ANEXO IV.2
Estudio de Impacto Vial



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO PUERTO ATACAMA
COMPAÑÍA MINERA CARMEN
OCTUBRE 2011

SFE-INF03AIV.2-163-REV-0

geobiota consultores

CONTENIDO

IV.2-1 INTRODUCCIÓN IV.2-1
IV.2-2 RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES IV.2-1
IV.2-2.1 Sistema de actividades IV.2-1
IV.2-2.2 Información de flujo por rutas IV.2-2
IV.2-3 DEFINICIONES BÁSICAS IV.2-5
IV.2-3.1 Definición del área de influencia IV.2-5
IV.2-3.2 Periodización IV.2-8
IV.2-3.3 Corte temporal IV.2-13
IV.2-3.4 Tasas de crecimiento vehicular IV.2-13
IV.2-4 ESTUDIO DE BASE IV.2-13
IV.2-4.1 Generalidades IV.2-13
IV.2-4.2 Catastro físico – operativo IV.2-13
IV.2-4.3 Mediciones de flujo vehiculares IV.2-14
IV.2-5 ANÁLISIS ESCENARIO ACTUAL IV.2-18
IV.2-5.1 Oferta vial escenario actual IV.2-18
IV.2-5.2 Evaluación de nivel de peligrosidad IV.2-37
IV.2-6 ANÁLISIS ESCENARIO BASE Y CON PROYECTO IV.2-38
IV.2-6.1 Oferta vial escenario base IV.2-38
IV.2-6.2 Estimación de demanda del Proyecto IV.2-38
IV.2-7 MODELACIÓN TÁCTICA IV.2-40
IV.2-7.1 Indicadores de modelación IV.2-41
IV.2-7.2 Modelación IV.2-42
IV.2-7.3 Conclusiones IV.2-47
IV.2-8 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS IV.2-47
IV.2-8.1 Generalidades IV.2-47
IV.2-9 ASPECTOS DE DISEÑO Y SEGURIDAD VIAL IV.2-48
IV.2-9.1 Generalidades IV.2-48
IV.2-9.2 Diseño de accesos IV.2-48
IV.2-9.3 Verificación de visibilidad en intersecciones relevantes IV.2-54
IV.2-9.4 Señalización y demarcación IV.2-56

IV.2-1 INTRODUCCIÓN

El presente Anexo contiene los resultados del Estudio de Impacto Vial realizado en el marco de la evaluación ambiental del Proyecto Puerto Atacama, de Compañía Minera Carmen.

IV.2-2 RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES

IV.2-2.1 Sistema de actividades

Las principales actividades económicas del área donde se emplaza el Proyecto son la minería, pesca-acuicultura y actividades portuarias.

En relación con la minería, ésta constituye la principal actividad económica regional, basada en las grandes reservas de minerales metálicos existentes, dentro de los que se cuentan el hierro, cobre, plata, oro y molibdeno.

De acuerdo al gobierno regional, el sector minero aporta el 46,9% del PIB regional, lo que representa el 80,4% de las exportaciones totales de esta región, siendo sus principales mercados Europa, Japón y Estados Unidos.

En esta zona, se desarrolla la explotación de hierro, mineral de gran importancia por sus aplicaciones en el acero para la construcción. Sus principales yacimientos a nivel regional corresponden a: El Algarrobo, a 45 km de Vallenar, y los que están en las cercanías de Chañaral, como La Suerte, El Carmen y la Hermanita.

A su vez, el cobre está representado, por la división Salvador de Codelco, que tiene a su cargo la mina Inca de explotación subterránea, y las minas Campamento Antiguo y Damiana Norte, a rajo abierto.

En cuanto a la minería no metálica, esta zona es rica en rocas minerales como la baritina, el mármol, el carbonato de calcio, el cuarzo, la fosforita y la dolomita. Esta última, es una roca que sólo se explota en esta región.

FIGURA IV.2-1. YACIMIENTOS MINEROS DEL ENTORNO



IV.2-2.2 Información de flujo por rutas

Con el objetivo de conocer el comportamiento del flujo vehicular que transita por las vías a utilizar por el Proyecto se recopiló información en el Departamento de Estadísticas y Censos de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas, la cual se presenta a continuación.

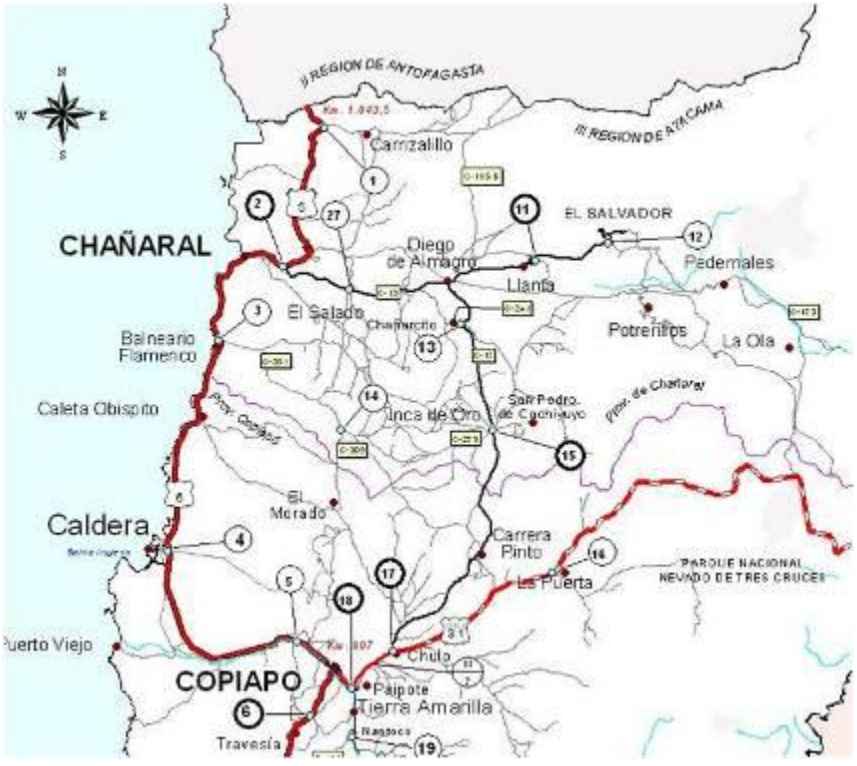
IV.2-2.2.1 Plan nacional de censo

El Departamento de Estadísticas y Censos de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas ha censado sistemáticamente la red de caminos chilenos, con el objeto de conocer el comportamiento del tránsito y determinar las principales características de la utilización de los caminos nacionales.

Para evaluar el volumen de tránsito por las vías utilizadas por el Proyecto, se recogió la información de la estación N°3, correspondiente al cruce de la Ruta 5 con C-261.

Gráficamente, el punto de control se presenta en la siguiente figura:

FIGURA IV.2-2. LOCALIZACIÓN ESTACIÓN DE MEDICIÓN

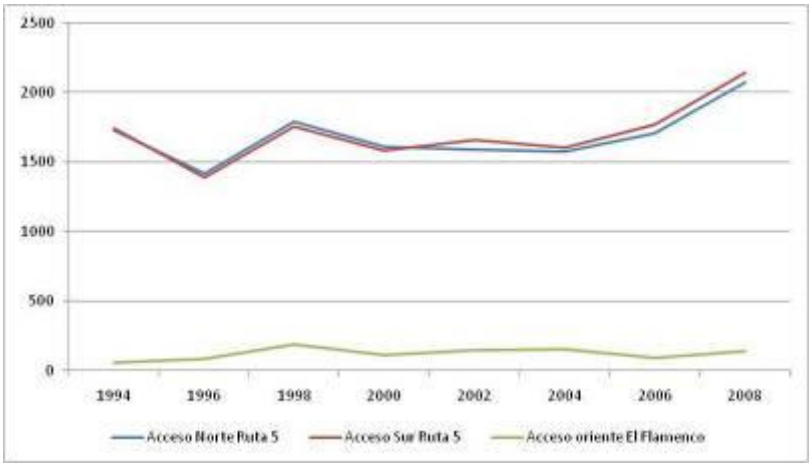


Fuente: Vialidad MOP.

La información recopilada en dicha estación corresponde al Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) y el Tránsito Medio Diario (TMD) por temporada, el cual considera la cantidad de vehículos que transitan por una vía determinada, en ambos sentidos.

Para el caso del punto de control señalado, se tomarán los datos referidos al acceso oriente Bif. El Flamenco, acceso norte Ruta 5 y acceso sur Ruta 5, los cuales se pueden apreciar en la siguiente figura:

FIGURA IV.2-3. TMDA ESTACIÓN Nª 3



Fuente: Plan Nacional de Censo, Vialidad MOP.

Los tramos Ruta 5 norte y Ruta 5 sur son especialmente relevantes para efectos del presente estudio, dado que serán utilizados principalmente por los camiones desde y hacia el Proyecto, tanto en la fase de construcción como en la fase de operación, mientras que el tramo acceso oriente El Flamenco indica el flujo que se dirige hacia / desde Manto Verde.

De acuerdo a la figura anterior, el tramo Sur de la Ruta 5 es el que presenta mayor flujo vehicular medido en los últimos años, alcanzando el mayor TMDA en el año 2008, con 2.139 vehículos / día. Asimismo, el tramo norte de la Ruta 5 presenta un elevado flujo durante el año 2008 con 2.075 vehículos / día. En ambos accesos se observa un incremento de tránsito importante entre los años 2004 y 2008.

Finalmente, el tramo oriente El Flamenco corresponde al tramo que presenta menor flujo vehicular, registrando el menor TMDA durante el año 1994, y llegando a su mayor concentración en el año 1998.

En la siguiente tabla se detalla el valor del TMD por temporada, considerando los dos últimos años de medición.

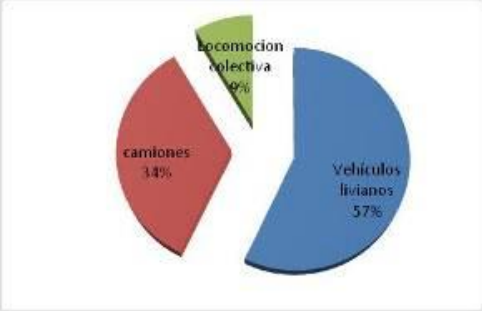
TABLA IV.2-1. TMD POR TEMPORADAS, AÑO 2006-2008

Año	Temporada	Movimientos Desde - Hacia			Total
		Antofagasta (Ruta 5 norte)	Copiapó (Ruta 5 sur)	Bif. El Flamenco	
2008	Verano	2.832	2.888	680	6.400
	Invierno	1.808	1.887	185	3.880
	Primavera	1.586	1.643	176	3.405
2006	Verano	2.411	2.441	555	5.407
	Invierno	1.440	1.502	100	3.042
	Primavera	1.281	1.351	191	2.823
Promedio general		1.893	1.952	315	4.160

Fuente: PNC, Vialidad MOP.

De acuerdo a la tabla anterior, el periodo con mayor flujo vehicular corresponde a la temporada de verano. Con respecto a la distribución por tipo de vehículo, la estación ubicada en el cruce Bif. El Flamenco con Ruta 5 presenta la siguiente distribución:

FIGURA IV.2-4. DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO



Fuente: PNC, Vialidad MOP.

Tal como se presenta en la figura anterior, en el cruce Bif. El Flamenco con Ruta 5, si bien transita mayor número de vehículos livianos (igual que la mayor parte de los puntos censados por vialidad), se observa una participación bastante alta de camiones, lo que se explica por las actividades industriales y mineras del entorno.

IV.2-2.2.2 Factor de conversión de flujo por temporada

Como se puede observar en la sección 3.2.1, la temporada que presenta el mayor flujo vehicular en la Ruta 5, unos 18,6 kilómetros al sur del acceso al Proyecto, corresponde a la temporada de verano. Dado que las mediciones realizadas en terreno se realizaron en la temporada de invierno, se debe incorporar un factor de conversión de flujo por temporada.

Para determinar este ajuste, se tomó como referencia la estación Nº 3, correspondiente a la más cercana al Proyecto. En particular, se consideraron las mediciones realizadas por el censo de vialidad 2006 y 2008 en Ruta 5 (acceso norte y sur), tal como se presenta en la siguiente tabla:

TABLA IV.2-2. FACTOR DE CONVERSIÓN DE FLUJO DESDE TEMPORADA DE INVIERNO A VERANO

Año	Temporada	Movimientos Desde - Hacia		Total
		Antofagasta (Ruta 5 norte)	Copiapó (Ruta 5 sur)	
2008	Verano (V)	2.832	2.888	5.720
	Invierno (I)	1.808	1.887	3.695
	Factor V / I	1,6	1,5	1,5
2006	Verano (V)	2.411	2.441	4.852
	Invierno (I)	1.440	1.502	2.942
	Factor V / I	1,7	1,6	1,6
Factor promedio V / I		1,6	1,6	1,6

Fuente: PNC, Vialidad MOP.

