



Ministerio de  
Obras Públicas

Gobierno de Chile



Agua



Aeropuertos



Arquitectura



Obras Hidráulicas



Obras Portuarias



Vialidad

# DIRECCIÓN DE VIALIDAD

## ESTUDIO

Construcción conexión vial, Ribera Norte Lago Villarrica Pedregoso – Pucón,  
Región de la Araucanía.

ZONA SUR



SEPTIEMBRE DE 2016

**INGEROP-GHISOLFO S.A.  
AFFAIRE CC105300  
PEDREGOSO**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
CONSTRUCCIÓN CONEXIÓN VIAL  
RIBERA NORTE LAGO VILLARRICA PEDREGOSO – PUCÓN  
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

**RESUMEN EJECUTIVO**

<b>Revisión</b>	3
-----------------	---

<b>Prepara</b>			
<b>Iniciales</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observación</b>
ENG	Elsa Navas	28-09-2016	

<b>Edita</b>			
<b>Iniciales</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observación</b>
NHZ	Nolberto Hernández	28-09-2016	

<b>Revisa</b>			
<b>Iniciales</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observación</b>
ENG	Elsa Navas	28-09-2016	

<b>Aprueba</b>			
<b>Iniciales</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observación</b>
FGO	Francisco Ghisolfo	28-09-2016	

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD  
CONSTRUCCIÓN CONEXIÓN VIAL  
RIBERA NORTE LAGO VILLARRICA PEDREGOSO – PUCÓN  
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

**INFORME EJECUTIVO**

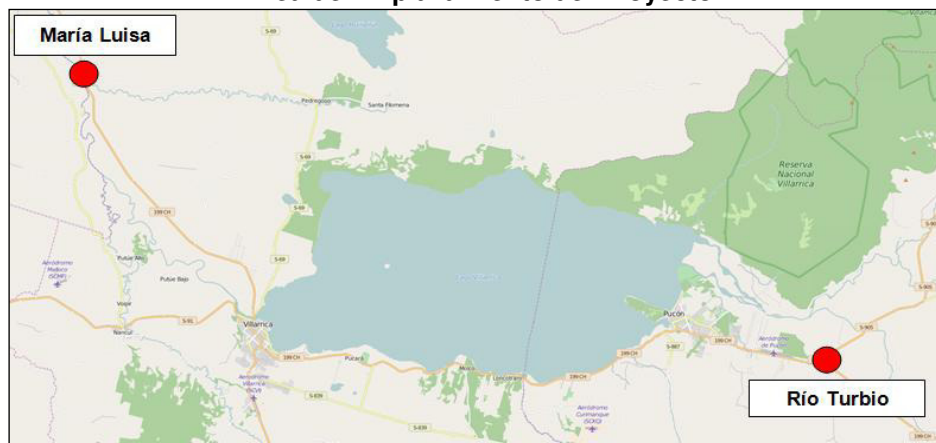
**ÍNDICE**

1	INTRODUCCIÓN .....	4
2	OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	5
3	ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO.....	5
4	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	6
4.1	Corredor N° 1: Vialidad Existente.....	7
4.2	Corredor N° 2: Ribereño .....	8
4.3	Corredor N° 3: Las 800 .....	9
4.4	Corredor N° 4: Pedregoso .....	10
4.5	Corredor N° 5: Buenos Aires.....	11
4.6	Corredor N° 6: Quélhue.....	12
5	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR .....	13
5.1	Evaluación Económica.....	13
5.2	Evaluación Multicriterio .....	15
6	DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO .....	15
7	EVALUACIÓN ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	21
8	MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO.....	25
9	PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	25
10	CONSULTA INDIGENA .....	25
11	PLAN DE PROYECTO .....	27
12	RECOMENDACIONES.....	29
13	CONCLUSIONES .....	31

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al informe ejecutivo del Estudio de Prefactibilidad Construcción Conexión Vial Ribera Norte Lago Villarrica Pedregoso – Pucón, Región de la Araucanía. El cual fue mandatado por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas a la empresa consultora Ingérop-Ghisolfo S.A., según Resolución DV N°798 con fecha 24 de noviembre de 2014.

**Figura N° 1**  
**Área de Emplazamiento del Proyecto**



Fuente: Elaboración propia

El presente documento se compone de 13 capítulos, cuyos temas principales se resumen a continuación:

El capítulo 1 presenta la estructura general y contenidos del mismo.

El capítulo 2 expone los objetivos del estudio.

El capítulo 3 define el área de influencia, contextualizando las características que rodean al proyecto.

El capítulo 4, de seis secciones, que definen cada uno de los corredores propuestos en la etapa preliminar.

El capítulo 5 desarrolla la selección de alternativas de corredor a través de una evaluación económica y posterior a esta de la evaluación multicriterio, definiendo la alternativa que se desarrollará a nivel de anteproyecto.

El capítulo 6, este capítulo está orientado al desarrollo de la alternativa seleccionada como anteproyecto y sus características técnicas.

El capítulo 7 actualiza los resultados de la evaluación económica.

El capítulo 8 señala los aspectos ambientales y del territorio a tener en consideración para el proyecto de camino.

El capítulo 9 recopila los acuerdos alcanzados en las reuniones de participación ciudadana.

El capítulo 10 resume el proceso de consulta indígena y los resultados obtenidos de este.

El capítulo 11 describe la propuesta de plan de proyecto, que será una guía para la ejecución posterior.

El capítulo 12 desarrolla las recomendaciones para las siguientes fases del proyecto.

El capítulo 13 expresa las conclusiones que se obtuvieron del presente estudio de prefactibilidad.

## **2 OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El objetivo del estudio es determinar la factibilidad técnica, económica, social, territorial y ambiental de construir una conexión vial entre la localidades de María Luisa y Río Turbio que permita materializar la circunvalación al lago Villarrica y generar una alternativa a la ruta 199-CH en el tramo Villarrica – Pucón, potenciando además la Red Interlagos en la región de la Araucanía.

## **3 ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO**

El área de influencia del estudio se ubica en la cuenca del lago Villarrica, que, como la mayoría de los lagos del sur, debe su origen al represamiento ejercido por una morrena de la última glaciación. El lago se alimenta en su extremo oriental del río Pucón, al que confluye el río Liucura que nace en la cordillera al oriente del lago y desagua en el río Toltén en su extremo poniente. Tiene una extensión de 176 km<sup>2</sup> y forma elíptica muy regular.

El lago Villarrica se encuentra flanqueado por los cerros del cordón Quelhue al norte y por el volcán Villarrica al sur, ambos macizos cordilleranos conforman con mucha nitidez una cuenca a la que sólo se accede desde el oriente y el poniente. La ribera norte mantiene intacta grandes extensiones de bosque nativo, mientras que el resto de la cuenca se encuentra formado por praderas, asentamientos humanos y campos de cultivo.

Al sur de la cuenca y coincidiendo con el volcán Villarrica se encuentra el Parque Nacional Villarrica y en la ribera norte la Reserva Nacional Villarrica, ninguno de los cuales afecta el proyecto.

En efecto, en la ribera sur del lago Villarrica se encuentran las ciudades de Villarrica y Pucón, formando una conurbación de gran dinamismo económico asociado a turismo estival y segunda vivienda.

Al contrario, la ribera norte se encuentra menos desarrollada urbanísticamente, con los terrenos en manos de pocos propietarios y más al oriente la comunidad indígena de Quelhue.

La ribera sur del lago Villarrica se encuentra regulada en toda su extensión por el Plan Intercomunal Villarrica – Pucón, Plan Regulador Villarrica y Plan Regulador Pucón, ninguno de los cuales afecta al emplazamiento del proyecto.

La red vial relevante está conformada por la 199-CH que conecta la Ruta 5 en Freire con la ribera sur del lago, específicamente las ciudades de Villarrica y Pucón, Currarehue y el paso internacional Mamuil Malal, carretera bidireccional que pasa por las localidades de María Luisa, Pedregoso, Quelhue y Río Turbio por lo que el proyecto en estudio, constituye claramente una variante por la ribera norte del lago.

Desde el punto de vista jurídico, la ruta 199-CH es una ruta nacional y presenta alto niveles de flujo así como fuerte congestión especialmente entre Villarrica y río Turbio

en época estival y festividades especiales, cuyos tiempos de viaje están afectando seriamente el desarrollo urbano y la calidad de vida de sus habitantes.

Complementan la red vial la ruta S-905 que conecta hacia el nororiente con el lago Caburgua desde el sector de río Turbio. Desde Villarrica arrancan al sur la ruta S-95-T al lago Calafquén; la S-91 al poniente a la Ruta 5 en Loncoche y la S-69 al norte por la ribera poniente del lago hacia Pedregoso.

Al oriente de Pucón se ubica el aeródromo del mismo nombre, perteneciente a la red aeroportuaria secundaria con servicio ocasional en la época estival y que alberga un club aéreo, así como una pista en Villarrica, de carácter exclusivamente deportivo.

El lago Villarrica es navegable y se encuentra bajo la tuición de la capitanía de puerto de Pucón, hay marinas deportivas y accesos privados y se practican deportes náuticos en forma intensiva especialmente en la época estival.

#### **4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

En este acápite se describen en forma sucinta las alternativas de conexión formuladas y analizadas en las primeras fases del estudio, cuyo propósito es recoger todas y cada una de las visiones de los diferentes actores relevantes para el proyecto.

Dado el carácter preliminar de esta fase, se formularon propuesta viales a nivel conceptual o preliminar, sobre ingeniería básica equivalente, esto es, la topografía sobre una restitución aerofotogramétrica escala 1: 5.000; geología y geotecnia en base a información existente y un reconocimiento terrestre, náutico y aéreo con los respectivos especialistas.

