

# 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	Mario Fuentes – Tristán Gálvez
Empresa/Institución	MOP – CITRA Ltda.
Teléfono	+569 4422 6918
correo electrónico	mario.fuentes@mop.gov.cl- tristan@citra.cl

Identificación de la Iniciativa/Proyecto	
Nombre del proyecto de ingeniería.	ESTUDIOS DE DEMANDA Y EVALUACION SOCIAL: RELICITACIÓN TÚNEL EL MELÓN RELICITACIÓN CAMINO NOGALES – PUCHUNCAVÍ
Empresa, institución o profesional(es) responsable(s) del trabajo realizado.	CITRA Ltda.
Empresa o institución para la cual se realizó el proyecto	Coordinación de Concesiones de Obras Públicas - MOP

## Caracterización Iniciativa/Proyecto

Tipo	
( ) movilidad urbana	( ) logística
( ) seguridad	( ) diseño vial
( ) información	( ) tecnología
( ) institucionalidad	( ) 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	<p>(x ) dimensión física / ingeniería</p> <p>(x ) dimensión económica / financiera</p> <p>( ) dimensión social / participativa</p> <p>Desarrollar:</p>

Etapa de estudio o implementación	
Etapa en que se encuentra	
<input type="checkbox"/> idea	<input type="checkbox"/> factibilidad/diseño
<input type="checkbox"/> perfil	<input type="checkbox"/> construcción
<input checked="" type="checkbox"/> prefactibilidad	<input type="checkbox"/> operación
Fecha de inicio	
Hito de inicio	
Fecha de término	
Hito de término	

Por qué estima que este proyecto debe ser presentado en el Congreso	
Principales resultados y aportes a la práctica de la profesión	
Elementos de innovación	El estudio demuestra que la clave para lograr un buen proyecto es la correcta e imaginativa identificación de alternativas. El conjunto formado por los dos proyectos presentaba rentabilidades más bien dudosas, hasta que se identificó como parte del proyecto una nueva conexión vial entre Puchuncaví y Maitencillo como extensión de la concesión.
Discusión metodológica	En la modelación se usó con éxito el software TRANUS, relativamente poco usado en Chile, demostrando su adecuación y efectividad, especialmente en el análisis de las interacciones entre los dos proyectos.
Otros comentarios	Ambos proyectos se encuentran actualmente en la etapa de licitación de la concesión. El proyecto El Melón fue, si no recuerdo mal, el único proyecto vial mencionado por la presidenta en su cuenta del 1 de junio.

Antecedentes adicionales adjuntos
Presentación final del estudio

# **ESTUDIOS DE DEMANDA Y EVALUACION SOCIAL: RELICITACIÓN TÚNEL EL MELÓN RELICITACIÓN CAMINO NOGALES – PUCHUNCAVÍ**

**PRESENTACION FINAL**



**Gobierno  
de Chile**

**Mandante: Coordinación de  
Concesiones de Obras Públicas**

**Consultor: CITRA Ltda.**

**Enero 2015**



Camino  
Nogales -  
Puchuncaví

Túnel El Melón



## Los Objetivos son los mismos para ambos estudios:

- Realizar un estudio de transporte para analizar, cuantificar y evaluar el mejoramiento de los estándares y niveles de servicio prestados por la actual Concesión
- Determinar de manera precisa la disposición a pagar de los diferentes usuarios
- Construir una red que permita evaluar la solución, en sus aspectos operacionales y tarifarios, con el fin de analizar las reasignaciones
- Calcular la demanda por temporada, por periodo, corte temporal y tipo de vehículo, para las situaciones base y con proyecto
- Determinar los beneficios sociales de la solución propuesta
- Calcular la Rentabilidad Social de la solución propuesta
- Estimar el año óptimo de inversión de la solución propuesta





## **Son dos contratos independientes, sin embargo**

- Los dos proyectos tienen la misma área de influencia
- No sería lógico que, por ejemplo, las proyecciones de flujos futuros en cierto arco dado sean diferentes entre ambos estudios

## **Por lo tanto se decidió, por acuerdo entre Consultor e Inspección Fiscal:**

- Hacer un pool de recursos en los estudios de base, de modo que toda la información sea usada por ambos estudios
- Periodización, zonificación y red de modelación comunes
- Determinar matrices origen destino y rutas de buses comunes
- Calibrar un modelo de asignación único
- Elaborar proyecciones de demanda comunes a ambos estudios
- Definir y usar una situación base única
- Modelar las situaciones con proyecto considerando las interacciones entre el proyecto El Melón y el proyecto Nogales - Puchuncaví



# Periodización



Fueron definidos 6 períodos:

Nocturno (noc)

Bajo (B)

Medio (M)

Alto con flujo predominantemente de ida desde Santiago (A-Ida)

Alto con flujo predominantemente de retorno a Santiago (A-Ret)