Tal como se observa en la tabla anterior, el factor de conversión de los flujos vehiculares desde la temporada de invierno a verano es de 1,6.

IV.2-3 DEFINICIONES BÁSICAS

IV.2-3.1 Definición del área de influencia

El Proyecto Puerto Atacama, se ubica a unos 10 kilómetros al sur-poniente de Chañaral cerca de la Playa Hippie en la comuna de Chañaral, III Región de Atacama. Dada su ubicación, la principal vía de ingreso será la Ruta 5, la cual brinda adecuada accesibilidad desde cualquier origen dentro de la región. Asimismo, la localización de la oferta de productos de embarque permitirá definir, derroteros más probables y estimar una distribución aproximada de viajes por rutas.

Una parte significativa del transporte de concentrado de hierro provendrá desde Minera Santa Fe en sus distintas faenas mineras, principalmente en Mina Carmen, ubicado en la comuna de Chañaral. En tanto, se considera que la soya será transportada principalmente desde el norte de Argentina y Brasil. Adicionalmente, el traslado de personal se realizará desde el sur y norte del Proyecto, pero la mayor parte del personal vendrá desde Chañaral. Por tanto, los viajes del Proyecto circularán principalmente por las siguientes rutas:

- Ruta 5 (en dirección sur de la C-288)– Ruta C-288
- Ruta 5 (en dirección norte de la C-288)– Ruta C-288

De acuerdo a lo anterior, se ha definido como área de influencia aquella zona comprendida por la Ruta C-228, y la Ruta 5 entre Chañaral y la Ruta C-261.

En la siguiente figura se presenta el trazado de los ejes que conforman el área de influencia del Proyecto:

FIGURA IV.2-5. ÁREA DE INFLUENCIA



A continuación se presenta una descripción de las vías consideradas dentro del área de influencia, de acuerdo a la información entregada por el departamento de Vialidad MOP y la información catastrada en terreno. Posteriormente en la sección IV.2-5 es posible conocer la caracterización realizada sobre la base de la información recopilada a través del terreno.

IV.2-3.1.1 Ruta 5

Dentro de la Región de Atacama alcanza una longitud total de 483 km. A lo largo de todo este tramo se presenta como calzada doble hasta el sector de Caldera y al norte de ésta localidad con calzada simple de 7 metros de ancho, más una berma construida de 1,5 m aproximadamente a cada costado de la ruta. Su tránsito es bidireccional con orientación norte-sur.

En el área de influencia la carpeta es de asfalto con calzada simple de 7 metros de ancho, más una berma construida de 1,5 m encontrándose en buenas condiciones, al igual que la señalización vertical y las demarcaciones observadas.

FIGURA IV-2.6. RUTA 5 NORTE SENTIDO NORTE-SUR



FIGURA IV-2.7. RUTA 5 NORTE SENTIDO SUR-NORTE



IV.2-3.1.2 Ruta acceso al Proyecto (C-228)

Esta vía presenta una carpeta de base granular en buen estado de conservación, y tiene un ancho aproximado de 8 metros. Las señales verticales se presentan en buen estado de conservación y no presenta demarcaciones.

TABLA IV.2-3. RESUMEN CARACTERÍSTICAS VIALES DE LAS PRINCIPALES VÍAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Nombre Vía	Tipo calzada	Tipo carpeta	Estado señales	Estado Demarcaciones	Sentido tránsito
Ruta 5	Simple	Asfalto	Bueno	Bueno	N – S S – N
Ruta Acceso Proyecto	Simple	Granular	Bueno	------	O –P P – O

IV.2-3.2 Periodización

El concepto de periodización está íntimamente ligado al concepto de congestión. La congestión produce, como efecto principal, que los consumos de recursos en la operación de vehículos y la utilidad de viaje percibida por los usuarios varíen en función del flujo.

En vías en que los vehículos pueden circular en condiciones de flujo libre, el costo de operación de ellos es directamente proporcional al volumen de tránsito. Sin embargo, cuando el volumen vehicular (en términos de nivel, composición y reparto por sentido de tránsito), comienza a afectar la velocidad de desplazamiento de los vehículos, situación denominada "congestión", se pierde la linealidad que existe entre los costos de operación y el volumen de tránsito. En esta última condición surge la necesidad de trabajar con un enfoque diferente, incorporando como herramienta de análisis la definición de períodos representativos del total de horas del año.

Atendiendo a lo señalado, y con el objeto de obtener una adecuada periodización, se decidió efectuar una medición de flujo continua en la intersección más cercana al Proyecto y utilizar la metodología de Análisis de Conglomerado o Cluster (Cramer, H. 1968). Esta última busca establecer una clasificación de grupos mediante una minimización de la distancia euclidiana (suma de los cuadrados de las diferencias sobre las variables de agrupación), en función del flujo equivalente por sentido.

En particular, para una base de datos específica, el análisis consiste básicamente en definir qué registros pueden ser incorporados en cada grupo predefinido. Una vez establecido el número de grupos a analizar, éstos son conformados a partir de la muestra total considerando como criterio de formación de grupos una minimización de una medida de distancia entre los registros. Como medida de la distancia se ha escogido la distancia euclidiana, de tal forma que el problema de minimización se puede formular de la siguiente manera:

$$\mathrm{Min} \sum_{j} \sum_{i \in S_j} d_{ij}$$

$$con$$

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k} (qe_{ij}^{k} - \overline{qe_{j}^{k}})^{2}}$$

Donde

$qeij^k$: i-ésimo elemento (flujo equivalente) perteneciente al grupo (subconjunto) Sj en el sentido de dirección k,

qej^k: media entre los elementos pertenecientes al subconjunto Sj en el sentido de dirección k.

Este problema es resuelto mediante algoritmos de búsqueda exhaustiva, incorporados en gran parte de los paquetes estadísticos actualmente vigentes.

La medición continua se realizó en la intersección Ruta 5 con Av. Costanera, el día miércoles 15 de junio de 2011 entre 7:00 y 20:00 horas.

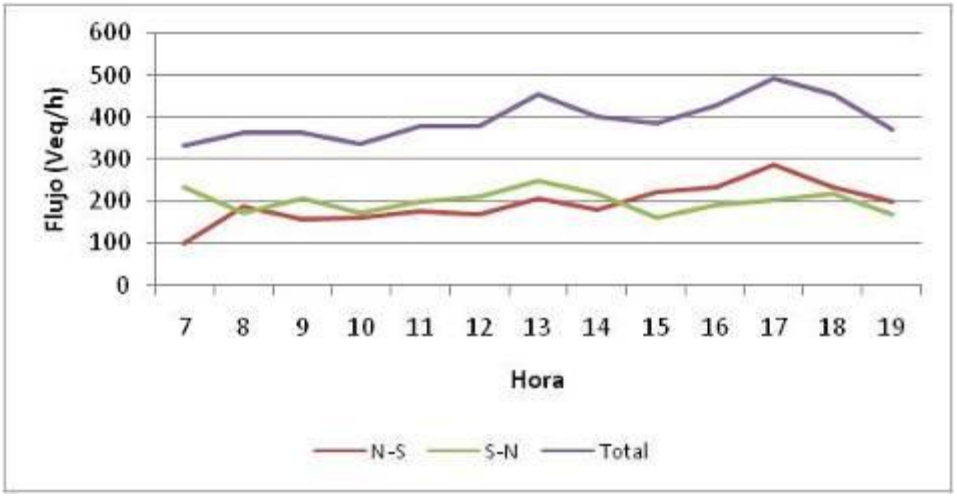
Como resultado se obtuvo el histograma de flujo correspondiente a la Ruta 5, el que se presenta en la Figura IV.2-8, considerando como base los factores de equivalencia de la Tabla IV.2-4.

TABLA IV.2-4. FACTORES DE EQUIVALENCIA

Tipo de Vehículos	Factor de Equivalencia
Vehículos Livianos y Taxis	1,00
Taxibuses	1,65
Buses	2,00
Buses Articulados	3,00
Camiones 2 ejes	2,00
Camiones de más de 2 ejes	2,50

Fuente: MESPIVU (1989).

FIGURA IV.2-8. HISTOGRAMA DE FLUJO DE RUTA 5, SENTIDO N-S Y S-N (VEQ / HORA)



Para la aplicación de la metodología considerada se realizaron diversas agrupaciones variando la cantidad de períodos o cluster predefinidos. Se obtuvieron buenos resultados con dos clusters o períodos, cuyo detalle se presenta en la Tabla IV.2-5. Se observa que el período de mayor carga se genera entre 16 y 18 horas; vale decir, en período punta tarde.

TABLA IV.2-5. PERIODIZACIÓN

Hora	Flujo Ruta 5 Veq / hora			Período
	N-S	S-N	Total	
7	101	233	334	1
8	189	176	364	2
9	157	208	365	1
10	164	173	337	1
11	179	201	379	1
12	171	210	381	1
13	206	250	456	2
14	180	221	401	1
15	225	163	388	2
16	236	193	429	2
17	288	204	492	2
18	235	219	454	2
19	200	171	371	2

La validación del número de períodos, se efectuó mediante un test de contrate ANOVA, que básicamente verifica que dos o más grupos pertenezcan o no a la misma población (similares medias), con el cierto nivel de confianza. En particular, el modelo considera la siguiente expresión:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde,

Y_{ij}: Observación j-ésima del nivel i.

μ: Media general

α_i: Efecto del i-ésimo grupo (variabilidad entre grupos)

ε_{ij}: Error aleatorio independiente N(0,σ) (variabilidad intra grupos)

El contraste comprueba la no influencia del factor α, es decir, que todos los grupos provienen de la misma población. En ese contexto, se considera la siguiente hipótesis nula:

$$H_o = \alpha_1 + \ldots + \alpha_k.$$

Si se define SCI (suma de cuadrados intra grupos) como la variabilidad total de las observaciones alrededor de cada una de las medias muéstrales, y SCE (suma de cuadrados entre grupos) como la variabilidad de las medias muéstrales de cada grupo alrededor de la media general, se puede demostrar que:

- SCI / σ^2 distribuye χ^2 con k(N-1) grados de libertad.
- SCE / σ^2 distribuye χ^2 con (k-1) grados de libertad.

Donde N es el tamaño muestral y k el número de grupos.

De este modo, la variabilidad entre grupos no deberá superar significativamente a la variabilidad intra grupo; vale decir, el cuociente SCE / SCI no deberá ser significativamente grande. La distribución resultante es:

$$\frac{SCE}{SCI} \rightarrow F_{(k-1),(N-k)} \rightarrow F$$

Así, para un nivel de significación de α, se tiene que:

- Si $F_\alpha > F$ Se rechaza H_0, es decir, las medias de los grupos no son iguales.
- Si $F_\alpha < F$ No se rechaza H_0, es decir, las medias de los grupos son iguales.

Los resultados obtenidos, para un nivel de confianza de 95%, se presentan en la siguiente tabla. Se observa que se rechaza la hipótesis nula, es decir, los dos grupos presentarían medias distintas.

TABLA IV.2-6. RESULTADOS ANOVA

Parámetros	F(k-1),(N-k)	Fα=5%	Ho
N = 13	4,84	6,04	Se rechaza
K = 2			

Finalmente, se calculó el coeficiente de variación (CV = desviación estándar / media de los datos) de los datos asociados a cada variable. Los resultados se presentan a continuación.

TABLA IV.2-7. COEFICIENTES DE VARIACIÓN DEL FLUJO DE LA RUTA 5 EN CADA CLUSTER

Período	Variable	D. Estándar (s) [veq/h]	Media (m) [veq/h]	CV (s/m)
1	Flujo NS	30	159	19%
	Flujo SN	20	208	10%
2	Flujo NS	33	226	15%
	Flujo SN	31	197	16%

De la tabla anterior se observa que los coeficientes de variación dentro de cada período son bastante bajos, siendo el caso más desfavorable corresponde a cluster 1 para la variable Flujo N-S, con un coeficiente de variación de 19%. Por consiguiente, se considera adecuada la periodización expuesta.