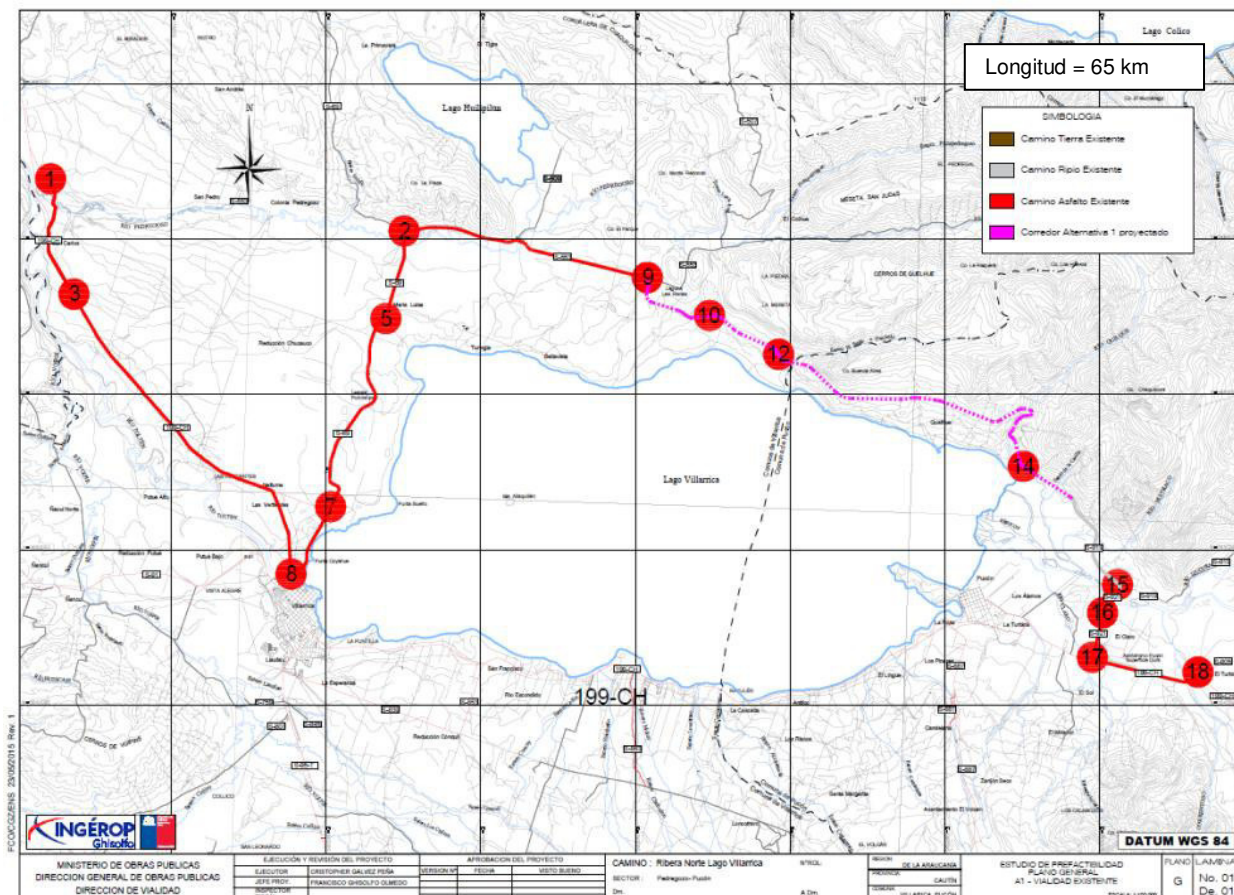
Para estimar la demanda del proyecto asociada a la operación de cada una las alternativas, se comenzó desarrollando estudios de base de tránsito con el objeto de obtener información respecto del volumen y la composición del flujo vehicular en el área bajo análisis. Los estudios de base consideraron el levantamiento de datos de demanda de viajes representativos de las temporadas Alta (meses de enero y febrero) y Normal (resto del año), el levantamiento incluyó encuestas origen-destino, aforos vehiculares, longitud de cola, velocidad, catastro de transporte público y encuestas de preferencias declaradas.

Con esta información se desarrolló un modelo de transporte en EMME/3 que permitió estimar los flujos vehiculares y condiciones de operación de cada una de las alternativas de camino, entregando como resultado la asignación de tránsito a éstas, ahorros de tiempo de usuarios, consumos de recursos y una validación de la efectividad de los proyectos de mejoramiento para superar los problemas de tráfico actuales en la ruta 199-CH.

Se propusieron 6 corredores conformados por nodos, todos tienen como punto de inicio y término las localidades de María Luisa y Río Turbio respectivamente, buscando el mejor aprovechamiento de la vialidad existente.

## 4.1 CORREDOR N° 1: VIALIDAD EXISTENTE

**Figura N° 2**  
**Corredor N°1: Vialidad Existente**



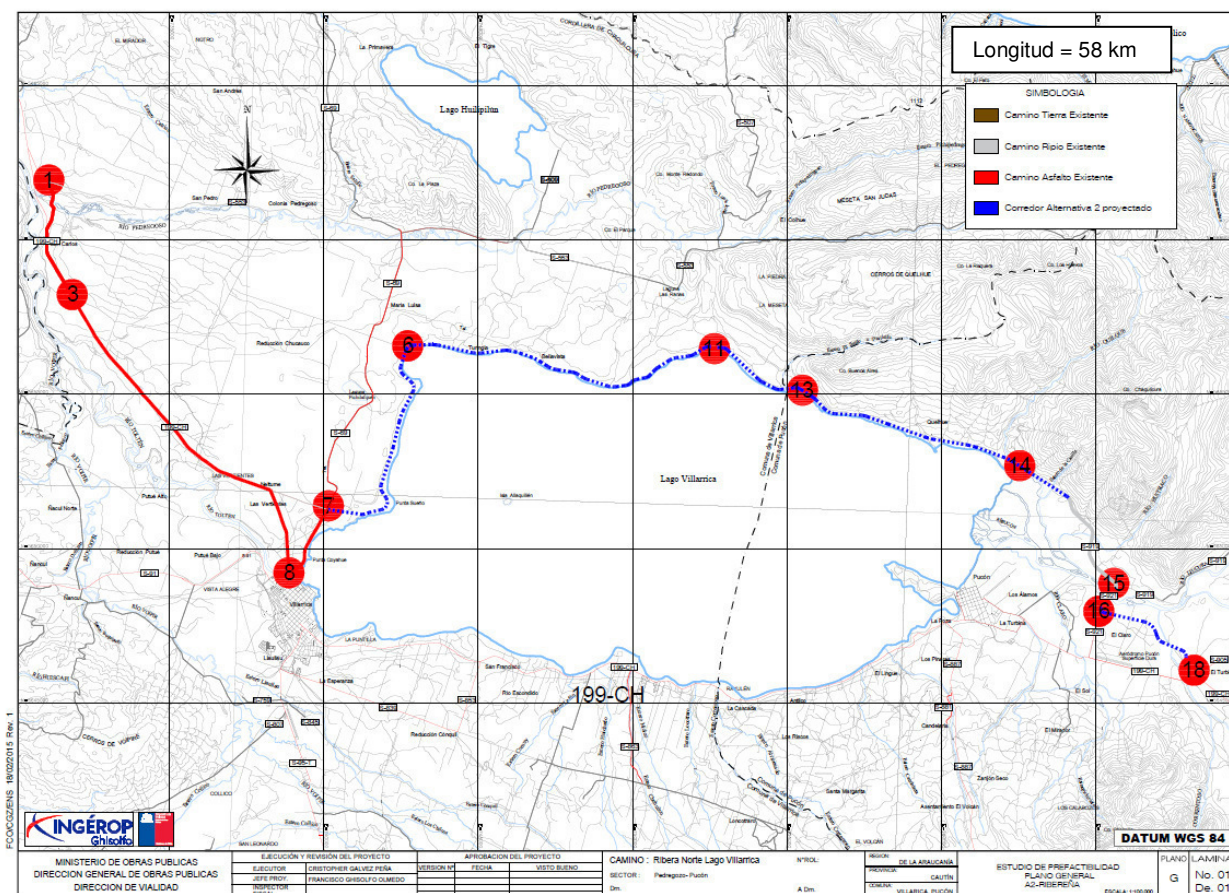
Fuente: Elaboración propia.

El planteamiento principal del Corredor 1: Vialidad Existente, consistió en desarrollar el corredor por la vialidad existente que presentaba el mejor estándar. Utilizando las rutas 199-CH, S-69 y S-553 hasta el estero las Ranas y generando desde ese punto la apertura de los 17km faltantes hasta río Plata, para luego continuar por las rutas S-919 y S-921.

La longitud del corredor N°1 es de 65,07km y su costo estimado es de MM\$26.000.

## 4.2 CORREDOR N° 2: RIBEREÑO

**Figura N° 3**  
**Corredor N°2: Ribereño**



Fuente: Elaboración propia.