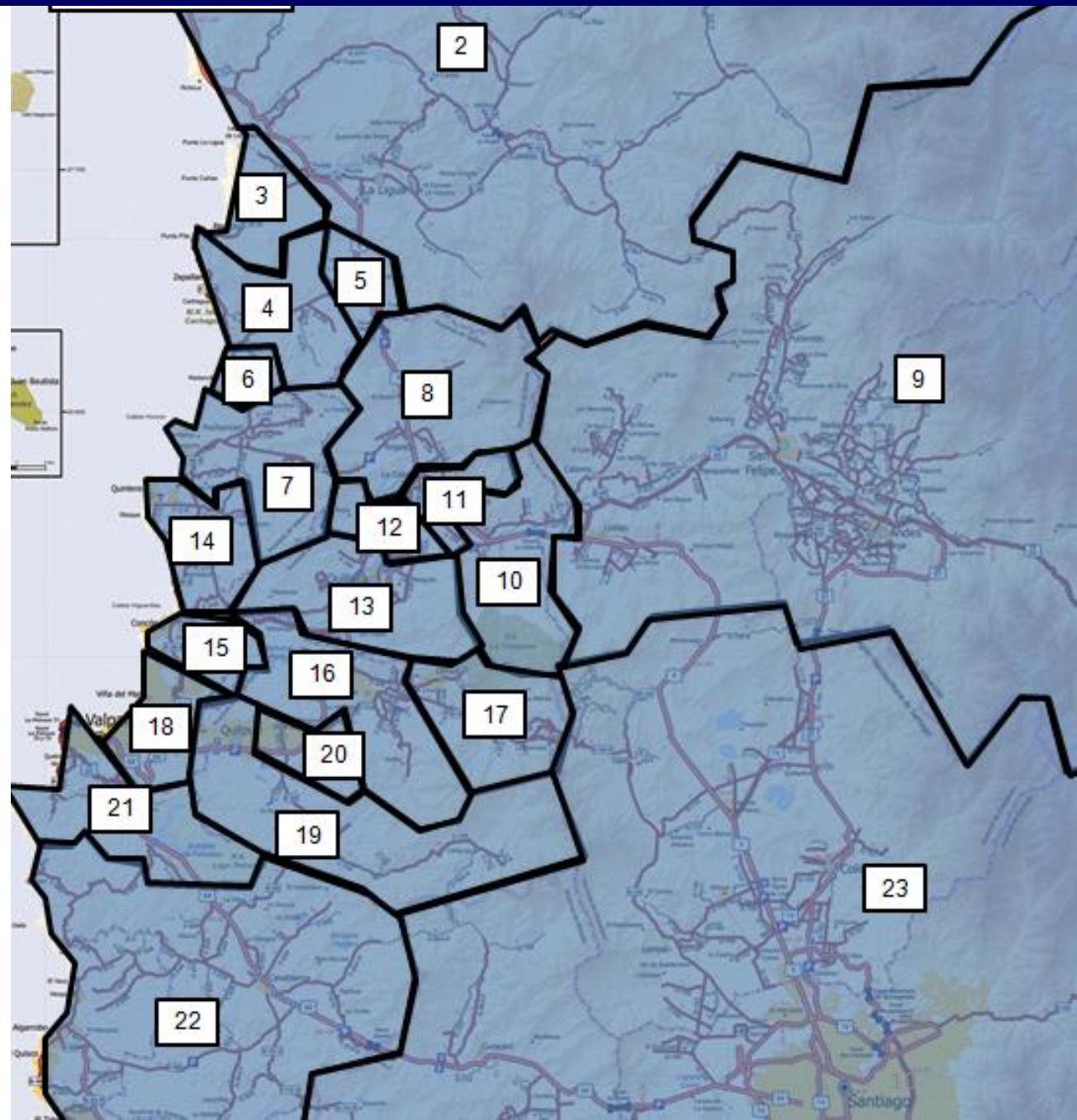
Alto con flujo equilibrado (A-E)

Hora	Temporada Normal			
	Lu Ju	Viernes	Sábado	Domingo
0:00	noc	B	M	noc
1:00	noc	noc	B	noc
2:00	noc	noc	noc	noc
3:00	noc	noc	noc	noc
4:00	noc	noc	noc	noc
5:00	noc	noc	noc	noc
6:00	noc	noc	noc	noc
7:00	B	B	noc	noc
8:00	M	B	B	noc
9:00	M	B	M	noc
10:00	A-E	M	M	noc
11:00	M	A-E	A-E	B
12:00	M	A-E	A-E	B
13:00	M	M	A-E	B
14:00	M	A-E	A-E	B
15:00	M	A-E	A-E	M
16:00	A-E	A-E	M	A-Ret
17:00	A-E	A-E	M	A-Ret
18:00	A-E	A-E	A-E	A-Ret
19:00	A-E	A-E	M	A-Ret
20:00	M	A-E	B	A-Ret
21:00	M	A-E	noc	M
22:00	M	A-E	noc	noc
23:00	B	M	noc	noc