Sin embargo, es posible que el período de mayor carga comience algunos minutos antes o se extienda algunos minutos después del horario establecido. En ese contexto, la siguiente tabla presenta el flujo vehicular en las cercanías de los horarios punta, con el objeto de definir adecuadamente el intervalo de mayor carga.

TABLA IV.2-8. FLUJO VEHICULAR ENTORNO PERÍODO PUNTA

HORA	MINUTOS	Flujo (veq / cuarto hora)		
		N-S	S-N	TOTAL
15	00	41	50	90
	15	55	34	89
	30	74	41	115
	45	56	39	95
16	00	70	44	113
	15	45	52	97
	30	66	40	106
	45	55	58	113
17	00	82	46	127
	15	70	28	97
	30	72	57	129
	45	66	74	140
18	00	71	62	133
	15	82	42	124
	30	44	70	113
	45	39	46	85
19	00	50	36	86
	15	43	43	86
	30	56	49	105
	45	52	44	95
Total general		1189	955	2138

En función de la tabla anterior, se observa que el mayor flujo se encuentra dentro del período Punta Tarde, entre las 17:30 h y las 18:30 h.

IV.2-3.3 Corte temporal

Conforme a la metodología SEISTU MINVU (2003), se considera establecer un corte temporal al año siguiente del cual el Proyecto se encuentre terminado y operando plenamente. Esto tiene la ventaja de ver su funcionamiento ante condiciones más desfavorables de flujo.

De acuerdo a los antecedentes del titular, el Proyecto iniciará sus obras en agosto de 2012, y la construcción se extenderá hasta agosto de 2014. Por lo tanto, se espera que el Proyecto inicie su operación ese mismo año. Adicionalmente, la fase de operación corresponde a aquél en que el Proyecto generará su mayor impacto vial. Por tal razón, se considerará como corte temporal de análisis el año 2015 cuando el Proyecto tenga un año de funcionamiento.

IV.2-3.4 Tasas de crecimiento vehicular

Para efectos de proyección del flujo vehicular se utilizaron las tasas de crecimiento recomendadas por SECTRA (1998)[1], las que se presentan en la siguiente tabla:

TABLA IV.2-9. TASA ANUAL DE CRECIMIENTO POR TIPO DE VEHÍCULO

Tipo de Vehículo	Tasa Crecimiento Anual (%)
Vehículos Livianos	6,5
Transporte Público (buses y taxis colectivos)	2,5
Camiones de 2 ejes	2
Camiones + de 2 ejes	5,5

Fuente: SECTRA (1998).

IV.2-4 ESTUDIO DE BASE

IV.2-4.1 Generalidades

Los estudios de base estuvieron orientados principalmente a obtener la distribución diaria de vehículos en las principales rutas de acceso al Proyecto Puerto Atacama y a determinar el flujo vehicular por período en los puntos relevantes de la red. Para esto, se desarrollaron mediciones continuas en dos puntos.

Adicionalmente, se obtuvieron las características físico – operativas de la red vial del área de influencia, cuyo detalle se presenta en las secciones siguientes.

IV.2-4.2 Catastro físico - operativo

El catastro físico – operativo consideró la recopilación de antecedentes relativos a la forma de operación del sistema vial relevante. Lo anterior, fue realizado a partir de trabajo en terreno (registro de estado actual mediante filmación) y recopilación de información en gabinete. En ese contexto, se registró la siguiente información:

[1] SECTRA (1998) Metodología Normalizada para EI/ST

- Sentido de circulación.
- Número de pistas.
- Anchos de calzada.
- Demarcación.
- Señalización vertical.

IV.2-4.3 Mediciones de flujo vehiculares

Se realizaron mediciones continuas de flujo vehicular en el área de influencia del Proyecto, específicamente entre las 7:00 y 20:00 horas.

Las mediciones se realizaron durante el primer semestre de 2011, particularmente el martes 14 de junio y el miércoles 15 de junio. Se midieron cinco puntos de control dentro del área de influencia, a saber:

- Punto de Control N°1: Ruta 5 Norte Kilómetro 960, aproximadamente (14/06/2011).
- Punto de Control N°2: Ruta 5 Norte con Av. Costanera (15/06/2011).

En la siguiente figura se presenta el emplazamiento del punto de medición.

FIGURA IV.2-9. LOCALIZACIÓN PUNTOS DE CONTROL



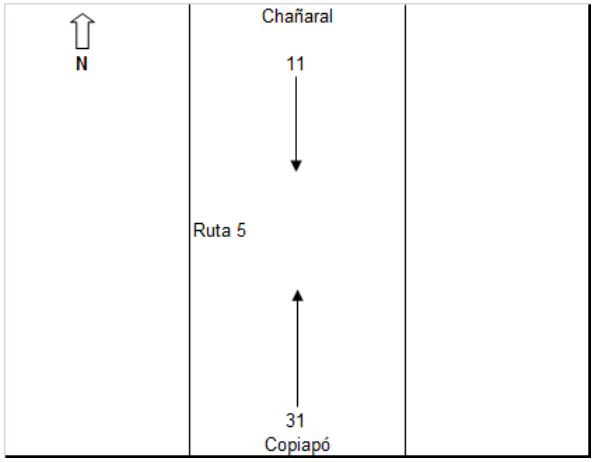
A continuación se expone la distribución del flujo vehicular por movimiento (vehículos/hora) en cada uno de los puntos de control indicados.

- **Punto de Control Nº 1: Ruta 5 en el kilómetro 960 aproximadamente**

Se realizó una medición continua en la Ruta 5 en el kilómetro 960 aproximadamente. La figura siguiente muestra los movimientos registrados.

FIGURA IV-2.10. MOVIMIENTOS PUNTOS DE CONTROL Nº1

MOVIMIENTOS			
HORA	11	31	TOTAL
7	90	51	141
8	99	106	205
9	99	101	200
10	113	96	209
11	90	121	211
12	90	122	212
13	118	101	219
14	90	122	212
15	120	129	249
16	95	125	220
17	140	144	284
18	114	147	261
19	103	111	214
TOTAL	1361	1476	2837

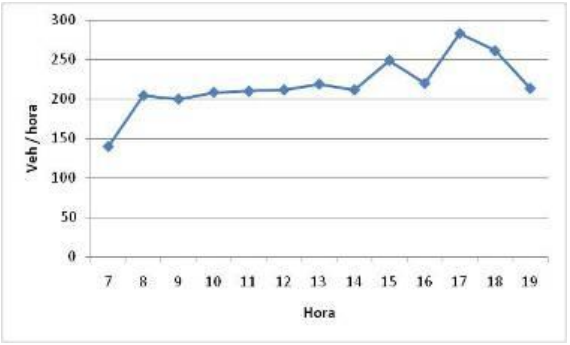


Es posible apreciar que los movimientos en dirección a Chañaral y Copiapó por la Ruta 5 son homogéneos.

El flujo a Chañaral representan el 52% y el flujo a Copiapó representa el 48% del flujo registrado en la intersección.

Gráficamente, la distribución de vehículos se presenta en la siguiente figura.

FIGURA IV.2-11. DISTRIBUCIÓN DIARIA DEL FLUJO (VEH/HORA)

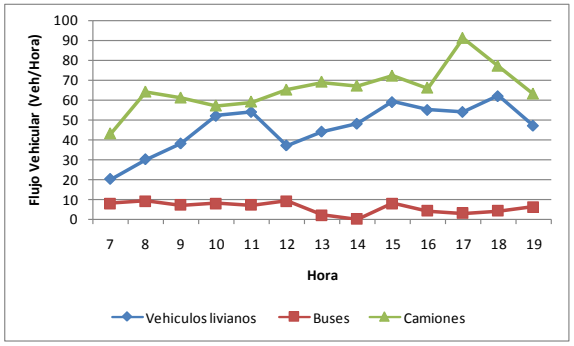


Fuente: Estudios de Base.

De acuerdo a los datos anteriores, es posible establecer que el horario de mayor concentración de flujo vehicular se presenta entre las 16:00 y las 18:00.

A continuación se expone la distribución del flujo vehicular por tipo de vehículo en el punto de control referido.

FIGURA IV.2-12. DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO



Fuente: Estudios de Base.

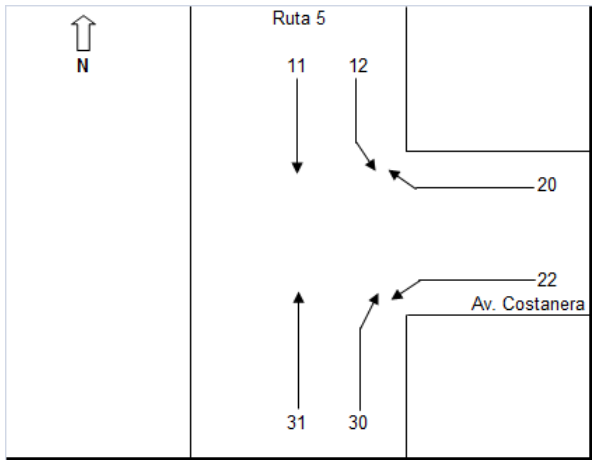
Respecto a la distribución por tipo de vehículo, la mayor participación corresponde a camiones, los cuales agrupan el 56% del flujo registrado. Asimismo, cabe señalar que el flujo vehicular mayoritario de camiones se observa entre las 17:00 y 18:00 h. Cabe destacar que los vehículos livianos muestran mayor concentración durante las 18:00 y 19:00 h agrupando el 39% del flujo registrado.

- **Punto de Control Nº 2: Ruta 5 con Av. Costanera**

Se realizó una medición continua en la Ruta 5 con Av. Costanera. La siguiente figura muestra los movimientos registrados.

FIGURA IV.2-13. MOVIMIENTOS PUNTOS DE CONTROL Nº2

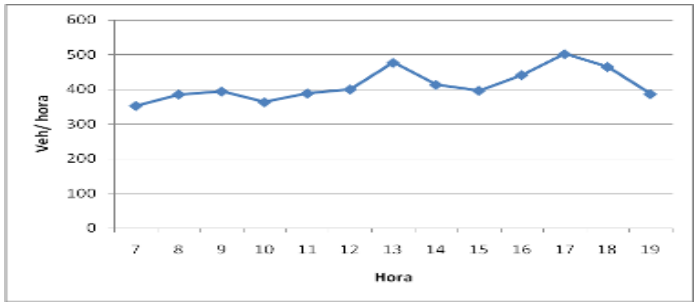
MOVIMIENTOS							
HORA	11	12	20	22	30	31	TOTAL
7	170	0	18	63	29	72	352
8	104	8	13	72	56	133	386
9	138	7	22	70	44	113	394
10	115	7	19	58	30	135	364
11	154	1	8	47	33	146	389
12	147	7	12	63	44	127	400
13	179	11	10	71	38	168	477
14	171	4	8	50	28	153	414
15	107	4	4	56	36	190	397
16	125	4	9	69	50	186	443
17	134	2	8	70	70	218	502
18	121	5	6	99	60	175	466
19	91	5	10	80	43	158	387
TOTAL	1756	65	147	868	561	1974	5371



Es posible apreciar que los movimientos por la Ruta 5 en dirección a Copiapó (mov 11 y 22) son los que concentran la mayor cantidad de flujo vehicular. En conjunto representan el 49% del flujo registrado en la intersección.

Gráficamente, la distribución de vehículos se presenta en la siguiente figura:

FIGURA IV.2-14. DISTRIBUCIÓN DIARIA DEL FLUJO (VEH/HORA)

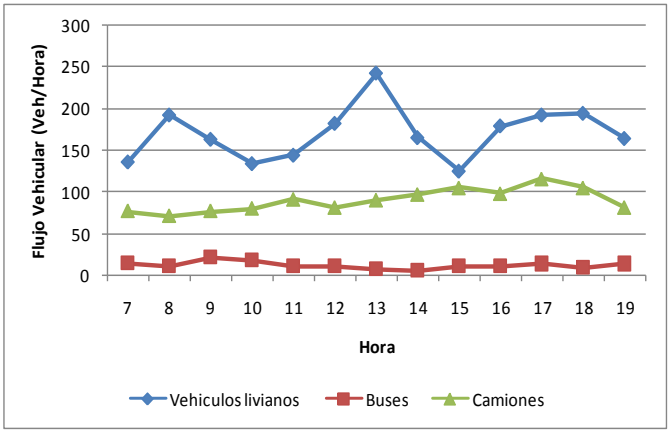


Fuente: Estudios de Base.

De acuerdo a los datos anteriores, es posible establecer que el horario de mayor concentración de flujo vehicular se presenta entre las 16:00 y las 18:00.