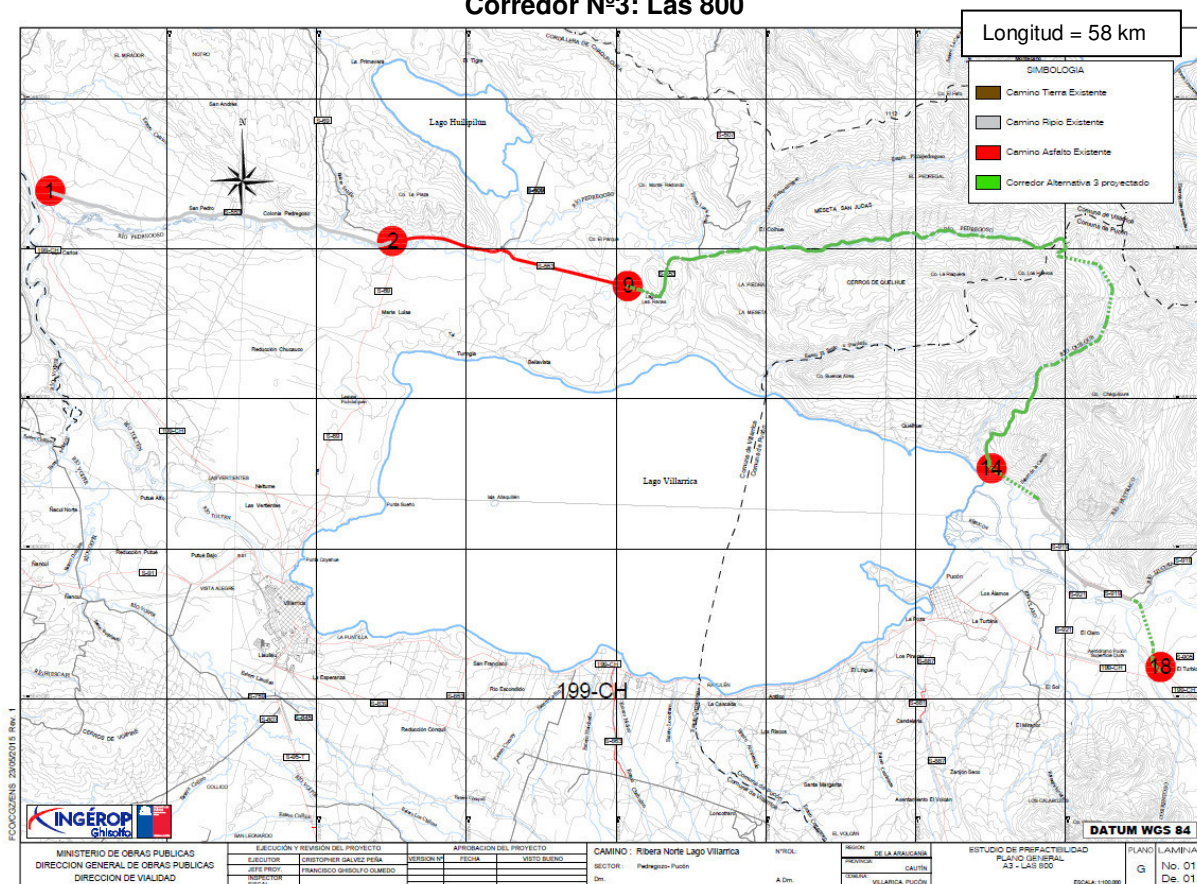
El planteamiento principal del Corredor 2: Ribereño, consistió en desarrollar el corredor por la ribera del lago.

Comienza su desarrollo por la ruta 199-CH y al llegar a la ciudad de Villarica se desarrollará por la ribera del lago, generando una nueva vialidad de 31,5km hasta río Plata, para luego continuar por las rutas S-919 y cruza en diagonal a través de nueva vialidad hasta le sector de río Turbio.

La longitud del corredor N°2 es de 57,50km y su costo estimado es de MM\$57.137.

### 4.3 CORREDOR N° 3: LAS 800

**Figura N° 4**  
**Corredor N°3: Las 800**



Fuente: Elaboración propia.

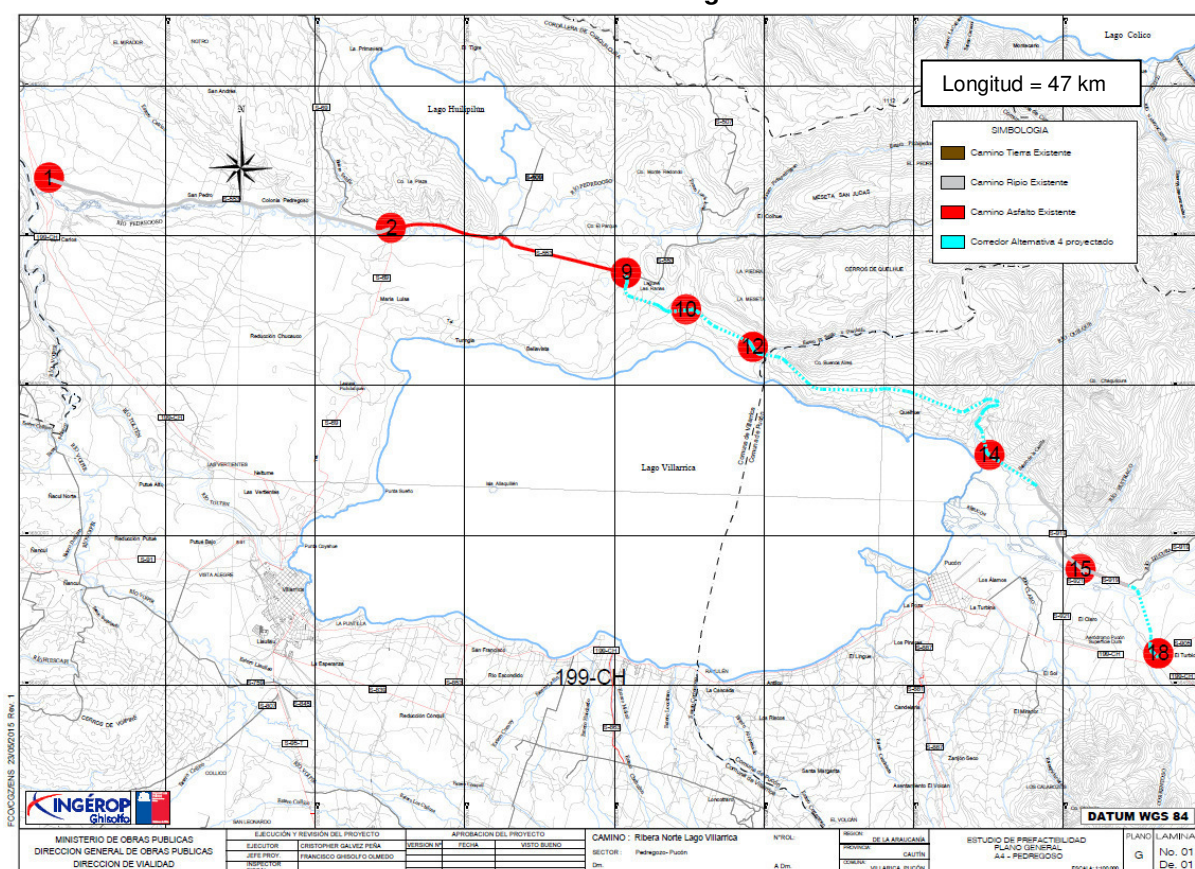
El planteamiento principal del Corredor 3: Las 800, consistió en desarrollar el corredor por el sector norte del lago, pero alejado de él, aprovechando la vialidad existente ruta S-553 y posteriormente pasando por detrás de los cerros de Quelhue.

Este corredor comienza su desarrollo por la ruta S-533 hasta el estero de Las Ranas, en donde franquea los cerros del Quelhue por el lado norte, en una zona muy escarpada y de una complicada geografía, en donde se completaría la vialidad faltante de 28km hasta río Plata, para luego continuar por las rutas S-919, genera un nuevo puente sobre el río Liucura hasta la llegada al sector de Río Turbio al lado poniente del aeródromo de Pucón.

La longitud del corredor N°3 es de 58,05 km y su costo estimado es de MM\$49.884.

## 4.4 CORREDOR N° 4: PEDREGOSO

**Figura N° 5**  
**Corredor N°4: Pedregoso**



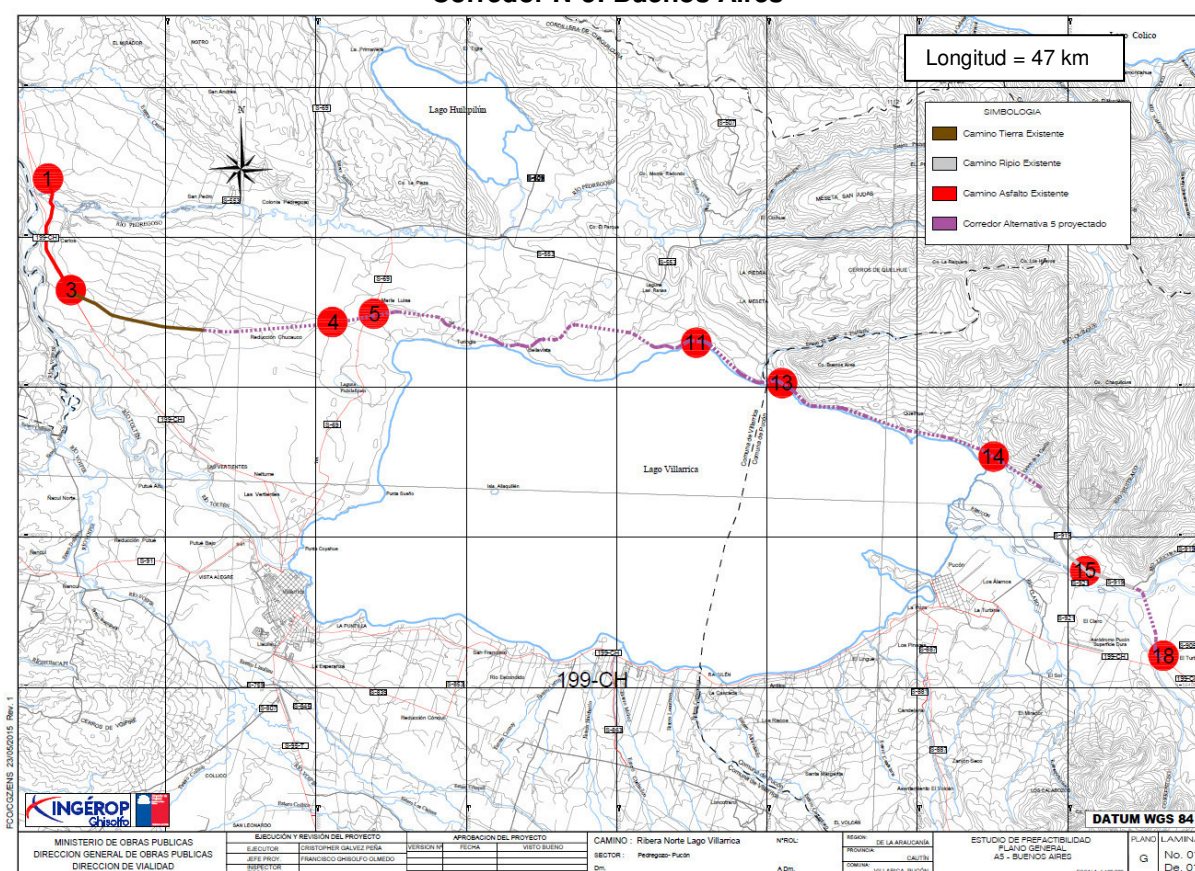
Fuente: Elaboración propia.

