Resultado final

Tramo	Escenario V=160 km/h		Escenario V=200 km/h		Escenario V=220 km/h	
	Tiempo	V	Tiempo	V	Tiempo	V
	(min)	(km/h)	(min)	(km/h)	(min)	(km/h)
Alameda- Concepción 490 km	229	128	209	141	200	147

Estas velocidades fueron adoptadas para la modelación TRANUS
Corresponden a un escenario cercano a la saturación

Resultado final (Miles US\$)

Componente	Inversión privada	Inversión social	Factor social	Valor residual	Factor residual
Alameda - Chillán V=160	414.800	356.381	0,86	219.885	0,62
Alameda - Chillán V=200	210.862	182.418	0,87	92.505	0,51
Alameda - Chillán V=220	309.422	266.749	0,86	146.895	0,55
Chillán - Concepción V=160	1.559.877	1.055.135	0,68	612.548	0,58
Chillán - Concepción V=200	1.636.540	1.108.678	0,68	643.062	0,58
Chillán - Concepción V=220	1.574.397	1.064.862	0,68	626.304	0,59
Talleres y cocheras	151.410	109.726	0,72	61.316	0,56
Estación Concepción	30.368	23.059	0,76	14.363	0,62
Linea de carga	352.044	222.514	0,63	140.290	0,63
Total V=160	2.508.498	1.766.814	0,70	1.048.403	0,59
Total V=200	2.381.224	1.646.395	0,69	951.536	0,58
Total V=220	2.417.641	1.686.910	0,70	989.169	0,59



CAPTACION DE DEMANDA



Modelación de la situación con proyecto

Tres escenarios de crecimiento del PIB: pesimista, tendencial y optimista

Tres cortes temporales: 2017, 2026 y 2032

Tres alternativas de proyecto de tren rápido según velocidad máxima: 160, 200 y 220 km/h

Una alternativa de tren regional

Una alternativa de servicios de carga

Tarifa del tren rápido equivalente al doble de la tarifa Terrasur actual

Tarifa del tren regional equivalente a la mitad de la tarifa Terrasur actual

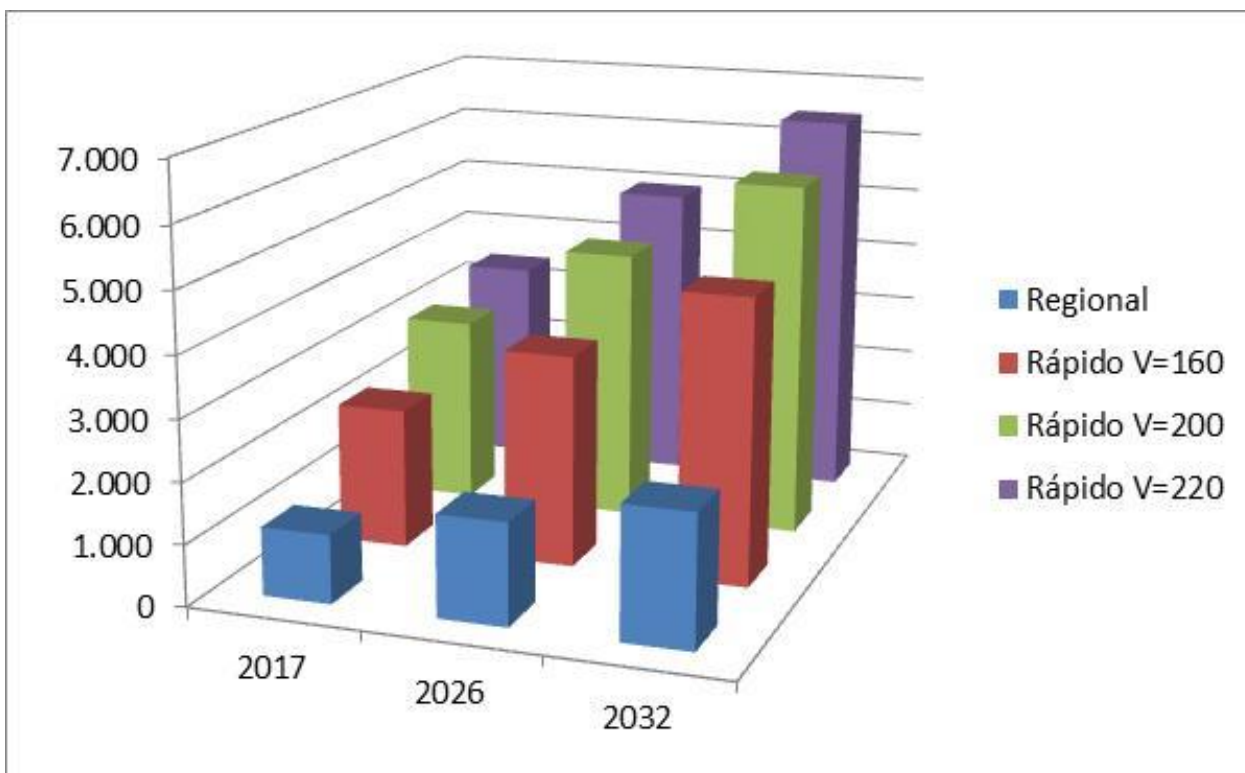
Valor privado del tiempo 100 \$/min



Modelación de la situación con proyecto

**Captación de
Demanda Miles
Pax / año**

Servicio	2017	2026	2032
Regional	1.125	1.668	2.159
Rápido V=160	2.308	3.482	4.687
Rápido V=200	3.088	4.500	5.860
Rápido V=220	3.419	4.974	6.454