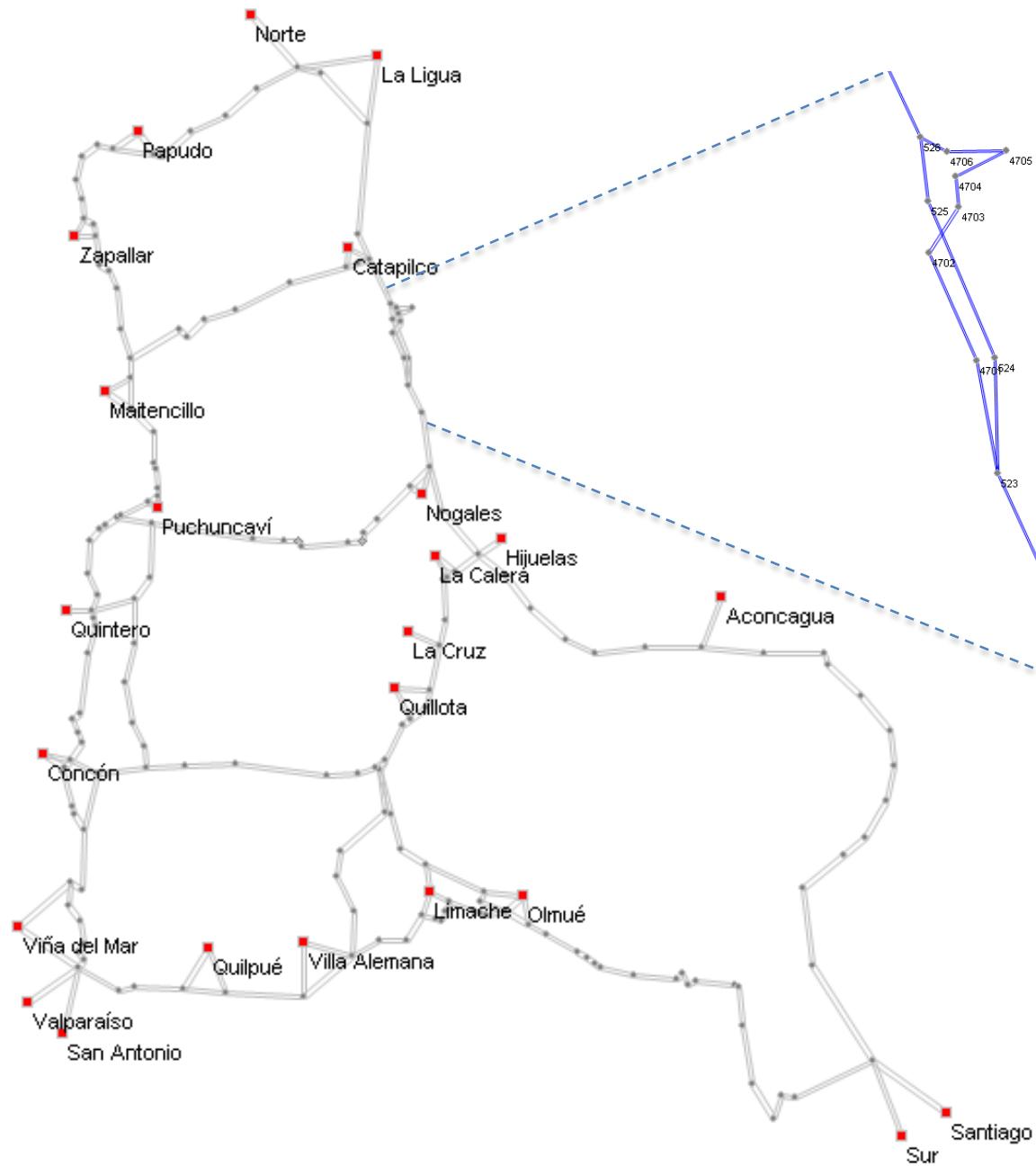
Hora	Temporada Alta			
	LU-JU	VI	SA	DO
0:00	B	B	M	noc
1:00	B	B	B	noc
2:00	noc	noc	noc	noc
3:00	noc	noc	noc	noc
4:00	noc	noc	noc	noc
5:00	noc	noc	noc	noc
6:00	B	B	noc	noc
7:00	B	B	B	noc
8:00	M	M	B	noc
9:00	M	M	M	B
10:00	A-E	M	A-Ida	M
11:00	A-E	A-E	A-Ida	M
12:00	A-E	A-E	A-Ida	A-E
13:00	A-E	A-E	A-Ida	A-E
14:00	A-E	A-E	A-Ida	A-E
15:00	A-E	A-E	A-E	A-E
16:00	A-E	A-Ida	A-E	A-Ret
17:00	A-E	A-Ida	A-E	A-Ret
18:00	A-E	A-Ida	A-E	A-Ret
19:00	A-E	A-Ida	A-E	A-Ret
20:00	A-E	A-Ida	A-E	A-Ret
21:00	A-E	A-Ida	M	A-Ret
22:00	M	A-Ida	B	A-Ret
23:00	B	A-Ida	B	M

# Zonificación

Nº	Nombre
1	Norte
2	La Ligua
3	Papudo
4	Zapallar
5	Catapilco
6	Maitencillo
7	Puchuncaví
8	Nogales
9	Aconcagua
10	Hijuelas
11	La Calera
12	La Cruz
13	Quillota
14	Quintero
15	Concón
16	Limache
17	Olmué
18	Viña del Mar
19	Quilpué
20	Villa Alemana
21	Valparaíso
22	San Antonio
23	Santiago
24	Sur