El planteamiento principal del corredor 4: Pedregoso, consistió en desarrollar el corredor de la manera más directa posible por el lado norte del lago, a partir del sector de María Luisa. Utilizando la ruta S-553 hasta el sector del estero Las Ranas, desde este punto se genera la apertura de 17km nuevos de camino optando por el sector sur de los cerros del Quelhue, aunque no completamente apegado a la ribera del lago hasta río Plata, para luego continuar por las rutas S-919, generando un nuevo puente sobre el río Liucura hasta la llegada al sector de Río Turbio al lado poniente del aeródromo de Pucón.

La longitud del corredor N°4 es de 46,94 km y su costo estimado es de MM\$43.145.

## 4.5 CORREDOR N° 5: BUENOS AIRES

**Figura N° 6**  
**Corredor N°5: Buenos Aires**



Fuente: Elaboración propia.

El planteamiento principal del corredor 5: Buenos Aires consistió en desarrollar el corredor por la ribera norte del lago, pero más al sur que la alternativa anterior.

La presente alternativa se desarrolla desde el sector de María Luisa hacia el sur por la ruta 199-CH solo 4km., desde este punto sigue el sentido oriente – poniente por la ribera del lago, generando un nuevo camino de 32,4km hasta río Plata, desde este punto continua por la ruta S-919 generando un nuevo puente sobre el río Liucura hasta la llegada al sector de Río Turbio al lado poniente del aeródromo de Pucón.

La longitud del corredor N°5 es de 46,70 km y su costo estimado es de MM\$54.718.



## 5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR

Para seleccionar aquel corredor que se desarrollará a nivel de anteproyecto, se siguió un proceso secuencial, primero, el criterio de evaluación social y luego, a aquellos corredores preseleccionados, se aplicó la herramienta de evaluación multicriterio.

### 5.1 Evaluación Económica

Corresponde a la primera fase de la selección de alternativas, donde se efectuó la evaluación social de las alternativas preliminares utilizando las metodologías de costo / beneficio para cada una de las alternativas de proyecto planteadas.

Para ello, se desarrolló un modelo de transporte que permitió estimar los flujos vehiculares y condiciones de operación que generará la implementación de la variante a la ruta 199-CH, ribera norte del Lago Villarrica. El modelo permitió simular y evaluar diversos escenarios futuros de operación; lo cual derivó en la estimación de ahorros de consumos de recursos y en la validación de la efectividad de los proyectos de mejoramiento para superar los problemas de tráfico actuales en la ruta.

El modelo de transporte en este caso correspondió, como fue comentado anteriormente, a un modelo de asignación vehicular, lo que incluye una red de arcos y nodos, representativos de la red vial involucrada en el proyecto; y matrices origen destino que representan la movilidad de los viajes actuales y potenciales usuarios del proyecto.

En base a los resultados anteriores, se modeló la situación base y cada alternativa de proyecto, lo cual permitió visualizar el impacto sobre los flujos vehiculares de implementar las diversas variantes por la ribera norte del Lago Villarrica, siendo estos los ahorros de recursos (principalmente tiempos de viaje). Además se calcularon los montos de inversión para cada alternativa en valores sociales, y se generaron los flujos de beneficios y costos, a partir de lo cual se desprenden los indicadores de rentabilidad social asociados a la implementación de cada alternativa

A continuación se presentan una tabla con los flujos vehiculares asignados por el proceso de ajuste para la red modelada en EMME/3 y sus respectivos TMDA para las alternativas antes mencionadas, para el corte temporal 2020.

**Tabla N° 1**  
**TMDA corte temporal 2020 por alternativa**

Alternativa	Tramo / Sector		TMDA (2020)
	Ruta	Entre	
1	199-CH	Ruta 5 / Km. 9	10.101
	199-CH	Km. 9 / Km. 26	8.764
	199-CH	Km. 26 / Villarrica	8.185
	S-69	Villarrica / S-553	2.574
	S-553	S-69 / Proyecto	2.587
	Proyecto	S-553 / S-919	2.607
	S-921	S-919 / 199-CH	4.255
	199-CH	S-919 / S-905	8.832

Alternativa	Tramo / Sector		TMDA (2020)
	Ruta	Entre	
2	199-CH	Ruta 5 / Km. 9	10.101
	199-CH	Km. 9 / Km. 35	8.846
	199-CH	Km. 35 / Villarrica	8.826
	S-69	Villarrica / Cruce Proy.	4.460
	Proyecto	S-69 / S-919	3.699
	S-921	S-919 / Km. 1	5.348
Proyecto	S-921 / 199-CH	3.647	
3	199-CH	Ruta 5 / Km. 9	10.101
	199-CH	Km. 9 / Km. 35	8.840
	S-553	199-CH / S-69	1.255
	S-553	S-69 / S-507	1.326
	Proyecto	S-507 / S-921	1.272
	Proyecto	S-921 / 199-CH	1.242
4	199-CH	Ruta 5 / Km. 9	10.101
	199-CH	Km. 9 / Km. 35	8.829
	S-553	199-CH / S-69	1.506
	S-553	S-69 / Proyecto	3.585
	Proyecto	S-553 / S-921	3.538
	Proyecto	S-921 / 199-CH	3.185
5	199-CH	Ruta 5 / Km. 9	10.101
	199-CH	Km. 9 / Km. 40	8.846
	Proyecto	199-CH / S-69	3.222
	Proyecto	S-69 / S-921	5.614
	Proyecto	S-921 / 199-CH	3.595
6	199-CH	Ruta 5 / Km. 9	10.100
	199-CH	Km. 9 / Km. 35	8.846
	S-553	199-CH / S-69	3.311
	S-553	S-69 / Proyecto	5.526
	Proyecto	S-553 / S-921	5.464
	Proyecto	S-921 / 199-CH	3.556

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se efectuó el cálculo de los indicadores de rentabilidad social, asumiendo que la construcción del proyecto se llevara a cabo durante el año 2018 y considerando una tasa de descuento social de un 6%.

**Tabla Nº 2**  
**Resumen Resultados Evaluación Social Preliminar**

ALT	VAN (MM\$)	TIR (%)
1	1.265,3	6,59%
2	18.361,1	8,75%
3	-21.638,4	-0,19%
4	16.920,0	9,92%
5	51.821,6	14,04%
6	46.968,8	15,37%

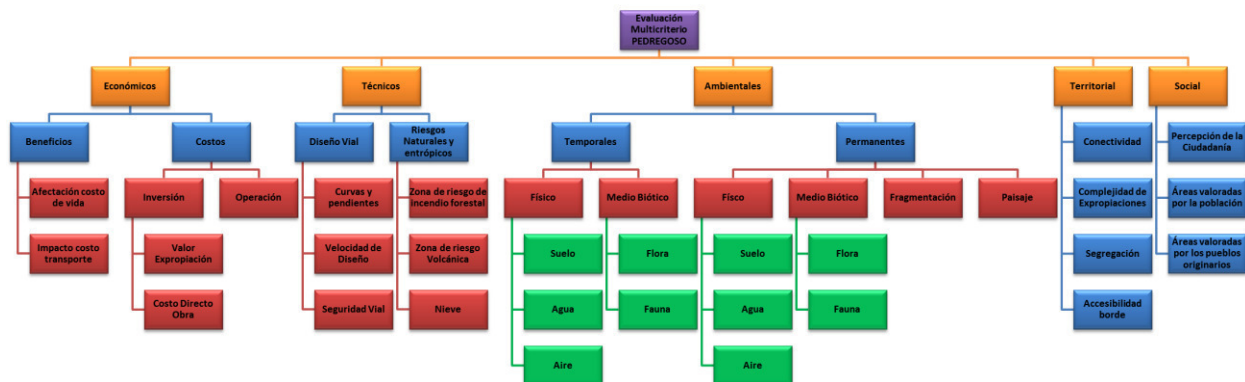
Fuente: Elaboración propia

Cinco de las alternativas presentaron rentabilidad social y consecuentemente, pasaron a ser evaluadas a la fase siguiente del estudio.