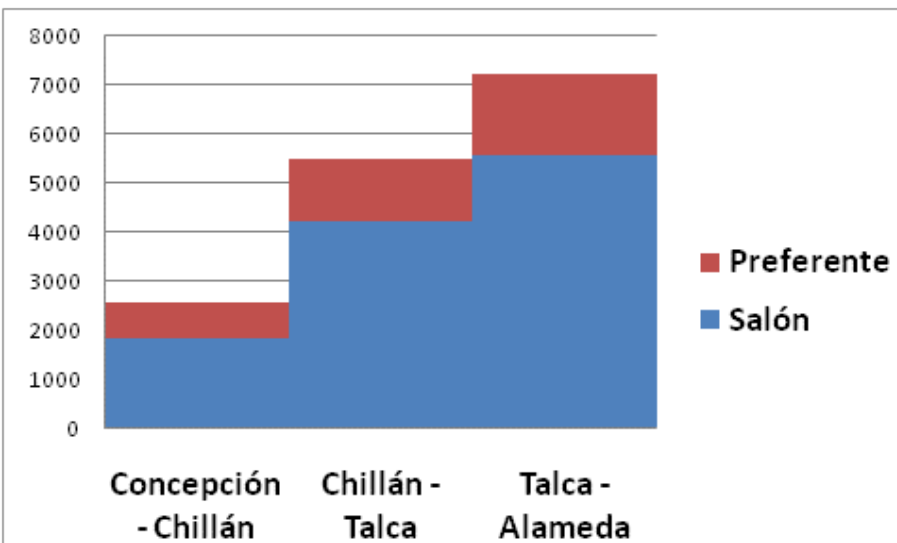
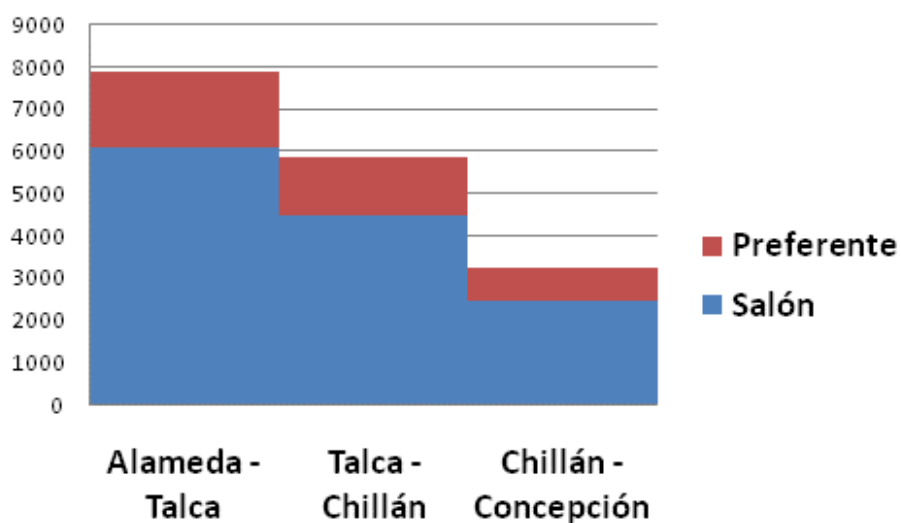


Modelación de la situación con proyecto

**Perfil de carga
tren rápido
año 2032
V 200
Pax / día**

	Salón	Preferente	Total
Alameda - Talca	6072	1822	7894
Talca - Chillán	4496	1377	5873
Chillán - Concepción	2465	789	3254

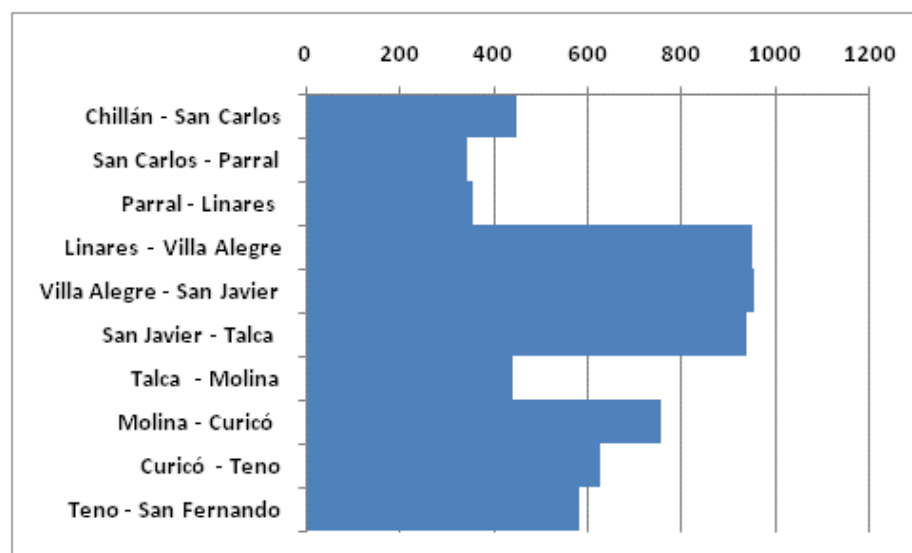
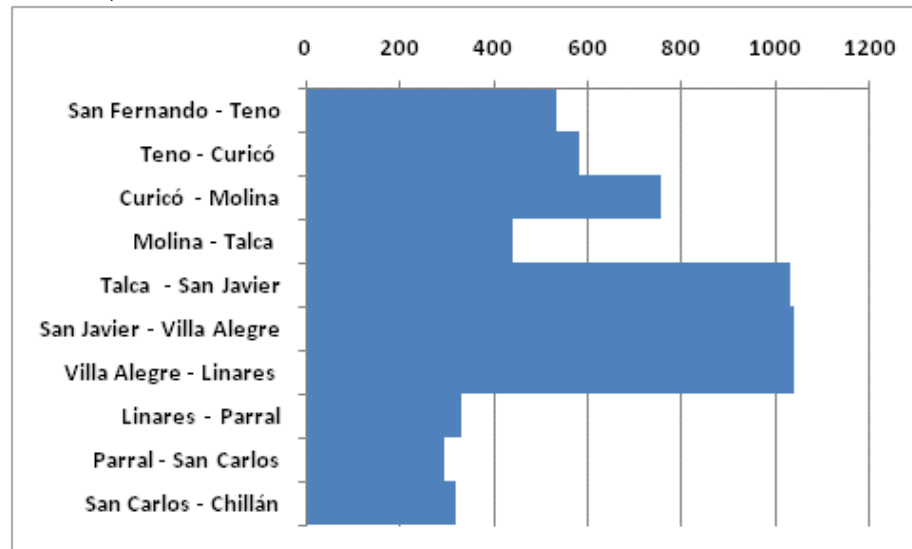
	Salón	Preferente	Total
Concepción - Chillán	1818	733	2551
Chillán - Talca	4225	1260	5485
Talca - Alameda	5573	1656	7229