A continuación se expone la distribución del flujo vehicular por tipo de vehículo en el punto de control referido.

FIGURA IV.2-15. DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO



Fuente: Estudios de Base.

Respecto a la distribución por tipo de vehículo, la mayor participación corresponde a vehículos livianos, los cuales agrupan el 53% del flujo registrado. Asimismo, cabe señalar que el flujo vehicular mayoritario de vehículos livianos se observa entre las 13:00 y 14:00 h. Cabe destacar que los camiones muestran mayor concentración durante las 17:00 y 18:00 h agrupando el 33% del flujo registrado.

IV.2-5 ANÁLISIS ESCENARIO ACTUAL

IV.2-5.1 Oferta vial escenario actual

En las secciones siguientes se expone una descripción de las vías presentes en el área de influencia del Proyecto. Éstas corresponden a las principales rutas de acceso al Proyecto Puerto Atacama.

El análisis de estas rutas y sus principales intersecciones, permitirá desarrollar un adecuado diagnóstico de la situación actual e identificar potenciales situaciones de riesgo.

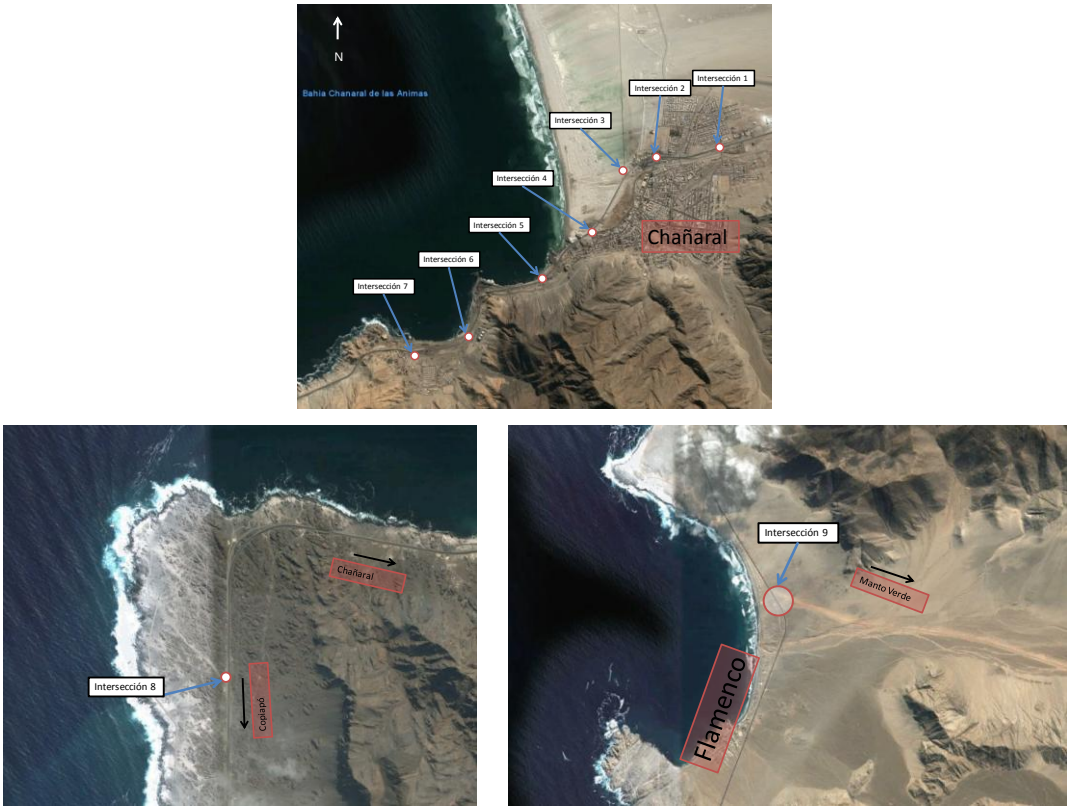
El catastro de las intersecciones relevantes se ha dividido en nueve puntos, tal como se indica a continuación:

TABLA IV.2-10. INTERSECCIONES A CARACTERIZAR

Número	Intersección
1	Ruta 5 / Almirante La Torre (Jorge Rivera)
2	Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa
3	Ruta 5 / Ruta C-120
4	Ruta 5 / Av. Costanera
5	Ruta 5 / San Martin
6	Ruta 5 / línea ferroviaria
7	Ruta 5 / Av. Barquito
8	Ruta 5 / C-228
9	Ruta 5 / C-261

En la siguiente figura se presentan las intersecciones a caracterizar:

FIGURA IV.2-16. INTERSECCIONES



IV.2-5.1.1 Intersección 1: Ruta 5 / Almirante Latorre (Jorge Rivera)

La intersección Ruta 5 / Almirante Latorre (Jorge Rivera) corresponde a una intersección en cruz (+), la cual se encuentra ubicada en la cuidad de Chañaral. En la siguiente figura se observa la presente intersección:

FIGURA IV.2-17. INTERSECCIÓN DE RUTA 5 / ALMIRANTE LA TORRE (JORGE RIVERA)



La Ruta 5 Norte, cuenta con calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros en ambos costados.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales, éstas se presentan en regular estado en la Ruta 5. Se identificó una demarcación Paso de Cebra desgastada en el acceso norte.

En relación a la calle Almirante Latorre, cuenta con calzada simple bidireccional de materialidad asfáltica con un ancho de calzada de aproximado de 7 metros. En la intersección con Ruta 5 se encuentra regulada por señal Pare (acceso sur).

Con respecto a las demarcaciones, en la calle Almirante Latorre se observan desgastadas.

La visibilidad desde el acceso sur (calle Almirante Latorre) es buena para ambos sentidos de la Ruta 5. Se observó colas de al menos diez vehículos.

Por otro lado, calle Jorge Rivera es una calzada simple bidireccional de materialidad asfáltica con un ancho de calzada de 7 metros aproximadamente. Su intersección con la Ruta 5 (acceso norte) se encuentra regulada por Señal Pare. Ésta señal se encuentra en malas condiciones como se aprecia en la Figura IV.2-18 y no cuenta con su respectiva demarcación de leyenda y línea de parada. No se observan demarcaciones en la calle Jorge Rivera.

La visibilidad desde el acceso norte (calle Jorge Rivera) es buena para ambos sentidos de la Ruta 5.

En cuanto a las facilidades peatonales de esta vía, se puede decir, que ésta cuenta con rebaje de solera para los cuatro accesos, pero la vereda se encuentra en malas condiciones(o no existe) para el acceso al paradero que se encuentra en el lugar.

A continuación se presentas en forma gráfica la intersección.

FIGURA IV.2-18. RUTA 5 / ALMIRANTE LA TORRE (JORGE RIVERA)

Antes del empalme direccion Norte



Desde Jorge River hacia Almirante La Torre



Desde Almirante La Torre hacia Jorge River



Visibilidad direccion poniente desde Almirante La Torre

Almirante La Torre



Visibilidad direccion oriente desde Almirante La Torre

FIGURA IV.2-18. RUTA 5 / ALMIRANTE LA TORRE (JORGE RIVERA)



FIGURA IV.2-19. RUTA 5 / ALMIRANTE LA TORRE (JORGE RIVERA)

Acceso al Paradero



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo.

FIGURA IV.2-20. RUTA 5 / ALMIRANTE LA TORRE (JORGE RIVERA)



IV.2-5.1.2 Intersección 2: Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa

La intersección Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa corresponde a una intersección en cruz (+), la cual se encuentra ubicada en la cuidad de Chañaral.

En esta intersección la Ruta 5 Norte, es una calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica la cual se encuentra con fisuras en la intersección. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros y en este tramo no posee berma.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales, éstas se presentan en buen estado, exceptuando la demarcación de paso de cebra que se encuentra desgastada.

Por su parte, la calle Almirante Merino Jarpa, es una calzada simple bidireccional de materialidad asfáltica con un ancho de calzada de aproximado de 9 metros, la cual se encuentra regulada por Señal Pare en el acceso sur (se encuentra inclinado) y en el acceso norte no posee ningún tipo de señal de prioridad.

Sobre las demarcaciones en la calle Almirante Merino Jarpa (acceso norte), no existe demarcación de línea de parada y la demarcación de Líneas de Eje Central se encuentra desgastada.

En cuanto a la visibilidad, desde el acceso norte de la intersección es buena hacia ambos sentidos de la Ruta 5. Desde el acceso no hay obstáculos fijos de visibilidad, sin embargo por las actividades que se desarrollan próximas a la esquina, es común apreciar camiones estacionados que restringen la visibilidad en ambos sentidos como se aprecia en la siguiente figura.

FIGURA IV.2-21. RUTA 5 / ALMIRANTE MERINO JARPA

Antes del empalme direccion Norte



Desde Almirante Merino Jarpa (Acceso sur)



FIGURA IV.2-21. RUTA 5 / ALMIRANTE MERINO JARPA

Intersección Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa



Desde Almirante Merino Jarpa (Acceso sur)



Visibilidad direccion poniente desde Almirante Merino Jarpa (Acceso sur)



Visibilidad direccion oriente Almirante Merino Jarpa (Acceso sur)



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-22. RUTA 5 / ALMIRANTE MERINO JARPA



IV.2-5.1.3 Intersección 3: Ruta 5 / Ruta C-120

La intersección Ruta 5 / C-120 corresponde a un empalme que se encuentra ubicado en la cuidad de Chañaral.

En este punto la Ruta 5 Norte es calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica, la cual se encuentra con fisuras antes de llegar a la intersección por el acceso sur (Figura IV.2-23). Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros a ambos costados.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales, éstas se encuentran en buen estado.

La Ruta C-120, es una calzada simple bidireccional de materialidad granular estabilizada con un ancho de calzada de 8 metros aproximadamente, la cual se encuentra regulada por Señal Pare. Cabe mencionar que ruta C-120 permite acceder al Parque Nacional Pan de Azúcar. En esta ruta no se observaron demarcaciones. En cuanto a la visibilidad, es buena para ambos sentidos de la Ruta 5.

FIGURA IV.2-23. RUTA 5 / RUTA C-120

Antes del empalme direccion Norte



Dirección norte desde Ruta 5 hacia C-120



Intersección Ruta 5 / Ruta C-120



Intersección Ruta 5 / Ruta C-120



FIGURA IV.2-23. RUTA 5 / RUTA C-120

Visibilidad direccion oriente desde Ruta C-120



Visibilidad direccion sur desde Ruta C-120



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-24. RUTA 5 / RUTA C-120



IV.2-5.1.4 Intersección 4: Ruta 5 / Av. Costanera

La intersección Ruta 5 / Av. Costanera corresponde a una intersección en T, la cual se encuentra ubicada en la cuidad de Chañaral.

La Ruta 5 Norte, cuenta con calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros a ambos costados.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales en la intersección, éstas se presentan en buen estado.

La Av. Costanera, tiene calzada doble de materialidad asfáltica, con un ancho de calzada de 6 metros cada una más una mediana de 3 metros, en la intersección con Ruta 5 se encuentra regulada por Señal Pare. Para ingresar a la Ruta 5 por la Av. Costanera, se presentan 2 accesos uno en dirección norte y otro en dirección sur (

Figura IV.2-25).

Sobre las demarcaciones en Av. Costanera, se encuentran en buen estado. En cuanto a la visibilidad desde la Av. Costanera, es buena para ambos sentidos de la Ruta 5.

FIGURA IV.2-25. RUTA 5 / AV. COSTANERA

Antes del empalme direccion Norte



Ingreso desde Ruta 5 hacia Av. Costanera



Salida hacia la Ruta 5 desde Av. Costanera dirección sur



Salida hacia la Ruta 5 desde Av. Costanera dirección norte



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-26. RUTA 5 / AV. COSTANERA



IV.2-5.1.5 Intersección 5: Ruta 5 / San Martin

La intersección Ruta 5 / San Martin corresponde a una intersección en T, la cual se encuentra ubicada en la cuidad de Chañaral.

La Ruta 5 Norte, tiene calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros a ambos costados.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales en la Ruta 5, éstas se presentan en buen estado.

La calle San Martin, es de calzada simple unidireccional de materialidad asfáltica con un ancho de aproximado de 9 metros. En su intersección con Ruta 5, se observa canalización de movimientos de viraje uno en dirección norte y otro en dirección sur (Figura IV.2-27).