# Red de Modelación TRANUS





**Fueron realizados en temporada Normal y temporada Alta, incluyendo:**

- **Mediciones Periódicas de flujo, a realizarse en 8 puntos**
- **Encuestas Origen Destino, a realizarse en 7 puntos**
- **Preferencias Declaradas, a realizarse en 7 puntos**
- **Preferencias Reveladas, a realizarse en 7 puntos**
- **Tasas de Ocupación, a realizarse en 7 puntos**
- **Mediciones de velocidad en 10 tramos representativos**
- **Catastro de transporte público**
- **Catastro de oferta vial**

**Estos estudios de base permitieron construir la red de modelación con sus atributos, determinar matrices origen destino a priori, rutas de transporte público, y determinar valores del tiempo por estrato de usuario**



## Puntos de control



# Preferencias declaradas



## SITUACION N°R1

### RUTA A

**Tipo de Ruta:** Autopista

**Distancia de viaje:** 100 km

**Tiempo de Viaje:** 1 hora

**Costo en peajes:** \$1.500



### RUTA B

**Tipo de Ruta:** Calzada simple

**Distancia de viaje:** 120 km

**Tiempo de Viaje:** 2 horas

**Costo en peajes:** Gratis



**1** Sin duda  
prefiero Ruta A

**2** Ruta A es un  
poco mejor

**3** Ruta B es un  
poco mejor

**4** Sin duda  
prefiero Ruta B



# Preferencias declaradas



## Valor del tiempo por estrato de ingreso, vehículos livianos

Estrato	Rango	Valor (\$ de ene de 2014/minuto) Temporada alta	Valor (\$ de jun de 2013/minuto) Temporada normal
VSTE	Empresa	62,4	73,8
VST0	No contesta	74,1	57,9
VST1	Menos de \$ 252.000	46,8	63,3
VST2	Entre \$ 252.001 y \$ 384.000	50,4	58,0
VST3	Entre \$ 384.001 y \$ 584.000	54,2	65,7
VST4	Entre \$ 584.001 y \$ 890.000	61,7	68,7
VST5	Entre \$ 890.001 y \$ 1.354.000	70,9	100,0
VST6	Entre \$ 1.354.001 y \$ 2.062.000	106,0	100,8
VST7	Más de \$ 2.062.000	159,6	199,4

## VST Adoptados

### Temporada Alta

Estrato	VST (\$/minuto)
Muy Bajo	51,5
Bajo	66,0
Medio	106,0
Alto	159,6

### Temporada Normal

Estrato	VST (\$/minuto)
Empresa	73,8
Bajo	63,8
Medio	100,3
Alto	199,3



El catastro de oferta vial permitió clasificar los arcos en 6 tipos  
En temporada normal se midió velocidades de flujo libre en 10 tramos representativos  
En temporada alta se midió velocidades en 4 tramos con congestión

## Ubicación de tramos



## Velocidades de flujo libre

Tipo	Livianos	Camiones	Buses
Autopista	107	88	88
Normal	86	78	82
Ondulado	84	72	72
Cuesta	70	53	
Ripio	52	37	
Urbano	47	44	33