Perfil de carga tren regional, año 2032, V 200, Pax / día

San Fernando - Teno	532
Teno - Curicó	582
Curicó - Molina	756
Molina - Talca	442
Talca - San Javier	1030
San Javier - Villa Alegre	1040
Villa Alegre - Linares	1037
Linares - Parral	330
Parral - San Carlos	295
San Carlos - Chillán	319

Chillán - San Carlos	447
San Carlos - Parral	342
Parral - Linares	354
Linares - Villa Alegre	951
Villa Alegre - San Javier	954
San Javier - Talca	937
Talca - Molina	439
Molina - Curicó	756
Curicó - Teno	627
Teno - San Fernando	583

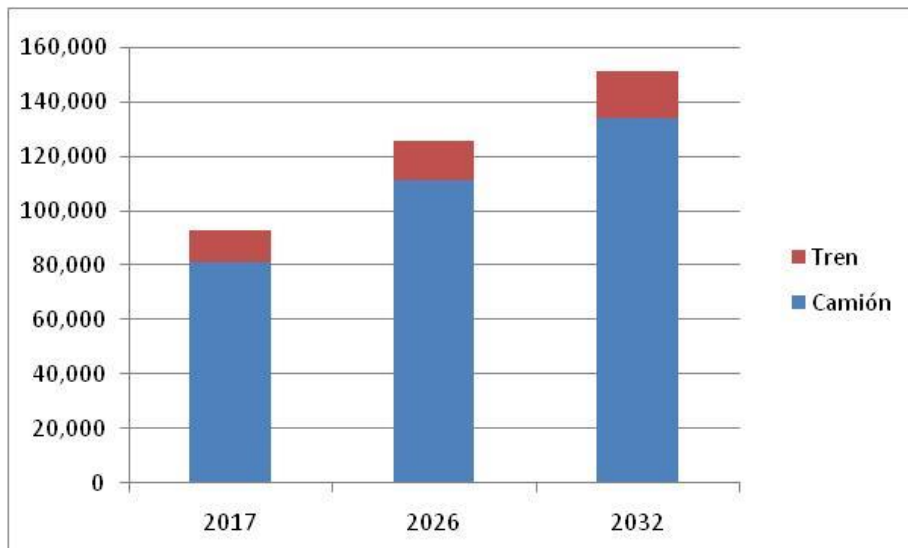


Proyección de captación de carga escenario tendencial

Miles Ton / año

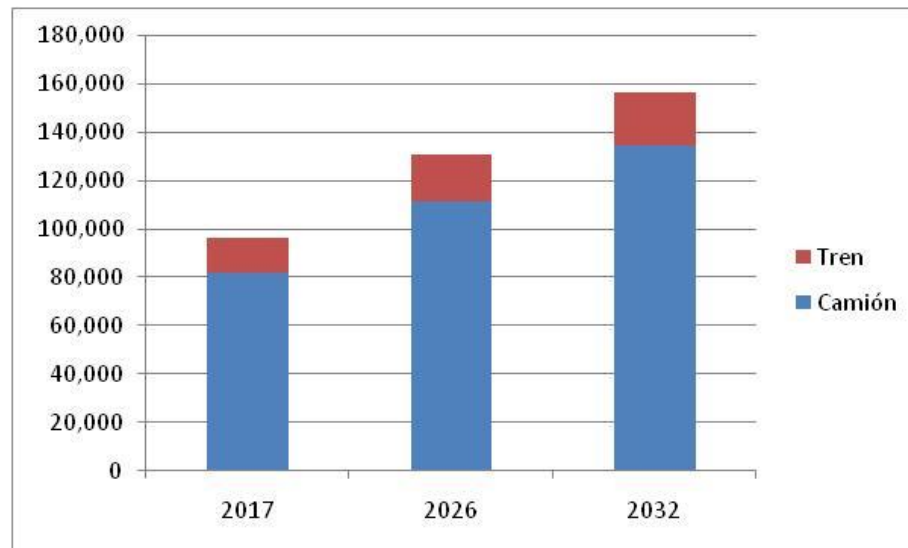
Situación base

Modo	2017	2026	2032
Camión	81.610	111.442	134.310
Tren	11.308	14.780	17.208
Total	92.917	126.222	151.518



Situación con proyecto

Modo	2017	2026	2032
Camión	81.610	111.442	134.310
Tren	14.394	18.907	22.021
Total	96.003	130.349	156.332





EVALUACION PRELIMINAR



Fuentes de beneficios

- Ahorro en costos de operación
- Ahorro de tiempo de viaje
- En esta evaluación preliminar no se consideró externalidades

**Costos
sociales
unitarios de
operación
(\$ dic 2015)**

Modo	Unidad	Costo directo operación	Otros Costos	Provisión y mantención infraestructura	Total
Auto	\$/pax-km	56,08	0,00	9,39	65,47
Avión	\$/pax-km	61,21	0,00	0,00	61,21
Bus	\$/pax-km	13,53	5,41	2,67	21,61
Camión	\$/ton-km	20,91	12,54	3,76	37,21
Tren carga	\$/ton-km	18,80	0,00	0,00	18,80