Sobre las demarcaciones en la calle San Martin, la demarcación de achurado se encuentra desgastada y no existen demarcación de Líneas de Eje. En cuanto a la visibilidad, es buena para ambos sentidos de la Ruta 5. A continuación se presentas en forma gráfica la intersección.

FIGURA IV.2-27. RUTA 5 / SAN MARTÍN

Antes del empalme direccion Norte



Ingreso desde Ruta 5 hacia calle San Martin



Antes del empalme direccion Sur



Intersección Ruta 5 / San Martin



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-28. RUTA 5 / SAN MARTÍN



IV.2-5.1.6 Intersección 6: Ruta 5 / línea ferroviaria

La intersección Ruta 5 / línea ferroviaria corresponde a una intersección en cruz, la cual se encuentra ubicada entre Barquito y Chañaral.

La Ruta 5 Norte en este punto corresponde a calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros sin berma.

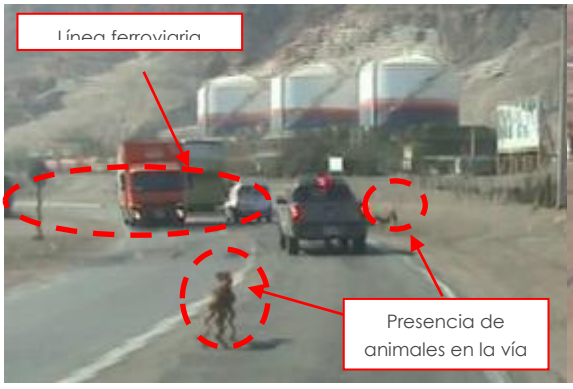
En relación al estado de conservación de las señales horizontales en la Ruta 5, éstas se presentan en buen estado.

En cuanto a las demarcaciones en la Ruta 5, se observó que no existía la demarcación de línea de parada en la intersección con la línea ferroviaria, en cuanto a las demás demarcaciones, se encuentra en buen estado.

A continuación se presentas en forma gráfica la intersección.

FIGURA IV.2-29. RUTA 5 / LÍNEA FERROVIARIA

Antes de la linea ferrea direccion Norte



Ruta 5 / linea ferrea



Ruta 5 / linea ferrea



Antes de la linea ferrea direccion Norte



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-30. RUTA 5 / LÍNEA FERROVIARIA



IV.2-5.1.7 Intersección 7: Ruta 5 / Acceso a Barquito

La intersección Ruta 5 / Acceso a Barquito corresponde a una intersección en T, la cual se encuentra ubicada al sur de la cuidad de Chañaral.

En la intersección la Ruta 5 Norte, cuenta con calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros a ambos costados. Además cuenta con una pista de viraje central para los vehículos provenientes del norte que acceden a la localidad de Barquito.

La velocidad reglamentaria de la Ruta 5 en este sector es de 50 km/hr.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales en la Ruta 5, éstas se presentan en buen estado.

La calle de acceso a Barquito, es una calzada simple bidireccional de materialidad asfáltica, con un ancho de calzada de 7 metros aproximadamente. La intersección con Ruta 5 se encuentra regulada por Señal Pare y tiene canalización de movimientos.

Sobre las demarcaciones en Acceso a Barquito, se encuentran en buen estado, exceptuando la demarcación Pare que regula el viraje en dirección norte y la flecha recta y de viraje ubicadas en el viraje en dirección sur.

En cuanto a la visibilidad, es buena para ambos sentidos de la Ruta 5.

FIGURA IV.2-31. RUTA 5 / AV. BARQUITO

Antes del empalme direccion Norte



Ingreso desde Ruta 5 hacia Av. Barquito



Salida hacia la Ruta 5 desde Av. Barquito



Estado de la demarcación



Visibilidad direccion sur desde Av. Barquito



Visibilidad direccion norte desde Av. Barquito



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-32. RUTA 5 / AV. BARQUITO



IV.2-5.1.8 Intersección 8: Ruta 5 / Ruta C-228

La intersección Ruta 5 / C-228 corresponde a una intersección en T, identificado como el acceso a playa Hippie.

En esta intersección Ruta 5 Norte, se exhibe con calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica la cual se encuentra en buenas condiciones. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros a ambos costados.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales, éstas se presentan en buen estado.

La Ruta C-228, es una calzada simple bidireccional de materialidad granular con un ancho de calzada de aproximado de 8 metros. En el empalme con Ruta 5 se encuentra regulada por Señal Pare.

En Ruta C-228 no existen demarcaciones. En cuanto a la visibilidad, es buena para ambos sentidos de la Ruta 5. A continuación se presentas en forma gráfica la intersección.

FIGURA IV.2-33. RUTA 5 / RUTA C-228

Tipo de prioridad



Ruta C-228 dirección playa Hippie



Visibilidad direccion sur desde Ruta C-228



Visibilidad direccion norte desde Ruta C-228



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-34. RUTA 5 / RUTA C-228



IV.2-5.1.9 Intersección 9: Ruta 5 / Ruta C-261

La intersección Ruta 5 / C-261 corresponde a una intersección en Y, la cual se encuentra ubicada en Flamenco. La ruta C-261 permite el acceso a Manto Verde.

En este sector, la Ruta 5 Norte, presenta calzada simple bidireccional y materialidad asfáltica la cual se encuentra en buenas condiciones. Tiene un ancho aproximado de 7,5 metros más una berma construida de 2,5 metros a ambos costados.

En relación al estado de conservación de las señales horizontales y verticales, éstas se presentan en buen estado.

Por su parte la Ruta C-261, corresponde a una calzada simple bidireccional de materialidad granular estabilizada con un ancho de calzada de aproximado de 8 metros. En el empalme con Ruta 5 se presenta regulada por Señal Pare. Se empalma a la Ruta 5 mediante dos ramales bidireccionales (ver Figura IV.2-35 [Vista aérea]).

No se observan demarcaciones en la Ruta C-261. En cuanto a la visibilidad en la Ruta C-261, es buena para ambos sentidos de la Ruta 5.

FIGURA IV.2-35. RUTA 5 / RUTA C-261

Antes del empalme direccion Norte



Vista aerea



FIGURA IV.2-35. RUTA 5 / RUTA C-261

Intersección Ruta 5 / Ruta C-261



Intersección Ruta 5 / Ruta C-261



Visibilidad direccion sur desde Ruta C-261

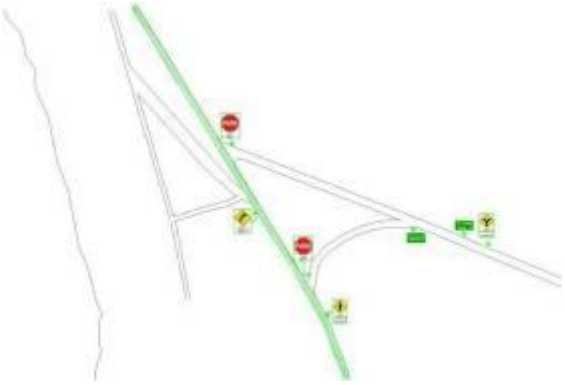


Visibilidad direccion norte desde Ruta C-261



En base a lo anterior, las demarcaciones y señales se presentan en el siguiente bosquejo:

FIGURA IV.2-36. RUTA 5 / RUTA C-261



IV.2-5.2 Evaluación de nivel de peligrosidad

La siguiente tabla resume la caracterización realizada de las principales intersecciones de acceso a las torres del Proyecto, con el fin de evaluar la peligrosidad para sus usuarios. Cada característica se evaluó con un puntaje 1 (malo), 2 (regular), 3 (bueno):

TABLA IV.2-11. EVALUACIÓN PELIGROSIDAD INTERSECCIONES CARACTERIZADAS

N	Intersección	Estado Vía Princ.	Estado Vía Sec.	Visibilidad	Estado Señalización	Estado Demarcación	Pistas de Viraje Vía Princ.	Pistas de Viraje Vía Sec.	Nivel de Peligrosidad
1	Ruta 5 / Almirante La Torre (Jorge Rivera)	3	3	3	2	2	1	1	2,1
2	Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa	2	2	2	2	2	1	1	**1,7**
3	Ruta 5 / Ruta C-120	2	2	3	3	2	1	1	2,0
4	Ruta 5 / Av. Costanera	3	3	3	3	3	1	1	2,4
5	Ruta 5 / San Martin	3	3	3	2	2	1	1	2,1
6	Ruta 5 / línea ferroviaria	3	2	2	2	1	--	--	2,0
7	Ruta 5 / Av. Barquito	3	3	3	3	2	3	1	2,6
8	Ruta 5 / C-228	3	2	3	2	2	1	1	2,0
9	Ruta 5 / C-261	3	2	3	3	2	1	1	2,1

Para evaluar los niveles de peligrosidad se obtuvieron los promedios de todas las variables definidas anteriormente para cada intersección (última columna de la anterior).

Se calculó un promedio global de los niveles de peligrosidad, identificando aquellas intersecciones con puntaje inferior al promedio (destacadas en negrita).

Se observa que las intersecciones con mayor peligrosidad corresponden a:

- Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa
- Ruta 5 / Ruta C-120
- Ruta 5 / línea ferroviaria

IV.2-6 ANÁLISIS ESCENARIO BASE Y CON PROYECTO

IV.2-6.1 Oferta vial escenario base

Como parte del análisis del escenario base se recopiló información sobre proyectos viales a ejecutarse en el área de influencia.

En base a los antecedentes entregados por el MOP, no se identificaron proyectos viales, sino sólo trabajos de reposición y mantención a los caminos.

IV.2-6.2 Estimación de demanda del Proyecto

IV.2-6.2.1 Generalidades

El flujo vehicular del Proyecto se estimó utilizando la información entregada por el Titular, en base a las fases de construcción y operación del Proyecto, de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 3 del presente EIA. Tal como se indicó, la fase de operación corresponde a aquélla en la que el Proyecto generará mayor cantidad de viajes diarios. Por lo tanto, a continuación se estima el flujo vehicular generado por el Proyecto en hora punta durante su fase de operación.

IV.2-6.2.2 Estimación de la demanda

Para el cálculo del volumen de viajes diarios generados-atraídos por el Proyecto, se tomará como base donde se presentan los flujos asociados a cada tipo de vehículo y su estimación diaria para la fase de operación del Proyecto (ciclos/día).

Para esta fase, el flujo de camiones está asociado al traslado de carga desde y hacia el Proyecto. Si bien el flujo diario se distribuirá en 24 horas, a fin de estimar un escenario pesimista, se estimará el flujo en hora punta como el 20% del flujo diario, lo cual equivale a 108 ciclos / hora de concentrado de hierro y soya.

A su vez, el traslado de personal se realiza en buses (con capacidad de 40 personas) y en vehículos livianos con capacidad para 3 personas, entre 2 a 3 turnos diarios. La dotación de personal por turno asciende a 40 personas, por lo que el flujo de buses alcanzará 1 ciclos / hora y de 2 ciclos /horas de vehículos livianos en hora punta.

A continuación se presenta el flujo a nivel horario en el período punta para el primer año de operación del Proyecto.

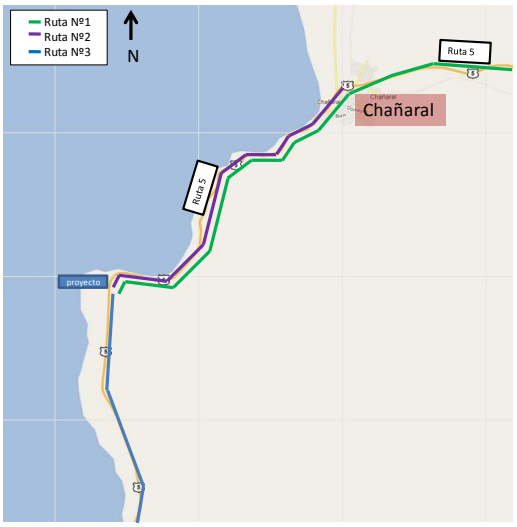
TABLA IV.2-12. ESTIMACIÓN DE FLUJO EN HORA PUNTA, FASE DE OPERACIÓN.

Tipo de Vehículo	Transporte	Ciclos / Día	Periodo Punta (ciclos / h)
Camiones	Concentrado hierro y soya	540	108
Buses	Personal	1	1
Vehículos Livianos	Personal	10	2
Total		**551**	**111**

De acuerdo a la tabla anterior, se estima un flujo diario de 551 ciclos / día en la fase de operación, con un máximo de 111 ciclos / hora.

Por su parte, en la siguiente tabla se presenta el flujo vehicular en hora punta desagregado en las rutas presentadas en la Figura IV.2-37.