## 5.2 Evaluación Multicriterio

Las 5 alternativas que resultaron rentables socialmente fueron sometidas a la evaluación multicriterio, la que considera indicadores económicos, técnicos, ambientales, territoriales y sociales, integrándolos en un único indicador que permita establecer comparaciones entre las distintas alternativas de inversión.

**Figura N° 8**  
**Estructura Jerárquica Multicriterio**



Fuente: Elaboración Propia

El resultado de la evaluación definió que **la alternativa mejor evaluada es la Alternativa 6 Quelhue, que obtiene un 79,34% de desempeño global en el modelo de consenso final y es por lo tanto la alternativa seleccionada.**

## 6 DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO

Definida la alternativa o corredor seleccionado, se procedió a elaborar un anteproyecto vial bajo los siguientes criterios de diseño:

- La vía proyectada tendrá un estándar de camino colector.
- El camino tendrá las siguientes velocidades de operación:

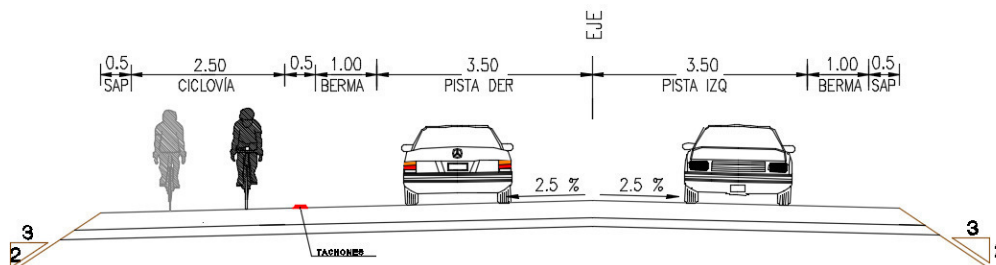
**Tabla N° 3**  
**Tramificación de la Velocidad con Proyecto**

Tramo	Terreno	Velocidad de Operación
1	Llano	80 km/h
2	Ondulado	70 km/h
3	Montañoso	60 km/h
4	Comunidad Quelhue	30 km/h
5	Ondulado	60 km/h

Fuente: Elaboración Propia

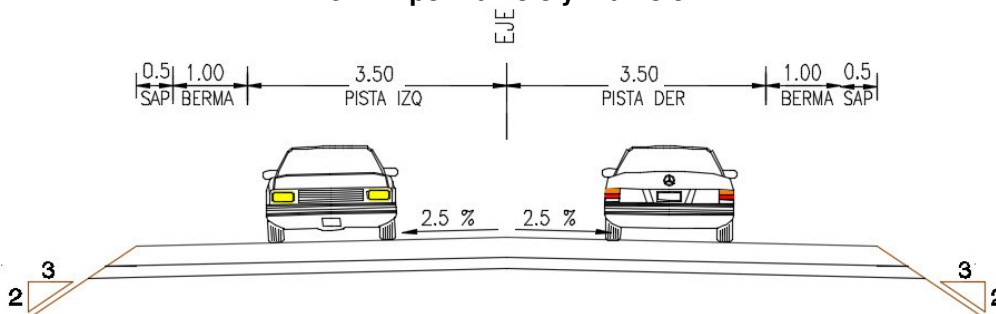
- La sección transversal para cada uno de los tramos será la siguiente:

**Figura N° 9**  
**Perfil Tipo Tramo 1 y Tramo 2**  
 PERFIL TIPO  
 TRAMO 1 Y TRAMO 2  
 Dm. 0.000,000 A Dm. 20.200,000



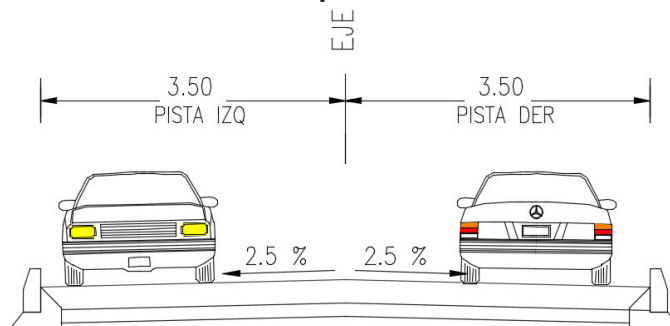
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 10**  
**Perfil Tipo Tramo 3 y Tramo 5**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 11**  
**Perfil Tipo Tramo 4<sup>1</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

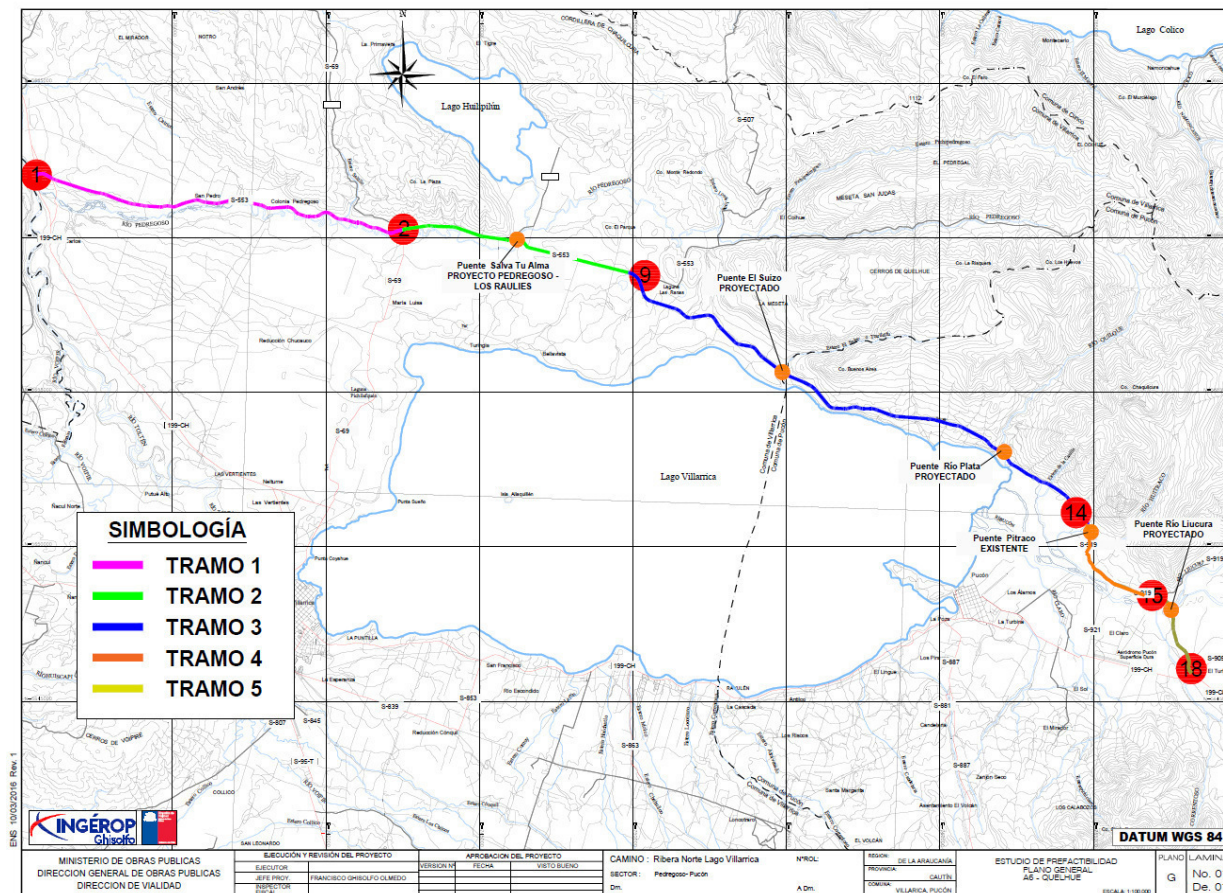
- La estructura de pavimento consiste en carpeta asfáltica de 80 mm de espesor y una base granular CBR 80% de 150mm de espesor.

Al corresponder a un nivel de anteproyecto, se trabajó sobre ingeniería básica equivalente: topografía de levantamiento LASER aerotransportado escala 1:2.000; mecánica de suelos en base a prospecciones geotécnicas de calicatas y ensayos y el estudio hidrológico.

<sup>1</sup> El tramo 4 se encuentra en el sector de la Comunidad Mapuche "Manuel Huaquivilir" de Quilhue.

La alternativa seleccionada fue tramificada de la siguiente manera:

**Figura N° 12**  
**Corredor N°6: Quelhue**



Fuente: Elaboración propia.

### **Tramo 1: Nodo 1-2**

Toponimia: María Luisa - Pedregoso

Longitud: 12,54km.

Tipo de pavimento existente: Ripio.

El tramo 1 se desarrolla entre el Nodo 1: María Luisa Dm. 0.000,000 (intersección Ruta 199-CH con ruta S-553) y el Nodo 2: Pedregoso Dm. 12.540,000 (intersección ruta S-553 con ruta S-69), tiene una longitud de 12,54km y se desarrolla sobre la actual ruta S-553 (Catrico - Pedregoso - Las Ochocientas) con pendientes bajas sobre terreno principalmente llano alcanzando velocidades de operación del orden de los 80km/h, con una altura máxima de 300m al final del tramo, se mantiene al lado norte del río Pedregoso en la totalidad de su longitud.

El ancho de la vía es de 13m, donde se consideró 2 pistas (bidireccionales) para el tránsito de vehículos además de una ciclovía de 2,5m.

### **Tramo 2: Nodo 2-9**

Toponimia: Pedregoso – Las Ranas

Longitud: 7,7 km.

Tipo de pavimento existente: 4 km. en Tratamiento Superficial Doble y 3,7 en Ripio.