Valor social del tiempo pasajeros de tren (\$/hora)

Modo	Proporción	Valor tiempo
Bus	80,75%	5.613
Avión	1,71%	12.239
Auto	17,54%	7.290

Promedio		6.021
----------	--	-------

**Valor social del
tiempo camiones:
557 \$/ton-hora**



Costos sociales de operación ferroviaria (Miles US\$/año)

Tren rápido, 2017

Item Costo	V = 160	V = 200	V = 220
Costos Operacionales Directos			
Energía (Combustible)	6.547	11.668	14.562
Personal	1.047	1.237	1.237
Maquinista	274	324	324
Conductor	201	238	238
Auxiliar	571	675	675
Mantenimiento Trenes	2.975	3.587	4.185
Costo Fijo	2.828	3.394	3.676
Costo Variable	147	194	509
Otros Costos Operacionales	317	495	600
Sub Total Costos Operacionales Directos	10.886	16.987	20.584
Costos Operacionales de Infraestructura			
Mantenimiento Vía	12.905	13.748	13.748
Electrificación	31	48	54
Señalización y Comunicaciones	34	45	50
Movilización de trenes	993	1.030	1.042
Operación de estaciones	334	334	334
Mantención de edificios	61	61	61
Sub Total Costos Operacionales de Infraestructura	14.357	15.266	15.288
Costos de Estructura			
Gastos de administración	1.752	1.817	1.838
Depreciación trenes	7.434	8.879	9.848
Seguros (3% costos operacionales totales)	327	510	618
Sub Total	9.513	11.206	12.303
Servicios generales (1% costos totales)	348	435	482
Sub Total Costos de Estructura	9.860	11.640	12.785
Total	35.103	43.893	48.656



Costos sociales de operación ferroviaria (Miles US\$/año) Incluye todos los ítems

Caso	2017	2026	2032
Tren actual - Situación base	4.273	4.273	4.273
Tren regional	5.888	6.567	7.230
Tren rápido V=160	35.103	42.074	50.434
Tren rápido V=200	43.893	55.288	68.950
Tren rápido V=220	48.656	62.877	78.153



Beneficios según fuente (Miles US\$ / año)

Año	Componente	V=160	V=200	V=220
2017	Costo pax	-2.012	-2.607	1.071
	Costo carga	12.757	12.757	12.756
	Tiempo pax	32.600	50.913	57.994
	Tiempo carga	6.747	6.742	6.763
	Total	50.092	67.805	78.584

2026	Costo pax	10.225	9.884	14.830
	Costo carga	13.489	13.489	13.483
	Tiempo pax	56.487	84.838	96.713
	Tiempo carga	8.064	8.075	8.196
	Total	88.265	116.286	133.222

2032	Costo pax	26.958	27.188	34.270
	Costo carga	19.103	19.100	19.081
	Tiempo pax	99.202	140.150	159.215
	Tiempo carga	12.668	12.742	13.205
	Total	157.930	199.180	225.771

**Indicadores
de
rentabilidad
(Miles US\$)**

**Conclusión: la mejor
alternativa es la de
V=220**

**Mejor rentabilidad
Mayor captación de
demanda**

Flujo de costos y beneficios				TRI		
Año	V=160	V=200	V=220	V=160	V=200	V=220
2022	-1.766.814	-1.646.395	-1.686.910			
2023	73.077	97.149	111.728	4,14%	5,90%	6,62%
2024	77.825	103.150	118.477	4,40%	6,27%	7,02%
2025	82.880	109.521	125.634	4,69%	6,65%	7,45%
2026	88.265	116.286	133.222	5,00%	7,06%	7,90%
2027	97.252	127.198	145.465	5,50%	7,73%	8,62%
2028	107.155	139.134	158.833	6,06%	8,45%	9,42%
2029	118.066	152.190	173.429	6,68%	9,24%	10,28%
2030	130.089	166.471	189.367	7,36%	10,11%	11,23%
2031	143.335	182.093	206.770	8,11%	11,06%	12,26%
2032	157.930	199.180	225.771	8,94%	12,10%	13,38%
2033	174.012	217.871	246.519			
2034	191.731	238.315	269.173			
2035	211.254	260.678	293.910			
2036	232.765	285.140	320.919			
2037	256.467	311.897	350.411			
2038	282.582	341.165	382.613			
2039	311.356	373.179	417.774			
2040	343.060	408.197	456.166			
2041	377.993	446.502	498.087			
2042	1.464.885	1.439.937	1.533.028			

Inv	1.766.814	1.646.395	1.686.910
VPB	2.183.792	2.609.445	2.922.928
VAN	416.978	963.050	1.236.018
TIR	7,79%	10,25%	11,23%



EVALUACION FINAL



Fuentes de beneficios:

- **Ahorro en costos de operación**
- **Ahorro de tiempo de viaje**
- **Externalidades: Carbono y Accidentes**

Se agregó la inversión en material rodante y se eliminó de los costos la depreciación

Plazos de construcción y puesta en servicio realistas

Se hizo una nueva modelación Open Track con frecuencias de servicio ajustadas a la demanda captada. La velocidad comercial aumentó a 163 km/h

Las inversiones fueron revisadas: Se agregó 90.076 MUS\$ para reemplazar todos los puentes del tramo Alameda – Chillán y 4.000 MUS\$ para mejorar la seguridad en las estaciones

Se refinó el proyecto del tramo Chillán – Concepción con una reducción de costo de 125.401 MUS\$

Plan de proyecto

	ETAPA 1	ETAPA 2
Año	Alameda - Chillán	Chillán - Concepción
2017	Ingeniería	Ingeniería
2018	Construcción	Ingeniería
2019		Construcción
2020		Construcción
2021		Construcción
2022		Construcción

Inversiones revisadas a precios sociales (Miles US\$)