FIGURA IV.2-37. RUTAS, FASE DE OPERACIÓN



Ruta 1 : Flujo que se dirige desde el oriente de Chañaral al Proyecto y viceversa
Ruta 2 : Flujo que se dirige desde Chañaral al Proyecto y viceversa
Ruta 3 : Flujo que se dirige desde el Sur del Proyecto y viceversa

FIGURA IV.2-38. ESTIMACIÓN DEL FLUJO EN HORA PUNTA POR RUTA, FASE DE OPERACIÓN

Tipo de carga	Tipo de Vehículo	Ruta N°1	Ruta N°2	Ruta N°3
Concentrado hierro y soya	Camiones	108	0	0
Personal	Buses	0	1	0
Personal	Vehículos Livianos	0	1	1
Total		108	2	1

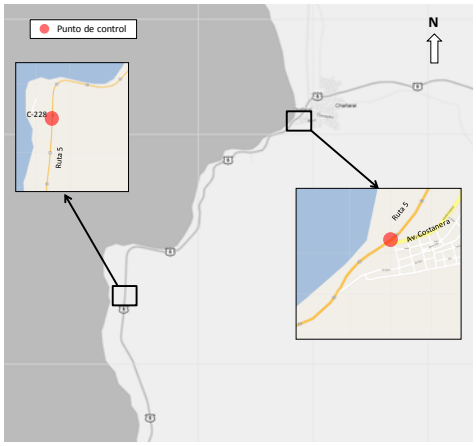
De acuerdo a la tabla anterior, se estima un flujo en hora punta de 110ciclos / hora desde y hacia el norte del Proyecto, y 1 ciclos / hora desde y hacia el sur del Proyecto, totalizando 111 ciclos / hora.

IV.2-7 MODELACIÓN TÁCTICA

Se modelaron las principales intersecciones dentro del área de influencia, correspondientes a Ruta 5 con C-228 y Ruta 5 con Av. Costanera.

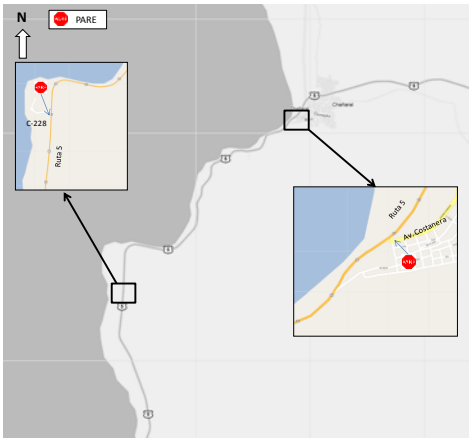
En términos gráficos, las intersecciones modeladas pueden ser apreciadas en la siguiente figura:

FIGURA IV.2-39. EMPLAZAMIENTO PUNTOS DE MODELACIÓN



Las dos intersecciones corresponden a cruces de prioridad. En particular, la ruta C-228 cede prioridad a la Ruta 5, mientras que Av. Costanera cede prioridad a la Ruta 5. La siguiente figura presenta las señalizaciones mencionadas:

FIGURA IV.2-40. SEÑALIZACIÓN INTERSECCIONES



La modelación se llevó a cabo a través de Sidra Intersection 5.0, que permite abordar adecuadamente la modelación de intersecciones prioritarias.

Se modelaron Tres escenarios, a saber:

Escenario Actual. Esta situación considera modelar el sistema con los flujos existentes en la red vial.

Escenario Base. Esta situación considera modelar el sistema con los flujos existentes en la red vial y proyectados al año de plena operación del Proyecto (2015).

Escenario con Proyecto. Esta situación es similar al Escenario Base, pero contempla modelar el sistema incluyendo el flujo generado y atraído por el Proyecto. Los viajes se asignaron conforme a la partición rutal expuesta en la Estimación de Demanda, en IV.2-6.2.2.

Se modeló la hora de mayor tránsito vehicular dentro del período Punta Tarde.

IV.2-7.1 Indicadores de modelación

Los indicadores de tránsito obtenidos de la modelación SIDRA fueron:

- Grado de Saturación: X (%)
- Longitud de Cola Promedio: LC (veh)
- Demora Promedio: DP (seg)
- Capacidad de Reserva: QR (veh/h)
- Índice de Rendimiento: IR (UM/h)

La capacidad de reserva se calculó conforme a la siguiente expresión:

$$Qr_i = 0{,}9 \cdot Qo_i - qo_i$$

Donde:

Qr_i : capacidad de reserva del acceso i (veh/h o veq/h)

Qo_i : capacidad del acceso i (veh/h o veq/h)

qoi : flujo del acceso i (veh/h o veq/h)

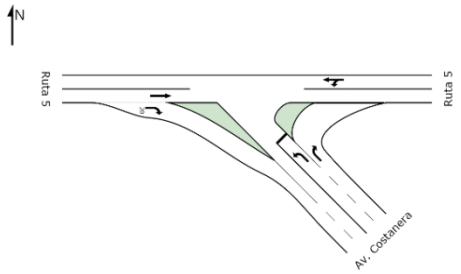
IV.2-7.2 Modelación

IV.2-7.2.1 Intersecciones de modelación

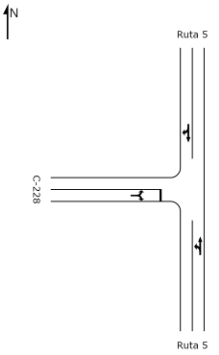
Tal como se ha señalado, se modelaron las intersecciones de Ruta 5 con Av. Costanera y Ruta 5 con C-228, cuyos bosquejos arrojados por SIDRA se presentan a continuación.

FIGURA IV.2-41. CRUCES MODELADOS

Ruta 5 con Av. Costanera



Ruta 5 con C-228

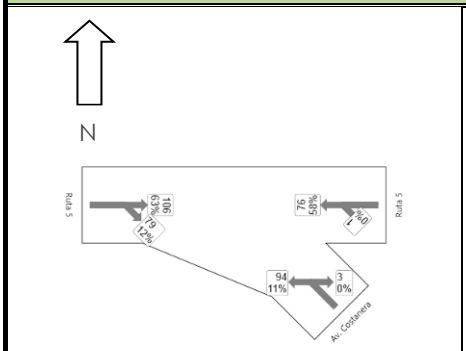
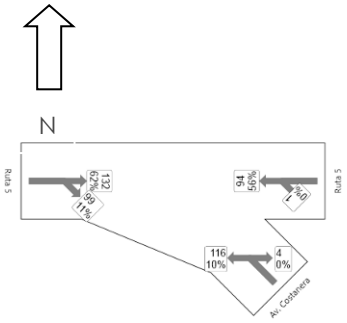
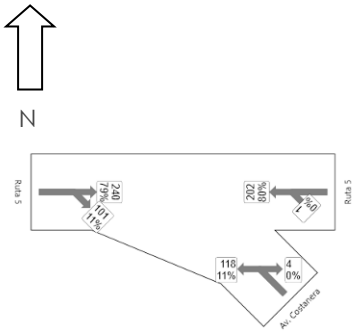
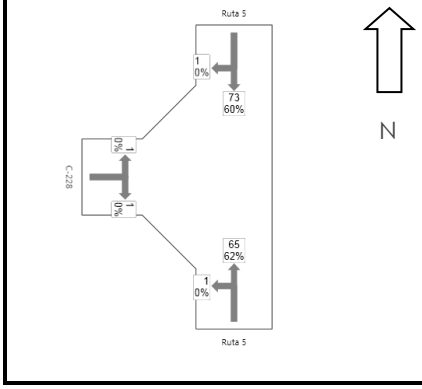
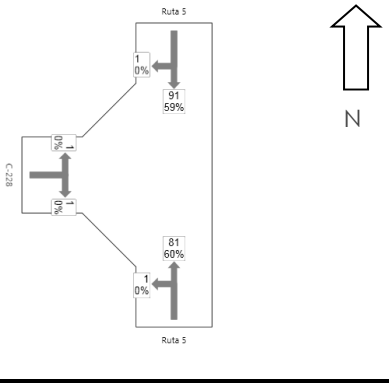
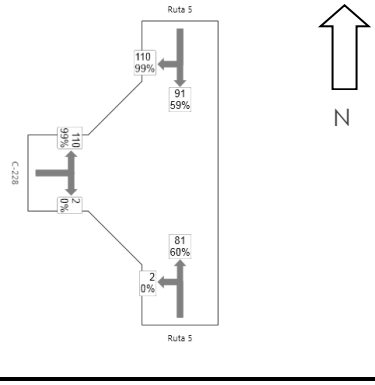


Fuente: Modelo SIDRA.

IV.2-7.2.2 Flujos vehiculares

Los flujos vehiculares (vehículos / hora) para los escenarios actual (EA), base (EB) y con Proyecto (ECP), desagregados por movimiento, intersección y escenario, se presentan en la siguiente figura. Debajo de cada flujo vehicular, se incluye el porcentaje de vehículos pesados.

TABLA IV.2-13. FLUJOS VEHICULARES MODELADOS, AÑOS 2011 Y 2015 (VEH / H)

Ruta 5 con Av. Costanera PT		
Escenario Actual (2011)	**Escenario Base (2015)**	**Escenario con Proyecto (2015)**
		
Ruta 5 con C-228 **PT**		
Escenario Actual (2011)	**Escenario Base (2015)**	**Escenario con Proyecto (2015)**
		

IV.2-7.2.3 Resultados escenario actual, base y con Proyecto

Realizada la modelación se obtuvieron resultados para cada intersección como el índice de rendimiento (IR), la demora máxima promedio (DP), la longitud de cola máxima promedio (LC), el grado de saturación (X) y la capacidad de reserva (QR). La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos.

TABLA IV.2-14. RESULTADOS GENERALES DE LA INTERSECCIÓN (2011 Y 2015)

Ruta 5 con Av. Costanera			
Parámetro	PT		
	EA (2011)	EB (2015)	ECP (2015)
IR (UM/h)	5,4	6,9	11
DP (seg)	15,3	17,0	39,7
LC (veh)	0,3	0,4	1,2
X (%)	19%	26%	59%
QR (veh/h)	359,6	289,9	62,9
Ruta 5 con C-228			
Parámetro	PT		
	EA (2011)	EB (2015)	ECP (2015)
IR (UM/h)	1,6	1,9	7,8
DP (seg)	11,3	11,5	35,1
LC (veh)	0,1	0,1	1
X (%)	6%	7%	50%
QR (veh/h)	893,5	851,2	89,6

De la tabla anterior es posible señalar que las dos intersecciones presentan buenos niveles de servicio en el escenario actual, el cual se deterioraría en el escenario base, pero mantendría niveles de saturación bajo 90%.Asimismo, el escenario con Proyecto muestra niveles de saturación para las intersecciones Ruta 5 con Av. Costanera y Ruta 5 con C-228 inferiores al 90%.

Adicionalmente, a continuación se presenta la información desagregada por pista, particularmente la demora promedio, la longitud de cola promedio, el grado de saturación y la capacidad de reserva.

TABLA IV.2-15. RESULTADOS POR PISTA RUTA 5 CON AV. COSTANERA

PT EA (2011)							
Calle	Acceso	Pista	Mov	DP (seg)	LC (veh)	X (%)	QR (veh / h)
Av, Costanera	Sur oriente	1	L	15,3	0,3	18,6%	360
		2	R	13,2	0	0,3%	867
Ruta 5	Oriente	1	LT	0,6	0,1	5,9%	1103
Ruta 5	poniente	1	T	0,0	0	8,3%	1042
		2	R	7,7	0	5,0%	1342

EB (2015)							
Calle	Acceso	Pista	Mov	DP (seg)	LC (veh)	X (%)	QR (veh / h)
Av, Costanera	Sur oriente	1	L	17,0	0,4	25,7%	290
		2	R	13,4	0	0,5%	820
Ruta 5	Oriente	1	LT	0,8	0,1	7,2%	1092
Ruta 5	poniente	1	T	0,0	0	10,3%	1022
		2	R	7,6	0	6,2%	1335

ECP (2015)							
Calle	Acceso	Pista	Mov	DP (seg)	LC (veh)	X (%)	QR (veh / h)
Av, Costanera	Sur oriente	1	L	39,7	1,2	58,8%	63
		2	R	14,8	0	0,6%	637
Ruta 5	Oriente	1	LT	1,9	0,3	17,1%	864
Ruta 5	poniente	1	T	0,0	0	20,2%	829
		2	R	7,7	0	6,4%	1326

TABLA IV.2-16. RESULTADOS POR PISTA RUTA 5 CON C-228

PT EA (2011)							
Calle	Acceso	Pista	Mov	DP (seg)	LC (veh)	X (%)	QR (veh / h)
Ruta 5	norte	1	TR	0,1	0	5,7%	1094
	sur	1	LT	0,5	0,1	5,1%	1095
C-228	poniente	1	LR	11,3	0	0,2%	894

TABLA IV.2-16. RESULTADOS POR PISTA RUTA 5 CON C-228

EB (2015)							
Calle	Acceso	Pista	Mov	DP (seg)	LC (veh)	X (%)	QR (veh / h)
Ruta 5	norte	1	TR	0,1	0	7,1%	1080
	sur	1	LT	0,5	0,1	6,3%	1084
C-228	poniente	1	LR	11,5	0	0,2%	851
ECP (2015)							
Calle	Acceso	Pista	Mov	DP (seg)	LC (veh)	X (%)	QR (veh / h)
Ruta 5	norte	1	TR	6,0	0	18,0%	806
	sur	1	LT	1,5	0,1	6,4%	1080
C-228	poniente	1	LR	35,1	1	50,0%	90

En el escenario con Proyecto, se observa que el arco más saturado se encuentra intersección Ruta 5 con Av. Costanera en el acceso sur oriente, el cual alcanza un 59% de saturación.