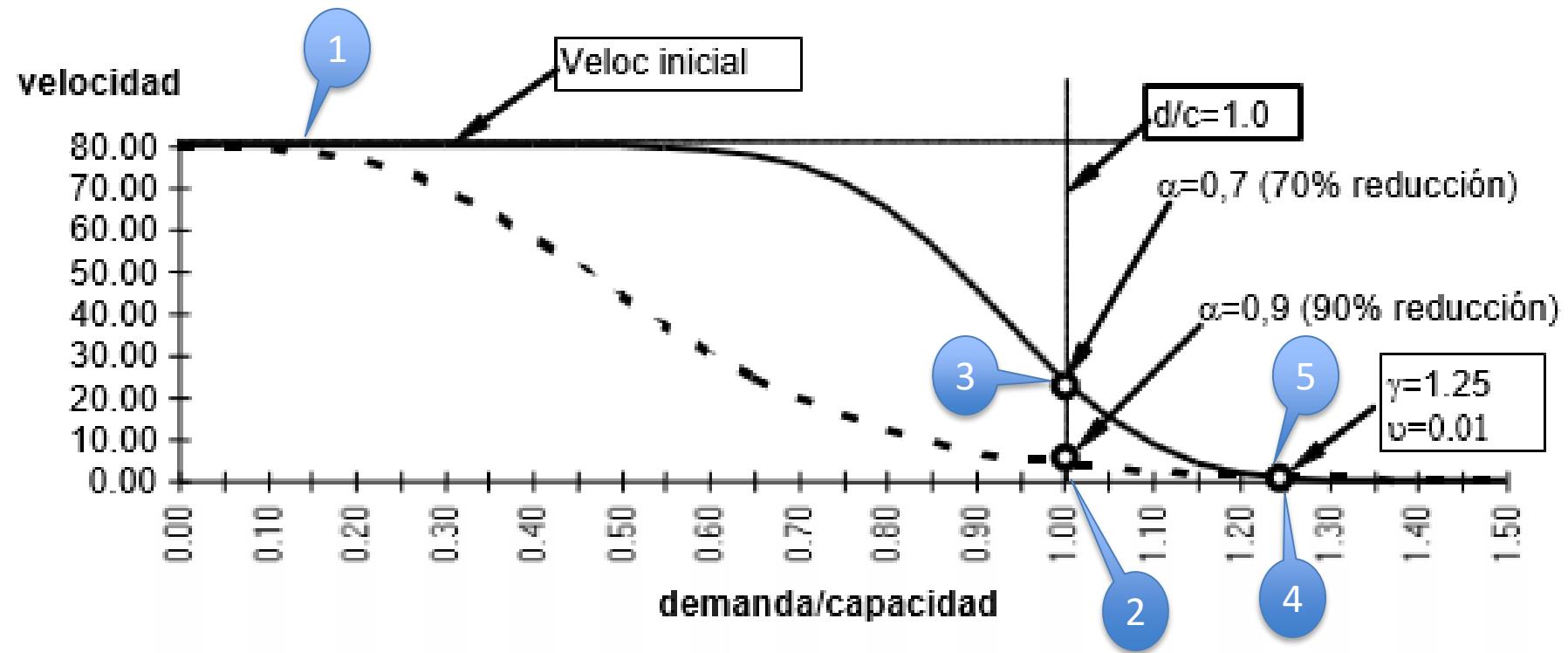


# Curvas flujo - velocidad



Se utilizó las curvas del modelo TRANUS

Los parámetros fueron ajustados para reproducir lo observado





**Criterio: reproducir flujo en 34 movimientos, para 9 períodos (no fueron considerados los períodos nocturnos)**

## Vehículos livianos

### Temporada Normal

Periodo	P1		P2		P3		P4	
Rango	N	%	N	%	N	%	N	%
GEH < 5	33	97%	34	100%	34	100%	34	100%
5 < GEH < 10	1	3%	0	0%	0	0%	0	0%
10 < GEH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	34	100%	34	100%	34	100%	34	100%

### Temporada Alta

Periodo	P1		P2		P3		P4		P5	
Rango	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
GEH < 5	34	100%	34	100%	33	97%	34	100%	34	100%
5 < GEH < 10	0	0%	0	0%	1	3%	0	0%	0	0%
10 < GEH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	34	100%	34	100%	34	100%	34	100%	34	100%



## Camiones

### Temporada Normal

Periodo	P1		P2		P3		P4	
Rango	N	%	N	%	N	%	N	%
GEH < 5	34	100%	32	94%	34	100%	34	100%
5 < GEH < 10	0	0%	2	6%	0	0%	0	0%
10 < GEH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	34	100%	34	100%	34	100%	34	100%

### Temporada Alta

Periodo	P1		P2		P3		P4		P5	
Rango	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
GEH < 5	34	100%	34	100%	34	100%	33	97%	31	91%
5 < GEH < 10	0	0%	0	0%	0	0%	1	3%	3	9%
10 < GEH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	34	100%	34	100%	34	100%	34	100%	34	100%

# Calibración de Rutas Fijas



Criterio: reproducir flujo en 56 movimientos

## Temporada Normal

Periodo	P1		P2		P3		P4	
Rango	N	%	N	%	N	%	N	%
GEH < 5	56	100%	56	100%	56	100%	56	100%
5 < GEH < 10	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
10 < GEH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	56	100%	56	100%	56	100%	56	100%

## Temporada Alta

Periodo	P1		P2		P3		P4		P5	
Rango	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
GEH < 5	55	98%	56	100%	56	100%	56	100%	51	91%
5 < GEH < 10	1	2%	0	0%	0	0%	0	0%	5	9%
10 < GEH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	56	100%	56	100%	56	100%	56	100%	56	100%



**La información base fue la suma de los flujos observados en la plaza de peaje de la ruta Nogales – Puchuncaví, y en la plaza de peaje del Túnel El Melón**

Año	VL	Camiones	Buses
1998	1.275.807	353.709	161.943
1999	1.288.764	324.368	150.562
2000	1.305.682	302.648	155.606
2001	1.295.105	327.905	162.331
2002	1.345.282	359.597	178.808
2003	1.318.876	352.384	192.450
2004	1.410.267	391.933	205.743
2005	1.506.650	449.738	213.484
2006	1.680.192	492.872	215.262
2007	1.865.058	531.640	225.338
2008	1.882.888	557.562	217.561
2009	2.090.064	540.074	219.325
2010	2.163.749	610.139	209.331
2011	2.346.536	689.399	227.258
2012	2.634.781	807.305	248.876





Se calibró modelos del tipo  $F(t) = \exp(a + b*t)$ ,  
con los siguientes resultados:

Tipo de vehículo	Parámetro	Valor	Estadístico t
Vehículos livianos $R^2aj=0,92$	a	-93,0183	-10,73
	b	0,0535	12,38
Camiones $R^2aj=0,91$	a	-117,0819	-10,93
	b	0,0649	12,14
Buses $R^2aj=0,84$	a	-53,0743	-7,05
	b	0,0326	8,66