Año	Inversión privada			Inversión social		
	Alameda - Chillán	Chillán - Concepción	Total	Alameda - Chillán	Chillán - Concepción	Total
2017	18.893	26.355	45.249	13.727	17.630	31.357
2018	610.883	26.355	637.238	443.850	17.630	461.480
2019		426.078	426.078		285.012	285.012
2020		426.078	426.078		285.012	285.012
2021		426.078	426.078		285.012	285.012
2022		426.078	426.078		285.012	285.012
Total	629.776	1.757.022	2.386.798	457.577	1.175.307	1.632.884

2019: Entra en operación servicio Alameda – Chillán

2023: Entra en operación tramo Chillán - Concepción

Estudio de Prefactibilidad Corredor Alameda-Talca-Chillan-Concepción

Evaluación final

**Proyecto completo:
Etapas 1 y 2
(Miles US\$)**

**Conclusión:
El proyecto
es muy
robusto y
debiera ser
iniciado de
inmediato**

Año	Inversiones	Inversiones M. Rodante	Inv Actualizada	Beneficios directos	Carbono	Accidentes	Beneficios Totales	Beneficios Actualizados	Flujo	Flujo Actualizado	TRI
2017	-31.357		-31.357						-31.357	-41.963	
2018	-461.480	-213.446	-674.925						-674.925	-852.078	
2019	-285.012		-285.012	104.020	109	1.535	105.664	125.847	-179.348	-213.606	
2020	-285.012		-285.012	110.637	114	1.591	112.342	126.228	-172.670	-194.011	
2021	-285.012		-285.012	117.676	119	1.649	119.444	126.611	-165.568	-175.502	
2022	-285.012	-94.613	-379.624	125.162	124	1.710	126.996	126.996	-252.629	-252.629	
2023				170.816	139	2.263	173.218	163.413	173.218	163.413	8,9%
2024				180.385	145	2.364	182.894	162.775	182.894	162.775	9,4%
2025				190.490	151	2.469	193.111	162.139	193.111	162.139	9,9%
2026				201.161	158	2.579	203.899	161.507	203.899	161.507	10,5%
2027				218.153	153	2.824	221.131	165.242	221.131	165.242	11,4%
2028				236.580	149	3.093	239.821	169.065	239.821	169.065	12,4%
2029				256.563	144	3.386	260.094	172.977	260.094	172.977	13,4%
2030		-94.613	-59.361	278.235	140	3.708	282.083	176.982	187.470	117.621	9,7%
2031				301.737	136	4.060	305.933	181.081	305.933	181.081	15,8%
2032				327.224	132	4.445	331.801	185.276	331.801	185.276	
2033				354.864	128	4.867	359.860	189.570	359.860	189.570	
2034				384.839	125	5.329	390.293	193.963	390.293	193.963	
2035				417.345	121	5.835	423.302	198.460	423.302	198.460	
2036		-94.613	-41.847	452.598	117	6.390	459.104	203.062	364.492	161.215	
2037				490.828	114	6.996	497.938	207.772	497.938	207.772	
2038				532.287	111	7.661	540.058	212.592	540.058	212.592	
2039				577.248	108	8.388	585.743	217.524	585.743	217.524	
2040				626.007	104	9.184	635.296	222.572	635.296	222.572	
2041				678.885	101	10.056	689.042	227.737	689.042	227.737	
2042	954.354	279.334	384.670	736.229	98	11.011	747.338	233.024	1.981.026	617.693	
VP Inv										2.336.679	
VPB										4.697.085	
VAN										2.360.407	
TIR										12,87%	

**Análisis de
sensibilidad VAN**

Inversión +20%	1.893.071
Beneficios -20%	1.420.990
Ambos	953.654



Evaluación final



**Sólo Etapa 1
(Miles US\$)**

**Conclusión:
La
rentabilidad
aumenta lo
que indica
que la Etapa
2 podría no
ser rentable**

Año	Inversiones	Inversiones M. Rodante	Inv Actualizada	Beneficios directos	Carbono	Accidentes	Beneficios Totales	Beneficios Actualizados	Flujo	Flujo Actualizado	TRI
2017	-13.727		-18.370						-13.727	-18.370	
2018	-443.850	-213.446	-829.821						-657.296	-829.821	
2019				104.020	109	1.535	105.664	125.847	105.664	125.847	15,7%
2020				110.637	114	1.591	112.342	126.228	112.342	126.228	16,7%
2021				117.676	119	1.649	119.444	126.611	119.444	126.611	17,8%
2022				125.162	124	1.710	126.996	126.996	126.996	126.996	18,9%
2023				133.125	130	1.772	135.026	127.383	135.026	127.383	20,1%
2024				141.594	135	1.837	143.566	127.773	143.566	127.773	21,4%
2025				150.602	141	1.904	152.647	128.165	152.647	128.165	22,7%
2026		-94.613	-74.942	160.182	148	1.974	162.304	128.560	67.691	53.618	
2027				173.549	142	2.196	175.886	131.433	175.886	131.433	
2028				188.030	137	2.442	190.610	134.372	190.610	134.372	
2029				203.720	132	2.717	206.569	137.380	206.569	137.380	
2030				220.719	127	3.022	223.869	140.458	223.869	140.458	
2031				239.136	123	3.362	242.621	143.607	242.621	143.607	
2032				259.091	118	3.740	262.949	146.829	262.949	146.829	
2033		-94.613	-49.841	280.710	114	4.161	284.985	150.126	190.372	100.286	
2034				304.133	110	4.629	308.872	153.500	308.872	153.500	
2035				329.511	106	5.149	334.766	156.951	334.766	156.951	
2036				357.006	102	5.728	362.836	160.483	362.836	160.483	
2037				386.796	98	6.372	393.266	164.096	393.266	164.096	
2038		-94.613	-37.244	419.072	95	7.088	426.254	167.793	331.642	130.550	
2039				454.040	91	7.885	462.016	171.576	462.016	171.576	
2040				491.927	88	8.771	500.786	175.447	500.786	175.447	
2041				532.975	85	9.757	542.817	179.408	542.817	179.408	
2042	252.873	300.622	172.582	577.448	82	10.854	588.384	183.461	1.141.878	356.043	
VP Inv										1.010.217	
VPB										3.687.068	
VAN										2.676.850	
TIR										21,4%	