Para complementar el análisis, la Figura IV.2-17 presenta el análisis de capacidad de reserva, donde se expone la capacidad de reserva del escenario base ($Q_{R\ EB}$), el diferencial de flujo entre el escenario con Proyecto y base ($q_{ECP} - q_{EB}$), el cuociente entre el diferencial de flujo y la capacidad de reserva ($(q_{ECP} - q_{EB}) / Q_R$) y los grados de saturación asociados a los escenarios base y con Proyecto. Cabe precisar que aquellas celdas en blanco obedecen a capacidades de reserva igual a cero.

Esta tabla refuerza las conclusiones señaladas, donde el Proyecto no generaría impacto, ya que el indicador ($(q_{ECP} - q_{EB})/ Q_R$), utilizado en Estudios de Impacto Sobre el Sistema de Transporte Urbano, se encuentra bajo 20%. Por lo tanto, bajo este criterio no se requeriría mitigación.

TABLA IV.2-17. CAPACIDAD DE RESERVA POR ARCO, 2015

Ruta 5 con Av. Costanera PT								
Calle	Acceso	Pista	Mov	QR EB (veh / h)	qECP– qEB (veh / h)	(qECP– qEB)/ QR (%)	XEB (%)	XECP (%)
Av. Costanera	Sur oriente	1	L	290	2	1%	26%	59%
		2	R	820	0	0%	1%	1%
Ruta 5	Oriente	1	LT	1092	108	10%	7%	17%
Ruta 5	poniente	1	T	1022	108	11%	10%	20%
		2	R	1335	2	0%	6%	6%

TABLA IV.2-17. CAPACIDAD DE RESERVA POR ARCO, 2015

Ruta 5 con C-228 PT								
Calle	Acceso	Pista	Mov	QR EB (veh / h)	qECP– qEB (veh / h)	(qECP– qEB)/ QR (%)	XEB (%)	XECP (%)
Ruta 5	norte	1	TR	1080	109	10%	7%	18%
Ruta 5	sur	1	LT	1084	1	0%	6%	6%
C-228	poniente	1	LR	851	110	13%	0%	50%

IV.2-7.3 Conclusiones

Sobre la base de la modelación SIDRA, se concluye que el Proyecto no generaría impacto, debido a que la variación de flujo no supera el 20% de la capacidad de reserva en ninguna de las pistas. Adicionalmente, los accesos presentarían un nivel de saturación inferior a 90% en escenario con Proyecto.

IV.2-8 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

IV.2-8.1 Generalidades

En función de los análisis realizados, se considera que el Proyecto podría generar los siguientes impactos de carácter local:

- Incremento en el consumo de recursos.
- Incremento del riesgo.

IV.2-8.1.1 Incremento del consumo de recursos

Sobre la base de la modelación SIDRA, se concluye que el Proyecto no generaría impacto debido a que la variación de flujo no supera el 20% de la capacidad de reserva en ninguna de las pistas. Adicionalmente, los accesos presentarían un nivel de saturación inferior a 90% en escenario con Proyecto.

IV.2-8.1.2 Incremento del riesgo

El Proyecto aportará flujo vehicular principalmente en ruta C-228 (acceso Playa Hippie) y en Ruta 5 especialmente en dirección desde y hacia el norte (Chañaral). Se identificaron algunas falencias de diseño y seguridad en las principales intersecciones a lo largo del área de influencia, por lo tanto el incremento de flujo provocado por la operación del Proyecto podría incrementar el riesgo en las intersecciones analizadas especialmente en aquéllas identificadas con mayor nivel de peligrosidad:

- Ruta 5 / Almirante Merino Jarpa
- Ruta 5 / Ruta C-120
- Ruta 5 / línea ferroviaria

IV.2-9 ASPECTOS DE DISEÑO Y SEGURIDAD VIAL

IV.2-9.1 Generalidades

La gestión de tránsito consiste en la administración racional de la circulación de personas por los espacios públicos en un área determinada. Originalmente, la gestión de tránsito sólo se preocupaba del impacto producido por el tránsito a través de aminorar la congestión vehicular de un área. En su concepción moderna, el objetivo se ha ampliado. Lo que ahora se intenta es aminorar la mayor cantidad de impactos negativos derivados del tráfico. Este nuevo concepto se ha denominado Gestión Ambiental de Tránsito.

Para orientar las medidas de gestión de tránsito es necesario considerar sobre qué tipos de usuarios se debe actuar, y qué impactos considerar. Al respecto, el tipo de usuario queda definido por la partición modal; luego la gestión se debe orientar hacia los modos de uso mayoritario.

Por su parte, los impactos derivados del aumento de tráfico son variados: congestión, polución, riesgo, ruido, intimidación, segregación, e intrusión visual, entre otros.

La incorporación de una perspectiva más amplia de la gestión de tránsito puede ayudar a una mejor gestión, ya que el problema se aborda, más allá de la observación de la congestión vehicular como un fenómeno aislado.

El análisis de diseño y seguridad vial debe orientarse, por tanto, a esta nueva visión de la gestión de tránsito, poniendo énfasis en aminorar los principales efectos del aumento de tráfico derivado de un Proyecto, desde la perspectiva de los usuarios que mayoritariamente circulan por el área de influencia del Proyecto.

En ese contexto, el tipo de usuario principal del Proyecto corresponde a vehículos pesados que entregan carga (hierro y soya a granel) al puerto.

Finalmente se especifica que las mitigaciones recomendadas se centran en la fase de construcción y operación del Proyecto.

IV.2-9.2 Diseño de accesos

IV.2-9.2.1 Generalidades

La presente sección abordará la comprobación del diseño de accesos de las intersecciones de C-228 con Ruta 5, Acceso a Barquito con Ruta 5, y Ruta 5 con Almirante Merino Jarpa, considerando la velocidad de operación actual, condiciones de visibilidad, seguridad, y normas y recomendaciones del Manual de Carreteras.

En el marco del estudio de Impacto Vial para el Proyecto, se verificó que los diseños de accesos, fueran concordantes con las condiciones operativas y de seguridad establecidas en el Manual de Carreteras MOP.

En el presente estudio se verificará si el diseño de acceso, cumple con las condiciones mínimas establecidas en el Manual de Carreteras para soportar el incremento de flujo derivado de la entrada en operación del Proyecto.

Los conflictos vehiculares, derivados de la operación de un acceso, son distintos si funciona como entrada o como salida de vehículos. Sin embargo, sus efectos cualitativos son similares: disminución de la capacidad de la vía donde ellos están situados y disminución de la accesibilidad peatonal. Los factores principales que inciden en el problema son:

- Frecuencia de las maniobras de entrada y/o salida.
- Agilidad con que las maniobras puedan ser ejecutadas.
- Proximidad del acceso a una intersección.
- Posición relativa del acceso con respecto a la vía.

Atendiendo a estos factores, la presente sección entrega algunas consideraciones de diseño para los distintos elementos geométricos principales que intervienen en un Proyecto de acceso.

IV.2-9.2.2 Criterio de diseño

De acuerdo a lo recomendado en el Manual de Carreteras la mejor solución para una intersección es la más simple y segura que sea posible. Algunos de los principales criterios para el diseño de una intersección son los siguientes:

- **Preferencia de los Movimientos más Importantes**: Los movimientos más importantes en cada acceso son los directos por las Rutas principales.
- **Reducción de las Áreas de Conflicto**. No son recomendables las grandes superficies niveladas ya que inducen movimientos erráticos, que promueven accidentes y disminuyen la capacidad de la intersección.
- **Separación de los Puntos de Conflicto**. Si bien en el presente caso no se contempla la ejecución de islas canalizadoras, se considera incorporar señales de advertencia que permitan canalizar adecuadamente los movimientos.
- **Control de la Velocidad**. También mediante la canalización puede controlarse la velocidad de los flujos que entran en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o abocinando las calzadas.
- **Visibilidad de los vehículos que acceden a la intersección** debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto debe existir, como mínimo, la distancia de parada según Tabla 3.404.205(1).A del Manual de Carreteras, transcrita a continuación.

TABLA IV.2-18. DISTANCIAS DE PARADA

Velocidad de Proyecto (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia de Parada (m)	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250

Fuente: Manual de Carreteras.

La verificación de visibilidad se abordará más adelante en IV.2-9.3.

A continuación se entregan recomendaciones de diseño para el empalme de acceso a camino público C-228 y para el empalme de caminos públicos más próxima al acceso del Proyecto (Ruta 5 con C-228).

IV.2-9.2.3 Empalme de acceso a ruta C-228

El empalme del área portuaria a la ruta C-228 se emplazará en un punto distante aproximadamente 320 metros al poniente de Ruta 5. En este sector la ruta C-228 actualmente no cuenta con estándar suficiente para el tránsito constante de vehículos pesados, ni tampoco brindaría un nivel de servicio adecuado a la carga y al transporte.

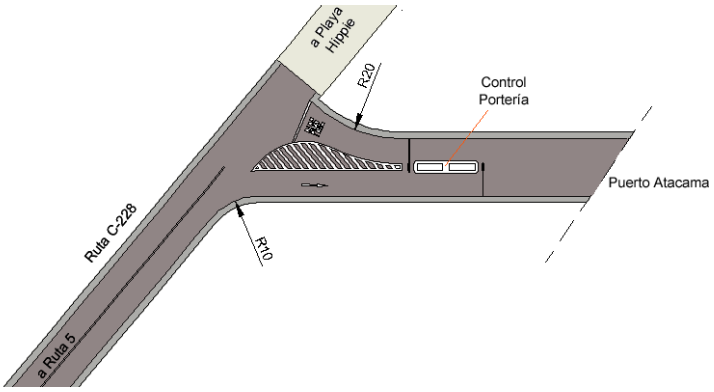
Como primera medida se recomienda mejorar el estándar de la ruta entre el acceso a la zona portuaria y la Ruta 5. Se recomienda implementar una calzada simple con carpeta asfáltica, de 7 metros de ancho y bermas de 1,5 metros a cada lado.

FIGURA IV.2-42. PAVIMETACIÓN RUTA C-228



En el punto de empalme del acceso al puerto desde la ruta C-288, se recomienda implementar un empalme amplio y a nivel, en un punto que asegure una distancia de visibilidad mínima de 70 metros hacia oriente y poniente por la ruta C-228.

FIGURA IV.2-43. ACCESO PUERTO ATACAMA



Asimismo, se recomienda que el sector de control de portería se encuentre a una distancia de 20 o metros o más, para evitar bloqueos en la ruta C-228 a causa de demoras en servidor de acceso.

IV.2-9.2.4 Empalme Ruta 5 con Ruta C-228

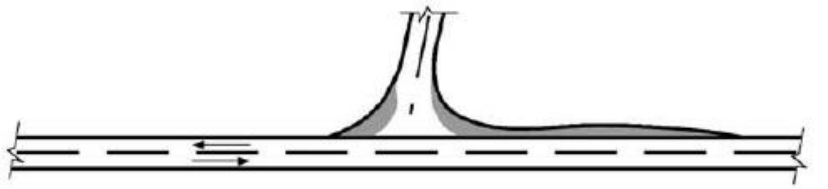
Se propone mejorar el estándar del actual empalme entre la Ruta 5 y la ruta C-228, incorporando una pista de deceleración para los vehículos que ingresan desde el norte.