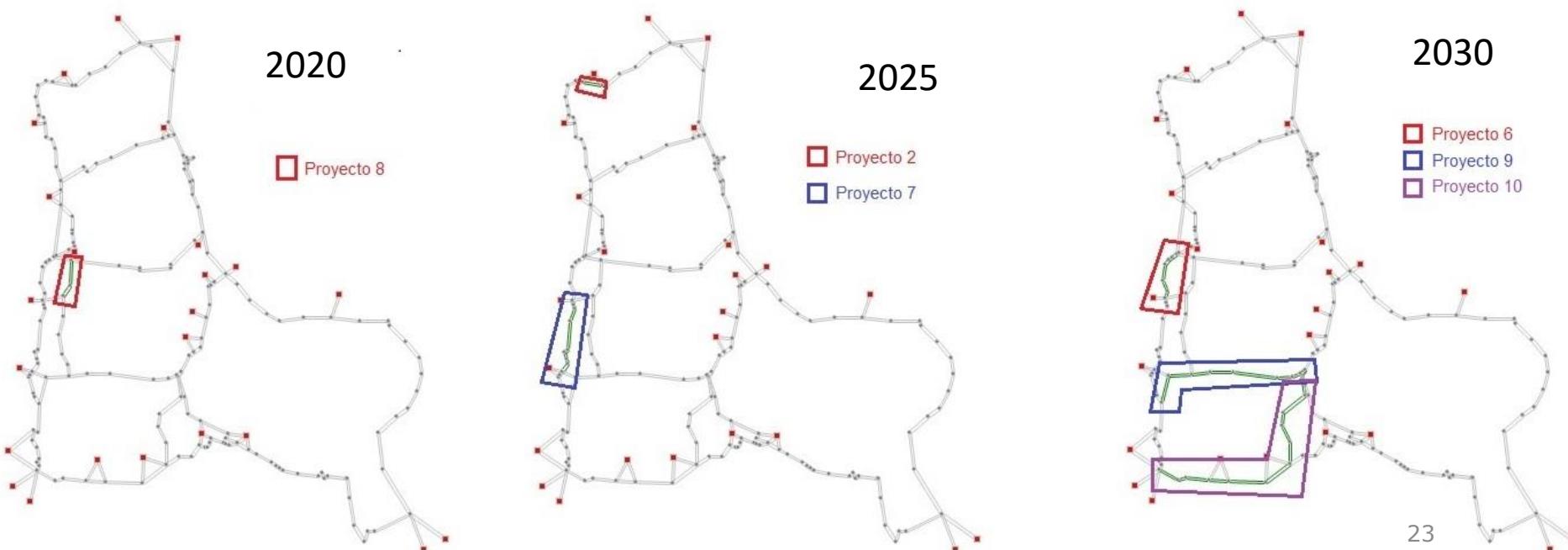
## Tasas de crecimiento y factores de expansión para matrices OD

Año	VL	Camiones	Buses
Tasa	4,93%	5,97%	3,27%
2013	1	1	1
2015	1,101	1,123	1,066
2020	1,401	1,500	1,252
2025	1,782	2,005	1,471
2030	2,267	2,678	1,727

# Situación base



Nombre Proyecto	Tipología	ROL	Longitud (Km)	Año
By pass Papudo	CALZADA SIMPLE	F-30-E	5,0	2025
Ampliación F-30-E: Bif. Quintero – Cruce F-20	DOBLE CALZADA	F-30-E	31,0	2030
Ampliación F-30-E: Concón - Bif. Quintero	DOBLE CALZADA	F-30-E	31,0	2025
Pavimentación F-190	PAVIMENTACIÓN	F-190	9,4	2020
Ampliación Ruta 64	DOBLE CALZADA	64	27,4	2030
Ampliación Ruta 60-Ch: San Pedro - Viña del Mar	DOBLE CALZADA 6 PISTAS	60-CH		2030



# Proyecto Nogales - Puchuncaví



# Proyecto Nogales – Puchuncaví - Inversiones

Ítem	Inversión Estimada (UF)	Factores Inv Social	Factores Valor Residual
<b>Reconstrucción Puentes Existentes</b>	<b>90.019</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Plaza peaje (incluye By-pass Puch)</b>	<b>79.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Cobro electrónico</b>	<b>91.000</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>
<b>Cruces Desnivelados</b>	<b>78.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Sistemas de Contención</b>	<b>55.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0</b>
<b>Rediseño Enlace Puchuncaví</b>	<b>15.778</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Pista para Control de Peso</b>	<b>4.622</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Señalización Vertical y Horizontal</b>	<b>10.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0</b>
<b>Paraderos de Buses</b>	<b>14.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Áreas de Servicio</b>	<b>15.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Doble calzada Nogales - Ruta 5</b>	<b>100.000</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Instalación Postes SOS</b>	<b>12.067</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Señalización Variable</b>	<b>1.900</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>
<b>Sistema de Iluminación</b>	<b>42.629</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>By pass Puchuncaví</b>	<b>436.411</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Expropiaciones para obras Etapa 1</b>	<b>290.000</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Mej. Geométrico Curvas en Cuesta</b>	<b>327.258</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Cruces Desnivelados</b>	<b>124.955</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Estructuras en el sector de mejoramiento de curvas en Cuesta</b>	<b>492.440</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Alargue obras de arte</b>	<b>13.067</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Empalmes Desnivelados</b>	<b>55.892</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Complemento para doble calzada en cuesta</b>	<b>456.351</b>	<b>0,89</b>	<b>0,8</b>
<b>Expropiaciones Complemento dobles calzadas en cuesta</b>	<b>100.000</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Costos iniciales</b>	<b>147.771</b>	<b>0,89</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>3.053.160</b>		