El tramo 2 se desarrolla entre el Nodo 2: Pedregoso Dm. 12.540,000 (intersección ruta S-553 con ruta S-69) y el Nodo 9: Las Ranas Dm. 20.200,000 (estero), tiene una longitud de 7,7km y se desarrolla sobre la actual ruta S-553 (Catrico - Pedregoso - Las Ochocientas) con pendientes bajas en gran parte de la vía pero también presenta pendientes elevadas en algunos sectores alcanzando velocidades de operación del orden de los 70km/h, con una altura máxima de 388m al final del tramo, se mantiene al lado norte del río Pedregoso en la totalidad del tramo.

El ancho de la vía es de 13m, donde se consideró 2 pistas (bidireccionales) para el tránsito de vehículos además de una ciclovía de 2,5m.

En el Dm. 16.380,000 el camino cruza el río Pedregoso en donde actualmente se encuentra el puente Salva tu Alma, por lo que se considera su remoción y remplazo por uno que cumpla con el nuevo ancho de vía.

### **Tramo 3: Nodo 9-14**

Toponimia: Las Ranas – Río Plata

Longitud: 18,7km.

Tipo de pavimento existente: No existe camino.

El tramo 3 se desarrolla entre el Nodo 9: Las Ranas Dm. 20.200,000 (estero Las Ranas) y el Nodo 14: Río Plata Dm. 38.900,000, tiene una longitud de 18,7km y se desarrolla en un sector en que actualmente no existe camino, con pendientes altas sobre terreno principalmente montañoso alcanzando velocidades de operación del orden de los 60km/h, con una altura máxima de 388m al inicio del tramo en el sector del cerro Buenos Aires perteneciente a la denominada formación montañosa del Quelhue, se desarrolla a una distancia mínima de 100m desde la orilla del lago en la zona del cerro Buenos Aires. Se genera una ecuación de kilometraje en el Dm. 33.433,607 equivalente al 33.664,435.

El ancho de la vía es de 10m, donde se consideraron 2 pistas (bidireccionales) para el tránsito de vehículos.

En el Dm. 26.600,000 y 35.060,000 el camino cruza el estero El Suizo y el río Plata respectivamente, por lo que se considera la construcción de puentes para salvar su paso.

### **Tramo 4: Nodo 14-15**

Toponimia: Río Plata – Comunidad Quelhue

Longitud: 3,64km.

Tipo de pavimento existente: Ripio.

El tramo 4 se desarrolla entre el Nodo 14: Río Plata Dm. 38.900,000 y el Nodo 15: Comunidad Quelhue Dm. 42.540,000 tiene una longitud de 3,64km y se desarrolla sobre la actual ruta S-919 (Río Plata – El Cristo) con pendientes bajas sobre terreno principalmente llano, se desarrolla por el alrededor de territorios ancestrales mapuches por lo que se ha restringido la rasante y los anchos al terreno existente, siendo su velocidad de operación de 30km/h.

El ancho de la vía es de 7m conservándose la situación actual de la ruta.

Este tramo del anteproyecto se ajustó y modificó en base a la alternativa preliminar seleccionada tras el proceso de Consulta Indígena efectuado por el estudio, especialmente considerando los acuerdos, acuerdos parciales y desacuerdos consensuados en la etapa del dialogo de dicho proceso.

### **Tramo 5: Nodo 15-18**

Toponimia: Comunidad Quelhue – Río Turbio

Longitud: 2,76 km.

Tipo de pavimento existente: no existe camino.

El tramo 5 se desarrolla entre el Nodo 15: Comunidad Quelhue Dm. 42.540,000 y el Nodo 18: Río Turbio Dm. 45.300,000 (intersección con Ruta 199-CH y ruta S-905) tiene una longitud de 3km y corresponde a un tramo nuevo de trazado, con pendientes bajas sobre terreno principalmente ondulado alcanzando velocidades de operación del orden de los 60km/h, con una altura máxima de 308m al final del tramo, se desarrolla por el lado oriente del río Turbio a una distancia de 250m aproximadamente.

En el Dm. 42.950,000 el camino cruza el río Liucura en donde se considera la construcción de un puente para salvar su paso.

El ancho de la vía es de 10m, donde se consideraron 2 pistas (bidireccionales) para el tránsito de vehículos.

Para el desarrollo del presente anteproyecto se tuvieron en consideración:

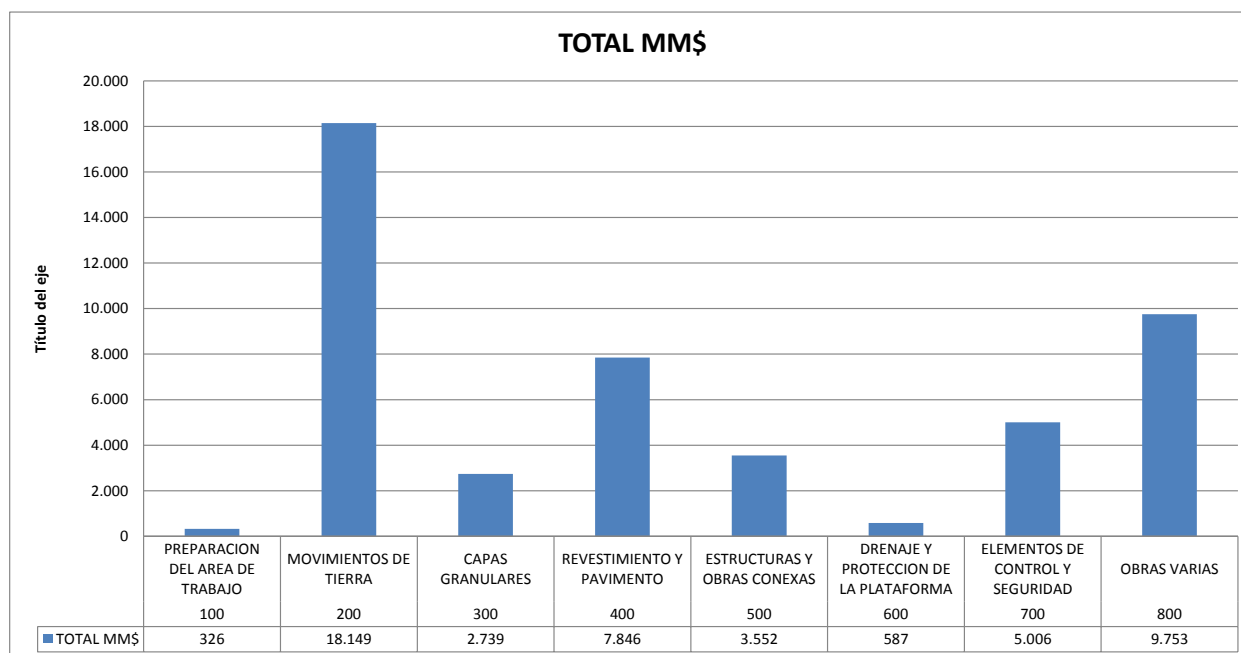
- Las principales intersecciones del proyecto corresponden a las que se producen con la ruta 199-CH en ambos extremos del proyecto, María Luisa y Río Turbio. Además de presentar 4 intersecciones más con rutas enroladas (S-69, S-509, S-921 y S-919).
- El proyecto contempla defensas fluviales en los sectores de acercamiento del eje a cauces fluviales, principalmente en el tramo 1 y 2 por la cercanía del río Pedregoso.
- La implementación de ciclovía en los tramos poblados correspondientes a los primeros 20 km, que comprenden desde Pedregoso al estero Las Ranas.

- Reposición de los paraderos existentes en la ruta, además de la incorporación de paraderos en zonas pobladas. Se consideraron paraderos de buses del tipo étnico concordantes con los de la Red Interlagos.
- Dos (2) accesos para la futura instalación de miradores, en los Dm. 25.340,000 y Dm. 31.600,000
- Utilización de muros de tierra estabilizada mecánicamente con revestimiento vegetal para la contención de suelos en los sectores que se generan grandes terraplenes, esto se produce en el tramo 3 del proyecto.
- Se ha dispuesto la colocación de barreras de contención mixtas metal madera en concordación con su integración a la Red Interlagos.
- En el caso de la señalización vertical y horizontal se dispuso la colocación de señalética del tipo Interlagos, que comprenden: Direccionales, de Confirmación e Inicio Red y Señalética con simbología Interlagos para Señales del Tipo Turística.

Además el proyecto contempla cuatro (4) puentes nuevos:

1. Puente Salva tu Alma reemplaza el puente existente por uno nuevo ubicado en el Dm. 16.351,58 para salvar el cruce del río Pedregoso, tendrá una longitud de 50m, la que será cubierta en dos tramos de 25m, proyectando una cepa central de aprox. 7,7m de altura.
2. Puente El Suizo corresponde a un puente nuevo ubicado en el Dm. 26.566,910 para salvar el accidente geográfico correspondiente al estero El Suizo. Tendrá una longitud de 65m, la que será cubierta en tres tramos de 15,6m – 25,0m - 24,4m proyectando dos cepas de aprox. 20,15m y 19,6m de altura.
3. Puente Plata corresponde a un puente nuevo que se encontrará ubicado en el Dm. 35.050,17 para salvar el accidente geográfico correspondiente al río Quilque (río Plata). Tendrá una longitud de 25m.
4. Puente Liucura corresponde a un puente nuevo ubicado en el Dm. 42.910,70 para salvar el accidente geográfico correspondiente al río Liucura. Tendrá una longitud de 125m, la que será cubierta en cinco tramos de aprox. 25m proyectando dos cepas de aprox. 64m de altura.