**Análisis de
sensibilidad VAN**

Inversión +20%	2.474.807
Beneficios -20%	1.939.437
Ambos	1.737.393



Evaluación final



**Sólo Etapa 2
(Miles US\$)**

**Conclusión:
La Etapa 2
no es
rentable de
inmediato,
pero tiene
año óptimo
de puesta en
servicio para
el 2034**

Año	Inversiones	Inversiones M. Rodante	Inv Actualizada	Beneficios directos	Carbono	Accidentes	Beneficios Totales	Beneficios Actualizados	Flujo	Flujo Actualizado	TRI
2017	-17.630		-23.592						-17.630	-23.592	
2018	-17.630		-22.257						-17.630	-22.257	
2019	-285.012		-339.454						-285.012	-339.454	
2020	-285.012		-320.239						-285.012	-320.239	
2021	-285.012		-302.113						-285.012	-302.113	
2022	-285.012	-94.613	-379.624						-379.624	-379.624	
2023				37.692	9	491	38.191	36.030	38.191	36.030	3,0%
2024				38.792	9	527	39.328	35.002	39.328	35.002	3,1%
2025				39.889	10	565	40.464	33.974	40.464	33.974	3,2%
2026		94.613	74.942	40.979	10	606	41.595	32.947	136.207	107.889	10,7%
2027				44.605	11	629	45.244	33.809	45.244	33.809	3,6%
2028				48.550	12	650	49.212	34.692	49.212	34.692	3,9%
2029				52.844	12	669	53.525	35.597	53.525	35.597	4,2%
2030		-94.613	-59.361	57.516	13	685	58.214	36.524	-36.398	-22.837	-2,9%
2031				62.601	13	697	63.311	37.474	63.311	37.474	5,0%
2032				68.133	14	705	68.852	38.447	68.852	38.447	5,4%
2033		94.613	49.841	74.154	14	707	74.875	39.443	169.487	89.284	13,3%
2034				80.705	15	701	81.421	40.464	81.421	40.464	6,4%
2035				87.834	15	687	88.536	41.509	88.536	41.509	7,0%
2036		-94.613	-41.847	95.591	15	662	96.268	42.580	1.656	732	0,1%
2037				104.031	16	625	104.672	43.676	104.672	43.676	8,2%
2038		94.613	37.244	113.215	16	573	113.804	44.798	208.416	82.042	16,4%
2039				123.208	16	503	123.727	45.948	123.727	45.948	9,7%
2040				134.080	16	413	134.510	47.125	134.510	47.125	10,6%
2041				145.910	16	299	146.225	48.329	146.225	48.329	11,5%
2042	701.481	-21.288	212.088	158.781	17	157	158.954	49.563	839.148	261.650	
VP Inv										1.326.461	
VPB										1.010.017	
VAN										-316.444	
TIR										4,14%	

**Análisis de
sensibilidad VAN**

Inversión +20%	-581.736
Beneficios -20%	-518.447
Ambos	-783.739



Evaluación final

Etapas 1, sólo tren rápido (Miles US\$)

Conclusión:
La rentabilidad aumenta ligeramente lo que indica que el tren regional podría no ser rentable

Año	Inversiones	Inversiones M. Rodante	Inv Actualizada	Beneficios directos	Carbono	Accidentes	Beneficios Totales	Beneficios Actualizados	Flujo	Flujo Actualizado	TRI
2017	-12.408		-16.604						-12.408	-16.604	
2018	-401.181	-189.225	-745.374						-590.406	-745.374	
2019				99.961	109	1.535	101.606	121.014	101.606	121.014	16,9%
2020				106.750	114	1.591	108.455	121.860	108.455	121.860	18,0%
2021				114.000	119	1.649	115.769	122.715	115.769	122.715	19,2%
2022				121.743	124	1.710	123.577	123.577	123.577	123.577	20,5%
2023				130.011	130	1.772	131.913	124.446	131.913	124.446	21,9%
2024				138.841	135	1.837	140.813	125.323	140.813	125.323	23,4%
2025				148.270	141	1.904	150.316	126.208	150.316	126.208	24,9%
2026		-94.613	-74.942	158.340	148	1.974	160.461	127.100	65.849	52.158	
2027				171.693	142	2.196	174.031	130.046	174.031	130.046	
2028				186.172	137	2.442	188.752	133.063	188.752	133.063	
2029				201.873	132	2.717	204.722	136.152	204.722	136.152	
2030				218.897	127	3.022	222.047	139.315	222.047	139.315	
2031				237.357	123	3.362	240.842	142.554	240.842	142.554	
2032				257.374	118	3.740	261.232	145.871	261.232	145.871	
2033		-94.613	-49.841	279.078	114	4.161	283.353	149.267	188.741	99.426	
2034				302.614	110	4.629	307.352	152.745	307.352	152.745	
2035				328.134	106	5.149	333.388	156.305	333.388	156.305	
2036				355.806	102	5.728	361.635	159.952	361.635	159.952	
2037				385.811	98	6.372	392.281	163.685	392.281	163.685	
2038		-94.613	-37.244	418.348	95	7.088	425.530	167.508	330.918	130.265	
2039				453.628	91	7.885	461.604	171.423	461.604	171.423	
2040				491.883	88	8.771	500.742	175.432	500.742	175.432	
2041				533.364	85	9.757	543.206	179.537	543.206	179.537	
2042	228.291	290.933	161.897	578.344	82	10.854	589.280	183.740	1.108.504	345.637	
VP Inv										924.004	
VPB										3.640.734	
VAN										2.716.730	
TIR										22,89%	