Cuando las velocidades de Proyecto de los caminos en cuestión sean elevadas, o cuando el número de movimientos de giro sea suficiente para crear problemas al tránsito directo y a la vez no exista espacio o presupuesto suficiente para recurrir a una canalización de la intersección, se puede recurrir al ensanche de los caminos en la zona de cruzamiento. Este recurso de diseño aumenta la capacidad de cruce y separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

Dependiendo de la cuantía de los flujos que demandan el cruce puede variarse la disposición del ensanche, obteniéndose con ello el efecto deseado.

Para este caso, el volumen de giros a la derecha desde la carretera principal a la que empalma -y viceversa- son considerables y los movimientos de giro a la izquierda no son conflictivos (Figura IV.2-37): Se dispone una pista de deceleración en su sector de llegada al empalme, con longitud calculada según las Tablas 3.404.307(3).A y B del Manual de Carreteras.

FIGURA IV.2-44. EMPALME SIMPLE CON ENSANCHE EN EL COSTADO DEL CAMINO INTERSECADO



A. ENSANCHE MEDIANTE PISTA ADYACENTE AL MISMO LADO DEL CAMINO INTERCEPTADO

Fuente: Manual de Carreteras. Dirección de vialidad.

De acuerdo al Manual de Carreteras, las pistas de deceleración, podrán proyectarse en carreteras bidireccionales, cuando la cantidad de vehículos que girarán en el año de inicio de operaciones sea igual o superior a 25 veh/h y sus velocidades de Proyecto sea de 60 km/h o más. Sus dimensiones se obtendrán de considerar una conducta tipo de los usuarios frente a ellas y de aplicar una expresión físico-matemática que dé cuenta del fenómeno de la deceleración de un vehículo operado según dicha conducta.

En carreteras bidireccionales de dos pistas la experiencia indica que las pistas de aceleración no son aconsejables pues inducen situaciones peligrosas que contrarrestan las ventajas que se pretende obtener.

Desde el punto de vista de su forma, la pista de deceleración escogida es de forma "paralela", esta es la forma cuando la pista de deceleración se desprende desde el borde de la carretera de manera mediante una cuña de salida a un carril paralelo a la carretera hasta alcanzar una línea de detención o ramal de salida.

La longitud de cuña depende de la velocidad de la carretera. En el presente caso, se considera una velocidad de diseño de 100 km/h, cuya longitud de cuña asociada es de 85 metros.

TABLA 3.404.307(3).B
L_C según V_C

V_C (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
L_C	50	55	60	70	80	85	90	100

Para fines del cálculo de la longitud de deceleración LD, se supone que al final de la zona de cuña, el vehículo que usa este dispositivo de cambio de velocidad ha disminuido la suya hasta una fracción de VC (igual a FV), que aparece, en función de la misma VC, en la Tabla 3.404.307(3).C. Los valores de FV disminuyen a medida que aumenta la velocidad en la carretera; en parte porque LC es mayor y en parte porque cualquier maniobra de deceleración, sea ésta hecha aún dentro de la calzada principal o una vez dentro de la

cuña, produce efectos mayores (y no lineales) en la medida que dicha velocidad inicial aumenta.

TABLA 3.404.307(3).C
F_V según V_C

V_C (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
F_V	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60

El factor de velocidad para una velocidad de carretera de 100km/h es de 0,62. Luego, LD (longitud de deceleración) se calcula a partir de la expresión:

$$L_D = \frac{(F_V \; V_c)^2 - V_r^2}{26(d - i/10)}$$

En que:

Fv es el coeficiente de la Tabla 3.404.307(3).C;

VC y **Vr** son las velocidades (km/h) de carretera y ramal, respectivamente;

d es el valor de la deceleración media, que en este caso se hace igual a 2 m/s^2, e

i es la inclinación de la pista en % (positiva de subida y negativa de bajada).

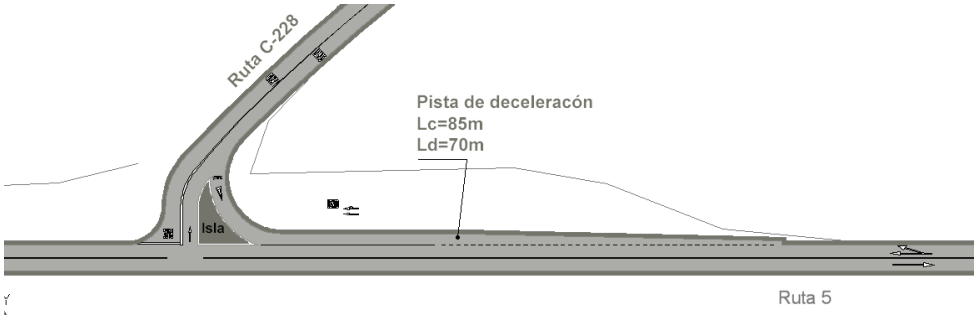
Los valores LD aparecen graficados en las Láminas 3.404.307(3).A y B, para las velocidades especificas de carretera que van desde 60 km/h hasta 120 km/h, considerando distintas velocidades de Proyecto de los ramales, y para distintas inclinaciones longitudinales de las pistas.

TABLA IV.2-19. RESULTADOS LONGITUD DECELERACIÓN Y LARGO DE CUÑA

Vc (Km/h)	Vr (Km/h)	Fv	d	LC (m)	LD (m)
100	15	0,62	2	85	70

A continuación se presenta el diseño conceptual propuesto.

FIGURA IV-2.45. EMPALME RUTA C-228 CON RUTA 5



Adicionalmente, se recomienda canalizar movimientos en la intersección mediante demarcaciones, flecas de sentido de circulación e isla.

IV.2-9.3 Verificación de visibilidad en intersecciones relevantes

De acuerdo a la manual de Carreteras, es necesario verificar el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo, con preferencia de paso, y el punto de conflicto, debe existir, como mínimo, la distancia de parada según Tabla 3.404.205(1).A del Manual de Carreteras (ver Tabla IV.2-18).

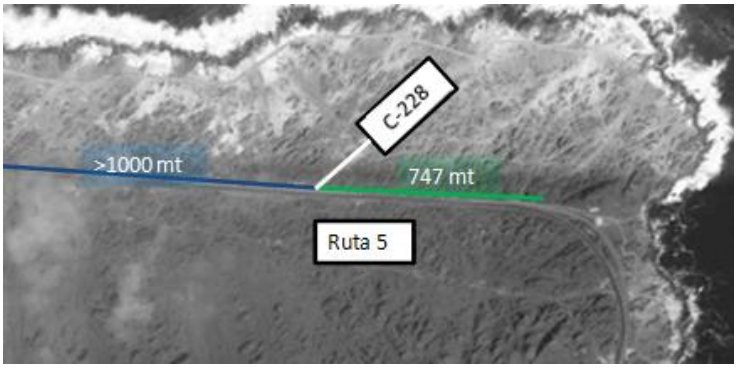
TABLA IV.2-20. DISTANCIAS DE PARADA

Velocidad de Proyecto (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia de Parada (m)	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250

Fuente: Tabla 3.404.205(1).A Manual de Carreteras

El primer empalme a verificar corresponde a la vía a la Ruta 5 con Ruta C-228, la cual presenta buena señalización, sin embargo se emplaza en un sector próximo a una curva cerrada. Considerando que la velocidad de operación en este tramo no debería superar los 120 km/h, la distancia de visibilidad no debe ser inferior a 250 metros.

FIGURA IV.2-46. VISIBILIDAD RUTA 5 / RUTA C-228



Sobre la base de la Tabla IV.2-20, para una velocidad de operación de 120 Km/H, la distancia recomendada de visibilidad es de 250 metros. Tal como se presenta en la Figura IV.2-46 hacia ambos costados de la Ruta 5 la visibilidad es superior a los 250 metros.

El segundo empalme a analizar corresponde a la intersección de Acceso a Barquito con Ruta 5. En este caso, la vía prioritaria corresponde a la Ruta 5 que tiene una velocidad de operación de 50 Km/H, por lo cual se debe verificar una distancia de visibilidad mínima de 52 metros (Tabla IV.2-18). En la siguiente figura se presenta las distancias calculadas para la intersección.

FIGURA IV.2-47. VISIBILIDAD RUTA 5 / ACCESO A BARQUITO



Sobre la base de la Tabla IV.2-18, para una velocidad de operación de 50 Km/H, la distancia recomendada de visibilidad es de 52 metros. Tal como se presenta en la figura, el empalme presenta una visibilidad de 153 metros hacia el sur y 187 metros hacia el norte. Por tanto se comprueba que las condiciones de visibilidad son adecuadas.

La última intersección a analizar corresponde a la intersección de Ruta 5 con Almirante Merino Jarpa. En este caso, la vía prioritaria corresponde a la Ruta 5. Para este empalme se observó una velocidad en terreno de 60 Km/H, lo que otorga una distancia recomendada de visibilidad de 70 metros (Tabla IV.2-18). En la siguiente figura se presenta las distancias calculadas para la intersección.

FIGURA IV.2-48. VISIBILIDAD RUTA 5 CON ALMIRANTE MERINO JARPA



Sobre la base de la Tabla IV.2-18, para una velocidad de operación de 60 Km/H, la distancia recomendada de visibilidad es de 70 metros. Tal como se presenta en la figura, el empalme presenta una visibilidad de 303 metros hacia el oriente y 54 metros hacia el poniente. Por tanto se comprueba que las condiciones de visibilidad no son adecuadas para una velocidad de 60 Km/H por ende como medida de mitigación se recomienda la incorporación de la señal de velocidad máxima 50 Km/H (RR-1) en el acceso poniente de la intersección.

IV.2-9.4 Señalización y demarcación

De acuerdo al análisis de identificación de impactos, se determinó que el Proyecto no provocará impactos en términos de demoras. Por su parte el incremento del riesgo en el área de influencia estará vinculado, principalmente a las demarcaciones y señalizaciones en mal estado o irregular, lo que también se potenciaría con el Proyecto.

De acuerdo a las rutas vehiculares mostradas en la sección IV.2-5.1 se estima que el Proyecto podría deteriorar aún más las demarcaciones en mal estado o irregulares identificadas en la sección IV.2-5.2. Por ello se recomienda renovar aquellas señales horizontales y verticales localizadas en las intersecciones de mayor peligrosidad.

Con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad en el área de influencia, las medidas adoptadas en este caso están orientadas a ordenar y mejorar la seguridad del entorno, lo que se detalla en las secciones siguientes.

Para la implementación del diseño vial propuesto, se considera la utilización de pintura termoplástica o similar, con sembrado de micro esferas reflectantes. Adicionalmente, se contempla que la totalidad de las señales propuestas deberán contar con láminas antigrafitis.

IV.2-9.4.1 Señales verticales

- Señal Pare (RPI-2), en acceso norte de la intersección Ruta 5 con Almirante Merino Jarpa.
- Señal velocidad máxima 50 Km/H (RR-1), en los accesos poniente y oriente de la intersección Ruta 5 con Almirante Merino Jarpa.

IV.2-9.4.2 Demarcaciones

- Renovación de línea de eje central continúo en la intersección de Ruta 5 con Almirante Merino Jarpa.
- Renovación de línea de eje central continúo en la intersección de Ruta 5 con c-120.
- Incorporación de demarcación Pare intersección Ruta 5 / línea ferroviaria.

IV.2-9.4.3 Proyecto de iluminación de empalme

El Proyecto opera de forma continua, generando y atrayendo flujos vehiculares tanto de vehículos pesados como de vehículos livianos. Debido a esto, sería recomendable implementar medidas de seguridad vehicular para reforzar principalmente la operación nocturna en la principal intersección del Proyecto (Ruta 5 con C-228). Por ende, se recomienda la incorporación de iluminación, con el objeto de reducir el riesgo de accidentes en la intersección durante la operación nocturna. En ese sentido, cabe mencionar que, de acuerdo al manual "Project Evaluation Manual" (Transfund, 2003), entre un 30% y 50% de los accidentes nocturnos en intersecciones interurbanas se deben a una mala iluminación, mientras que el manual "Safety Evaluation Manual" (Idaho Transportation Department, 2003) estima una reducción de un 55% en los accidentes nocturnos en intersecciones, al incorporar iluminación[2].

[2] Fuente: Análisis y Definición de una Metodología para la Evaluación Social de Impactos de Proyectos sobre la Seguridad Vial en Rutas Interurbanas (MIDEPLAN – SECTRA, 2007).