Con todas las consideraciones indicadas en los puntos anteriores, se estimó el costo de la alternativa seleccionada. Siendo los ítems más incidentes en el presupuesto aquellos relacionados con los movimientos de tierra y obras varias (en donde se consideraron los puentes y miradores).



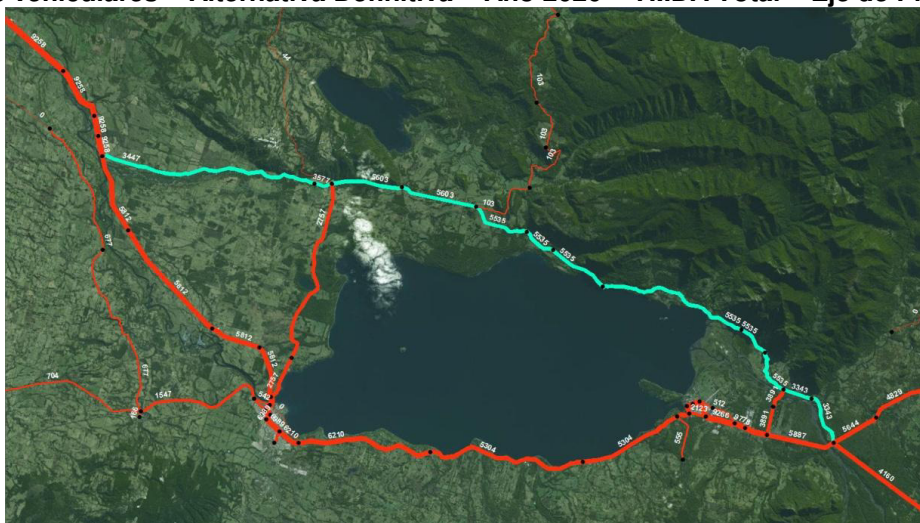
El costo de la materialización del proyecto ejecutado es de MM\$64.229 con una longitud de 45,3km y la construcción de 4 puentes nuevos.

## **7 EVALUACIÓN ALTERNATIVA SELECCIONADA**

Una vez diseñado el proyecto correspondiente a la alternativa seleccionada (Alternativa N° 6) con el nivel esperado de detalle y obtenido su costo privado, se procedió a actualizar los indicadores de rentabilidad definitivos obtenidos anteriormente, para lo cual primeramente se modelaron los tránsitos asignados y los flujos de esta alternativa.

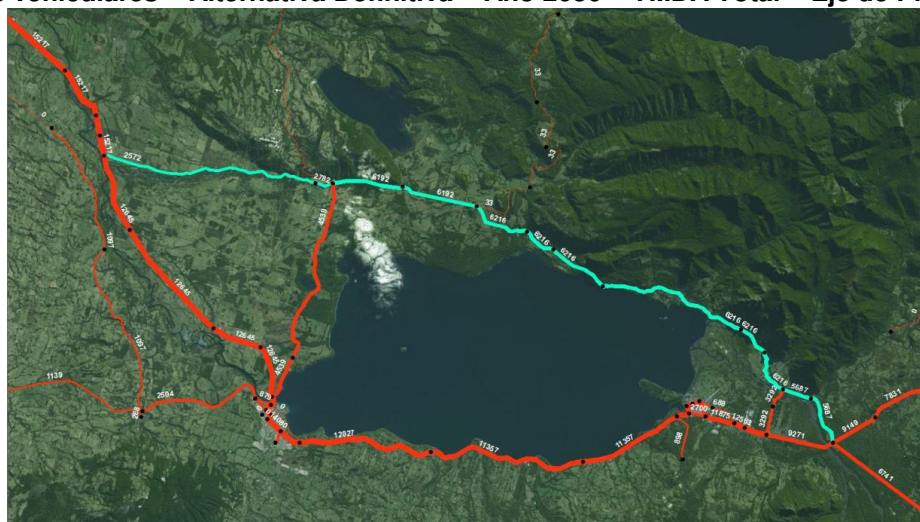
Los resultados de esta modelación definitiva se presentan en las siguientes figuras, representando los flujos vehiculares obtenidos en el proceso de asignación de EMME/3 en unidades de TMDA sobre el proyecto definitivo, para los cortes temporales 2020 y 2030.

**Figura N° 13**  
**Flujos vehiculares – Alternativa Definitiva – Año 2020 – TMDA Total – Eje de Proyecto**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 14**  
**Flujos vehiculares – Alternativa Definitiva – Año 2030 – TMDA Total – Eje de Proyecto**



Fuente: Elaboración Propia

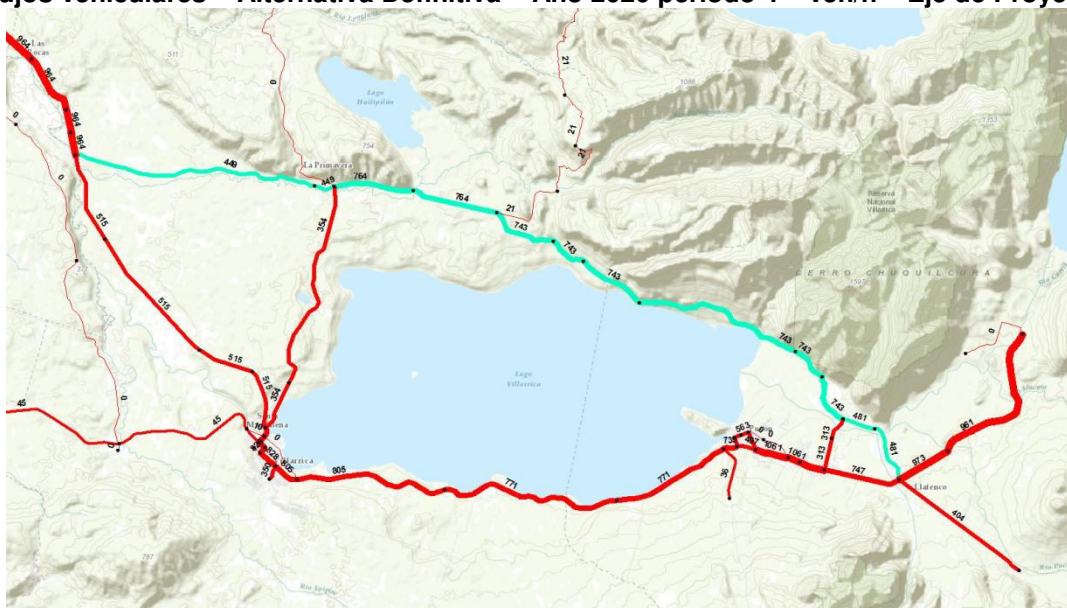
También se presentan figuras con los flujos vehiculares en unidades de veh/h obtenidos en el proceso de asignación de EMME/3 sobre el proyecto definitivo, para los cortes temporales 2020 y 2030 y para los período 3 (Temporada Alta, Peak 11.00 - 15.00 hrs) y período 4 (Temporada Alta, Peak 18:00 - 21:00 hrs).

**Figura N° 15**  
**Flujos vehiculares – Alternativa Definitiva – Año 2020 periodo 3 – veh/h – Eje de Proyecto**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 16**  
**Flujos vehiculares – Alternativa Definitiva – Año 2020 periodo 4 – veh/h – Eje de Proyecto**



Fuente: Elaboración Propia



**Tabla N° 4**  
**Indicadores Rentabilidad Social**

Indicador	Asfalto
TIR	8,60%
TRI	7,87%
VAN (MM\$)	14.522,5

Fuente: Elaboración Propia

Del resultado anterior se desprende que el proyecto es rentable desde el punto de vista social, superando la tasa interna de retorno de un 6%, exigida por MIDESO como valor mínimo exigible.

## **8 MEDIO AMBIENTE Y TERRITORIO**

En función del informe ambiental desarrollado a lo largo del estudio se determinó en su desarrollo, que la zona de estudio se encuentra declarada Zona de Interés Turístico Nacional -ZOIT- mediante Resolución Exenta N° 547/03 de Sernatur. Por esta razón, el proyecto deberá ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que coordina el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) de la Región de la Araucanía, en la medida que la ZOIT siga vigente; además, la llegada a Pucón, se acerca a la Reserva Nacional Villarrica: que es un área silvestre protegida.

Por otra parte, se identificaron otros aspectos ambientales tales como:

La presencia de 63% de flora nativa, dentro de la cual se encuentra la especie *Lapageria rosea* (Copihue), declarada planta autóctona del Sur de Chile y en grave peligro de extinción.

Respecto de la fauna, se encontraron seis especies en categorías de conservación. En el lugar se encuentran bosques y renovales de bosque nativo, con bajo grado de intervención, básicamente los tipos forestales roble-raulí-coihue y coihue-raulí-tepa.

Respecto de la variable Arqueología, habría gran riesgo de ocurrencia de hallazgos no previstos en superficie y alta probabilidad de la ocurrencia de hallazgos fortuitos.

## **9 PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

En cuanto a la participación ciudadana se realizaron 3 etapas de reuniones, estas consistieron en entrevistas y reuniones con los municipios de Villarrica y Pucón, al igual que con la comunidad de esas comunas y con los servicios públicos de la región de la Araucanía. También se realizó una reunión con los propietarios de la ribera norte del lago Villarrica. No se detectó problemas con el proyecto por parte de estos actores.

## **10 CONSULTA INDIGENA**

Tratándose de un proyecto emplazado en territorio de desarrollo indígena, con presencia de comunidades activas susceptibles de ser beneficiadas o afectadas en el ejercicio de sus tradiciones y costumbres ancestrales, prácticas religiosas, culturales o espirituales, la autoridad del MOP, mediante Resolución DGOP Exenta N°3215 del 29 de julio de 2015 decidió someter el proyecto a un Proceso de Consulta Indígena, en conformidad a lo establecido por el Convenio 169 de la OIT, en sus artículos 6 N°1 letra

a) y N°2, correspondiendo al Consultor entregar al mandante los recursos humanos y materiales para que dicha actividad.