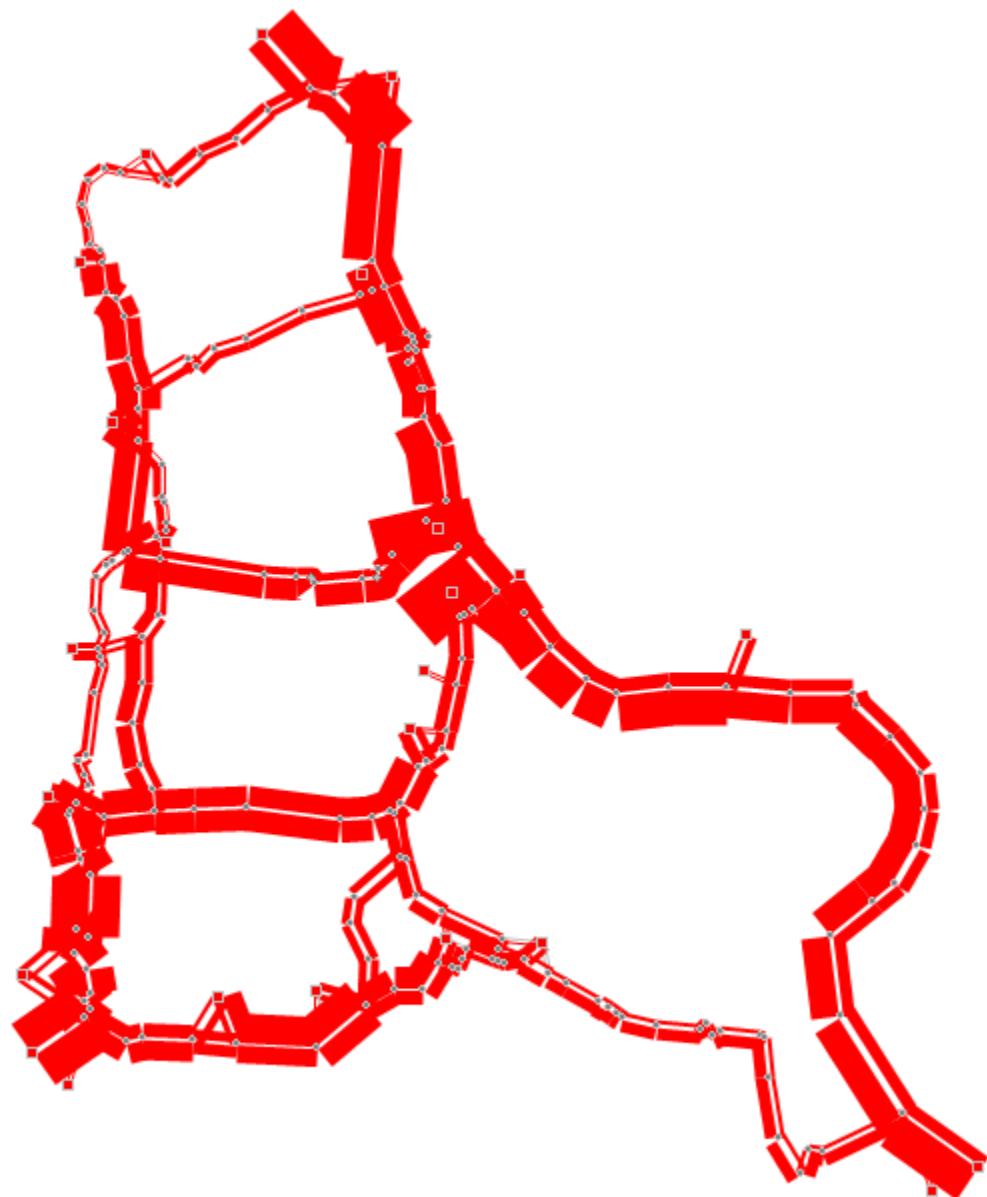


# Proyecto El Melón - Inversiones



Ítem	Inversión Estimada (UF)	Factores Inversión Social	Factores Valor Residual
Actualización Túnel Existente	546.969	0,89	0,8
Mejoramiento de Sistemas Electromecánicos	76.404	0,89	0,8
Obra Vial	24.909	0,89	0,8
Construcción de Nuevo Túnel	1.583.684	0,89	0,8
Sistemas Electromecánicos	128.439	0,89	0,8
Obra Vial Túnel	27.285	0,89	0,8
Obra Vial Accesos	368.531	0,89	0,8
Sistema de Telepeaje TAG	120.000	1,1	0,5
Expropiaciones	10.000	1	1
Estudios	50.000	0,89	0
Pago por Obras Artísticas	10.000	0,89	0
Seguros Garantías y Otros	31.658	0,89	0
Pago al MOP Asesoría Construcción	48.000	0,89	0
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>3.025.879</b>		