Análisis de sensibilidad VAN

Inversión +20%	2.531.929
Beneficios -20%	1.988.583
Ambos	1.803.782



Evaluación final

Etapas 1, sólo tren regional (Miles US\$)

Conclusión: El tren regional no es rentable

Año	Inversiones	Inversiones M. Rodante	Inv Actualizada	Beneficios directos	Carbono	Accidentes	Beneficios Totales	Beneficios Actualizados	Flujo	Flujo Actualizado	TRI
2017	-1.320		-1.766						-1.320	-1.766	
2018	-42.669	-24.221	-84.447						-66.890	-84.447	
2019				4.058	0	0	4.058	4.834	4.058	4.834	5,9%
2020				3.887	0	0	3.887	4.367	3.887	4.367	5,7%
2021				3.675	0	0	3.675	3.896	3.675	3.896	5,4%
2022				3.419	0	0	3.419	3.419	3.419	3.419	5,0%
2023				3.114	0	0	3.114	2.937	3.114	2.937	4,6%
2024				2.753	0	0	2.753	2.450	2.753	2.450	4,0%
2025				2.331	0	0	2.331	1.957	2.331	1.957	3,4%
2026		0	0	1.842	0	0	1.842	1.459	1.842	1.459	
2027				1.855	0	0	1.855	1.386	1.855	1.386	
2028				1.858	0	0	1.858	1.310	1.858	1.310	
2029				1.847	0	0	1.847	1.228	1.847	1.228	
2030				1.822	0	0	1.822	1.143	1.822	1.143	
2031				1.779	0	0	1.779	1.053	1.779	1.053	
2032				1.717	0	0	1.717	959	1.717	959	
2033		0	0	1.631	0	0	1.631	859	1.631	859	
2034				1.520	0	0	1.520	755	1.520	755	
2035				1.377	0	0	1.377	646	1.377	646	
2036				1.201	0	0	1.201	531	1.201	531	
2037				985	0	0	985	411	985	411	
2038		0	0	724	0	0	724	285	724	285	
2039				413	0	0	413	153	413	153	
2040				44	0	0	44	15	44	15	
2041				-389	0	0	-389	-129	-389	-129	
2042	24.581	9.688	10.685	-896	0	0	-896	-279	33.374	10.406	
VP Inv										86.213	
VPB										46.333	
VAN										-39.880	
TIR										0,81%	

Análisis de sensibilidad VAN

Inversión +20%	-57.122
Beneficios -20%	-49.146
Ambos	-66.389



Cuadro comparativo (Miles US\$)

Indicador	Etapa 1 Regional	Etapa 1 Rápido	Subtotal Etapa 1	Etapa 2	Total	Etapa 1+2
VP Inv	86.213	924.004	1.010.217	1.326.461	2.336.679	2.336.679
VPB	46.333	3.640.734	3.687.068	1.010.017	4.697.085	4.697.085
VAN	-39.880	2.716.730	2.676.850	-316.444	2.360.407	2.360.407
TIR	0,81%	22,89%	21,45%	4,14%		12,87%



EVALUACION PRIVADA

La evaluación privada se realiza para la Etapa1, que es la socialmente rentable y corresponde a la secuencia de flujos de caja del proyecto puro.

Los costos considerados son:

- **Inversiones en infraestructura y material rodante**
- **Costos del tren rápido**
- **Costos del tren regional**

Los ingresos son:

- **Ingresos del tren rápido**
- **Ingresos del tren regional**
- **Valor residual de las inversiones**



Evaluación privada



Evaluación privada Etapa 1 (US\$)

**Conclusión:
La Etapa 1
podría
concesionarse
al sector
privado**

Año	Inversiones	Inversiones M. Rodante	Ingresos Servicio Rápido	Costos Servicio Rápido	Ingresos Servicio Regional	Costos Servicio Regional	Flujo
2017	-18.893.282						-18.893.282
2018	-610.882.784	-282.000.000					-892.882.784
2019			123.383.278	-48.682.687	2.781.773	-4.407.688	73.074.675
2020			129.220.229	-49.872.291	2.907.545	-4.465.198	77.790.286
2021			135.333.312	-51.090.964	3.039.003	-4.523.457	82.757.895
2022			141.735.590	-52.339.416	3.176.406	-4.582.477	87.990.102
2023			148.440.743	-53.618.376	3.320.020	-4.642.267	93.500.121
2024			155.463.100	-54.928.588	3.470.128	-4.702.837	99.301.804
2025			162.817.667	-56.270.816	3.627.023	-4.764.198	105.409.677
2026		-125.000.000	170.520.160	-57.645.842	3.791.011	-4.826.359	-13.161.029
2027			179.360.772	-59.826.172	3.963.634	-4.916.842	118.581.392
2028			188.659.724	-62.088.968	4.144.117	-5.009.022	125.705.851
2029			198.440.780	-64.437.350	4.332.819	-5.102.930	133.233.320
2030			208.728.935	-66.874.554	4.530.113	-5.198.598	141.185.896
2031			219.550.479	-69.403.940	4.736.391	-5.296.060	149.586.869
2032			230.933.065	-72.028.995	4.952.061	-5.395.349	158.460.782
2033		-125.000.000	242.905.781	-74.753.336	5.177.552	-5.496.500	42.833.497
2034			255.499.222	-77.580.720	5.413.311	-5.599.547	177.732.265
2035			268.745.569	-80.515.044	5.659.805	-5.704.526	188.185.804
2036			282.678.673	-83.560.353	5.917.523	-5.811.473	199.224.371
2037			297.334.138	-86.720.843	6.186.976	-5.920.425	210.879.846
2038		-125.000.000	312.749.415	-90.000.872	6.468.699	-6.031.419	98.185.822
2039			328.963.897	-93.404.962	6.763.250	-6.144.495	236.177.690
2040			346.019.017	-96.937.803	7.071.213	-6.259.690	249.892.737
2041			363.958.360	-100.604.267	7.393.199	-6.377.045	264.370.247
2042	348.038.698	397.175.000	382.827.768	-104.409.407	7.729.847	-6.496.601	1.024.865.305
VAN	8%						349.201.797
TIR							11,4%



CONCLUSIONES



Conclusiones

Se confirma que la Etapa 1, tren rápido Alameda Chillán, debiera ser implementada de inmediato. La Etapa 2, extensión Chillán – Concepción, debiera ser postergada o redefinida

Se sugiere iniciar de inmediato los estudios de anteproyecto, diseño operativo y modelo de negocio de la Etapa 1 Alameda - Chillán

Dado que el proyecto contempla la reposición de todos los puentes del trazado, se sugiere diseñar éstos de modo de rectificar el trazado, donde ello sea necesario y posible, así como diseñar los puentes de modo que puedan acomodar vía doble en el futuro próximo.



Puente Maule





Sería conveniente también profundizar el estudio de demanda hasta llegar a la definición de itinerarios. Ello incluye, por ejemplo, la revisión de los puntos de parada. Sería conveniente evaluar la conveniencia de servicios directos Alameda – Chillán, sin detención en Talca, o la inclusión para algunos trenes de una detención adicional, por ejemplo en Curicó.

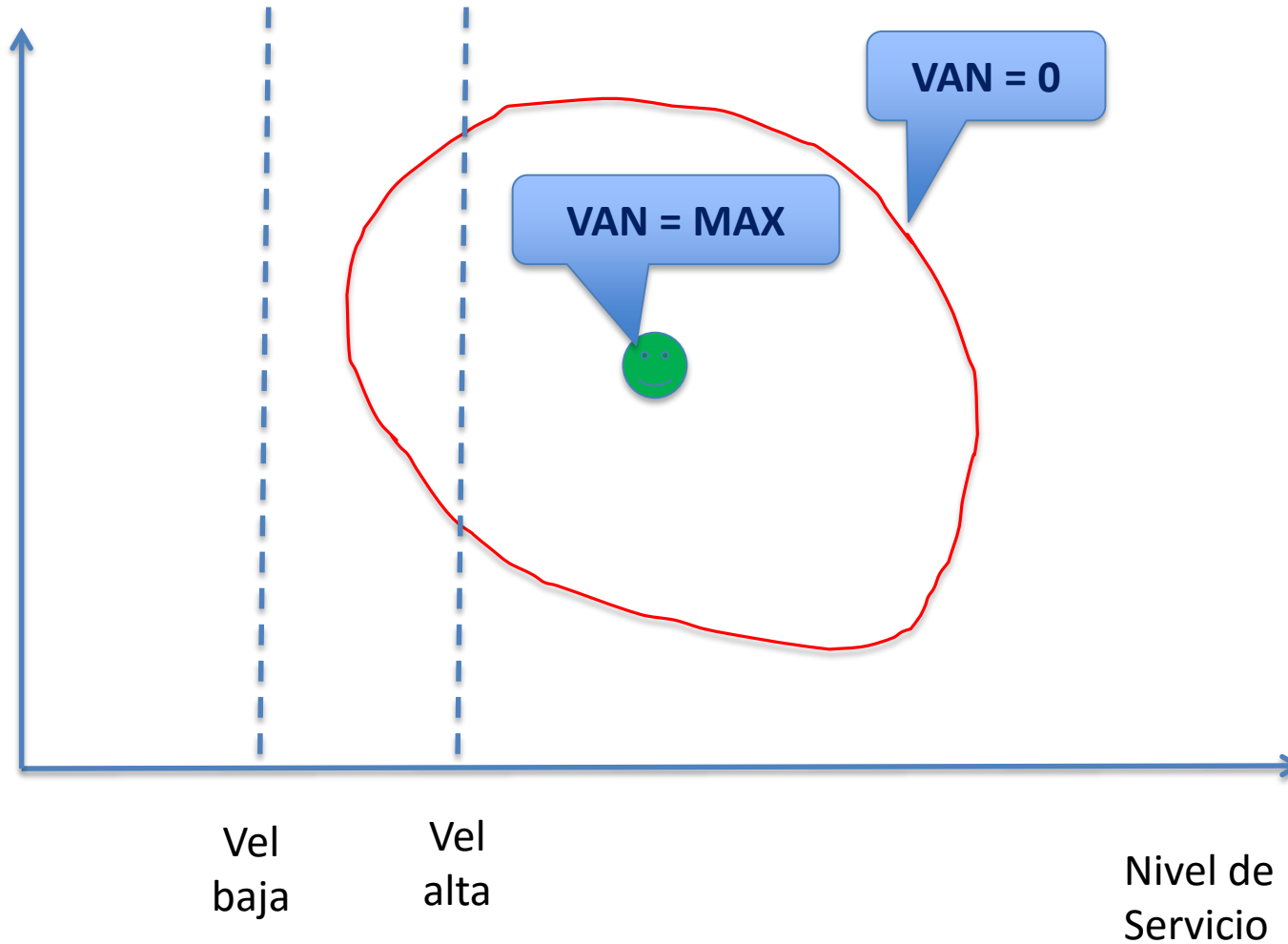
Se propone reestudiar la demanda del tren regional, que resultó socialmente no rentable, mediante modelos con un mayor nivel de detalle. Además, revisar la inversión en talleres y cocheras.

Se recomienda analizar la conveniencia de extender el servicio del tren rápido hasta un lugar próximo a Rucapequén, donde podría habilitarse una estación intermodal para viajes hacia Concepción o hacia el sur del país, vinculada directamente a las autopistas, evitando la congestión urbana de Chillán.

La alta rentabilidad privada de la Etapa 1 indica que sería posible ejecutar el proyecto a través de una concesión al sector privado, para lo cual debiera desde ya iniciarse el diseño del modelo de negocio.



Captación de
demanda





¡MUCHAS GRACIAS!