**Flujo total  
Año 2020  
Período 1  
Ambos proyectos en servicio**





**Modelaciones preliminares indicaron:**

- Ambos proyectos son rentables
- Año óptimo puesta en servicio de ambos proyectos: 2020

## Estrategia de Evaluación

**Determinar beneficios del proyecto Nogales – Puchuncaví supuesto construido el proyecto El Melón**

**Determinar beneficios del proyecto El Melón supuesto construido el proyecto Nogales – Puchuncaví**

## Fuentes de beneficios

**Ahorros de costos operacionales de vehículos**

**Ahorros de tiempo de vehículos**

**Variación en costos de conservación y operación de infraestructura**

**Valor residual**



# Proyecto Nogales – Puchuncaví - Rentabilidad



Año	Inversión (UF)	Costos Mant y Oper (UF)	Beneficios Sociales (UF)		
			Recursos	Tiempo	Total
2017	-850.843				-850.843
2018	-1.148.181				-1.148.181
2019	-700.580				-700.580
2020		-11.173	42.928	141.090	172.844
2021		-11.173	43.610	152.247	184.684
2022		-11.173	44.302	164.287	197.416
2023		-11.173	45.006	177.279	211.112
2024		-11.173	45.721	191.298	225.847
2025		-11.173	46.448	206.426	241.701
2026		-18.293	46.390	237.552	265.649
2027		-11.173	46.332	273.371	308.530
2028		-11.173	46.275	314.591	349.693
2029		-11.173	46.217	362.027	397.071
2030		-18.293	46.160	416.615	444.481
2031		-11.173	46.102	479.434	514.363
2032		-11.173	46.045	551.725	586.597
2033		-11.173	45.988	634.916	669.731
2034		-41.433	45.931	730.651	735.149
2035		-11.173	45.874	840.822	875.523
2036		-11.173	45.817	967.605	1.002.248
2037		-11.173	45.760	1.113.504	1.148.091
2038		-18.293	45.703	1.281.403	1.308.813
2039	2.055.534	-11.173	45.646	1.474.619	3.564.625

Inv	2.699.604
VPB	5.829.394
VAN	2.630.593
VAN1	401
TIR	11,69%
TRI	6,01%

# Proyecto El Melón - Rentabilidad



Año	Inversión (UF)	Costos Mant y Oper (UF)	Beneficios Sociales (UF)		
			Recursos	Tiempo	Total
2017	-407.900				-407.900
2018	-951.766				-951.766
2019	-1.359.666				-1.359.666
2020		-15.666	18.007	178.483	180.824
2021		-15.666	18.986	188.619	191.939
2022		-15.666	20.018	199.331	203.683
2023		-15.666	21.107	210.650	216.091
2024		-15.666	22.254	222.613	229.201
2025		-15.666	23.464	235.255	243.053
2026		-24.379	24.330	250.617	250.568
2027		-15.666	25.228	266.983	276.545
2028		-15.666	26.159	284.417	294.910
2029		-15.666	27.125	302.990	314.449
2030		-15.666	28.126	322.776	335.235
2031		-15.666	29.164	343.853	357.351
2032		-15.666	30.240	366.307	380.882
2033		-24.379	31.356	390.228	397.205
2034		-15.666	32.514	415.710	432.558
2035		-15.666	33.714	442.857	460.904
2036		-15.666	34.958	471.776	491.068
2037		-15.666	36.248	502.583	523.165
2038		-15.666	37.586	535.403	557.323
2039	2.038.429	-15.666	38.973	570.365	2.632.102

Inv	2.719.332
VPB	4.157.431
VAN	1.117.178
VAN1	10.578
TIR	9,42%
TRI	6,40%





**Fueron realizados los siguientes análisis, para ambos proyectos**

**Caso 1: Los beneficios se mantienen constantes a partir del año 2030**

**Caso 2: La inversión aumenta en un 20%**

**Caso 3: Los beneficios disminuyen en un 20%**

**Caso 4: 2 y 3**

**Caso 5: 1 y 2**

**Caso 6: 1 y 3**

**Caso 7: 1, 2 y 3**

**Para el proyecto El Melón, salvo en casos 4 y 7, la TIR se mantuvo sobre el 6%**

**Para el proyecto Nogales – Puchuncaví, salvo en caso 7, la TIR se mantuvo sobre el 6%**





**Ambos proyectos propuestos son rentables socialmente, incluso evaluados en el escenario de que el otro proyecto se encuentra ejecutado**

**La construcción debiera realizarse en el período 2017 – 2019 de modo que sean puestos en servicio en el año 2020**



# Gracias



Gobierno  
de Chile