El proceso se llevó a cabo entre septiembre del año 2015 y julio del 2016 y tuvo como objetivo informar, consultar y acordar con las comunidades indígenas del área de influencia del proyecto, las opciones y las conveniencias técnicas, económicas, sociales, territoriales y ambientales, así como recoger aquellos aspectos no favorables, de materializar una alternativa de conexión vial por la ribera norte del lago Villarrica.

Se consultó a las comunidades indígenas mapuches ubicadas dentro del área de influencia del proyecto:

**¿Están de acuerdo con la construcción de la vía de conexión por la ribera norte del Lago Villarrica entre las comunas de Villarrica y Pucón?: ¿Qué aspectos son importantes de resguardar?**

Como también, y derivado de la pregunta central, saber las condiciones y preocupaciones que desean transmitir y resguardar las comunidades indígenas al momento de desarrollar las distintas etapas del proyecto vial.

Una vez finalizadas las etapas del Proceso de Consulta Indígena (PCI) las deliberaciones arrojaron los siguientes resultados:

- Deliberación de las comunidades indígenas de la comuna de Villarrica. Están de Acuerdo.

Las comunidades mapuches manifestaron que están de acuerdo con el camino, manifiestan su apoyo al proyecto, y lo importante que puede ser para la comuna. No obstante, esperan que la conexión vial sea bien ejecutada, con las condiciones mínimas de seguridad, además de garantizar la participación en el diseño y ejecución de ésta. Su principal preocupación es que los acuerdos sean legítimos y se consideren en las siguientes etapas del proyecto.

- Deliberación de la comunidad Manuel Huaiquívir de Quelhue, Pucón.

Comunidad funcional, Comunidad Indígena Manuel Huaiquívir. Están de Acuerdo. Organización tradicional Lof Quelhue de la Comunidad Indígena Manuel Huaiquívir de Quelhue. No Están de Acuerdo.

Para la comunidad de Quelhue, quienes se sienten directamente afectados por este estudio de proyecto, se ven enfrentados ante un escenario complejo ya que el proceso ha generado una división interna por las distintas posiciones ante el proyecto.

Por un lado, la comunidad indígena (funcional) Manuel Huaiquívir, está de acuerdo con el proyecto, siempre y cuando este sea bien ejecutado, considere la cosmovisión indígena y respeten los acuerdos que se tomen.

Por el otro lado, la organización tradicional Lof Quelhue de la Comunidad Indígena Manuel Huaiquivir, representado por sus autoridades ancestrales (tradicionales), manifestó desacuerdo con el proyecto, fue fundamentado a través de un informe de afectaciones elaborado por ellos a través de profesionales conseguidos con sus propios recursos, todo ello plasmado en el expediente de Consulta Indígena.

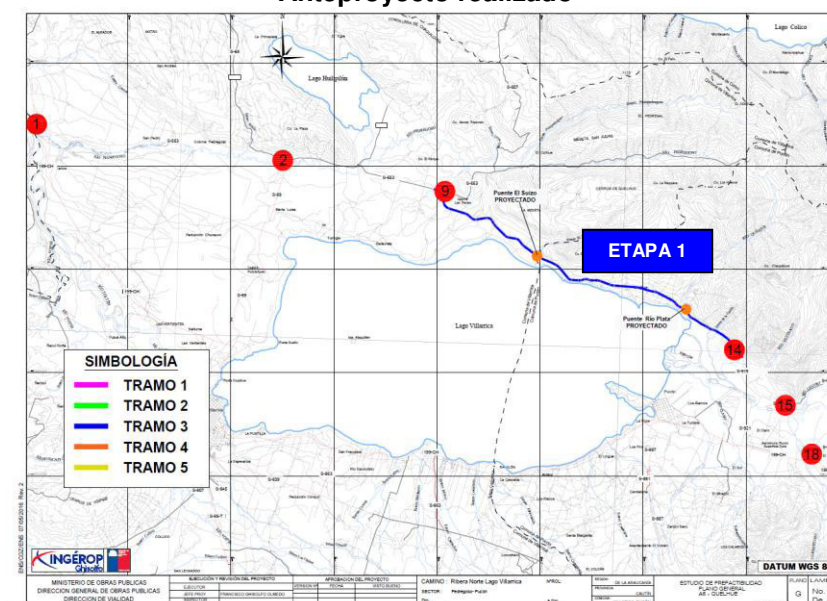
## 11 PLAN DE PROYECTO

Debido al monto total de proyecto y especialmente considerando las características particulares de esta zona desde los puntos de vista social ambiental y territorial se propone el siguiente plan para materializar del proyecto.

- **ETAPA 1:** Construcción del Tramo 3, entre el nodo 9 (Las Ranas) a 14 (Río Plata), correspondiente a los Dm. 20.200,000 a 38.900,000. Sector de apertura en que actualmente no existe camino.

Se considera dentro de la Etapa 1, una primera fase de materialización de la apertura de la ribera norte y una segunda fase de pavimentación de esta.

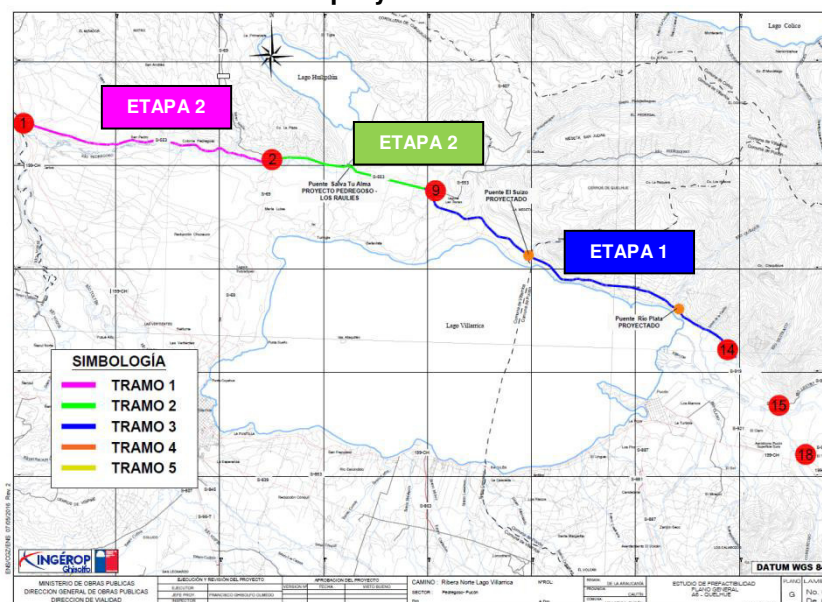
**Figura N° 19**  
**Anteproyecto realizado**



Fuente: Elaboración Propia

- **ETAPA 2:** Construcción del Tramo 1 y Tramo 2, entre los nodos 1 (Pedregoso) y 9 (Las Ranas) correspondiente a los Dm 0.000,000 a Dm 20.200,000. Sector correspondiente a parte de la ruta S-553 entre las rutas 199-CH y el inicio del Tramo 3.

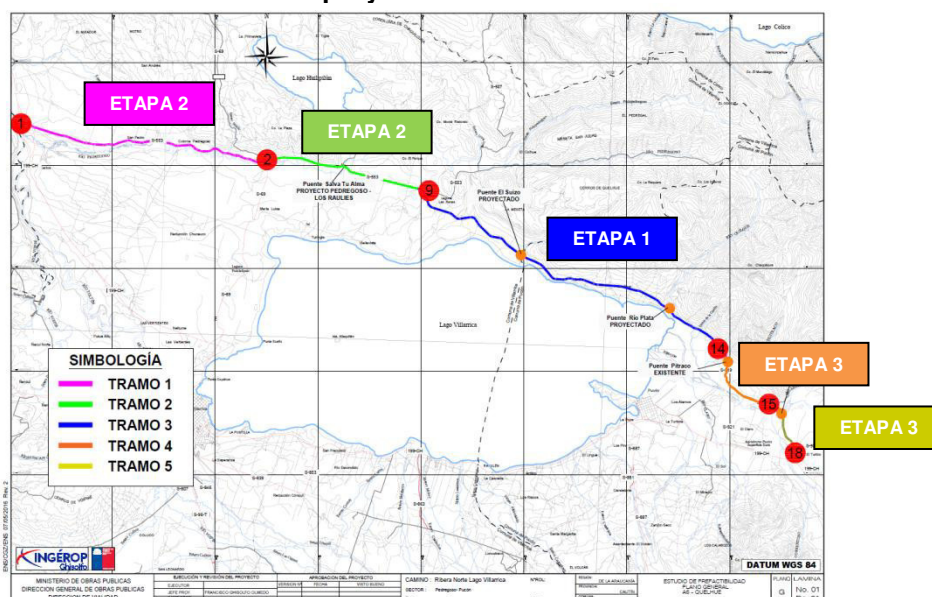
**Figura N° 20**  
**Anteproyecto realizado**



Fuente: Elaboración Propia

- ETAPA 3:** Construcción del Tramo 4 y Tramo 5, entre los nodos 14 (Río Plata) y 18 (Río Turbio), correspondiente a los entre la Dm 38.900,000 a Dm 45.300,000. Sector correspondiente a parte de la ruta S-919 entre el fin del Tramo 3 hasta la intersección con la ruta 199-CH y S-905. Se considera la construcción de un nuevo puente de 125m sobre el Río Liucura.

**Figura N° 21**  
**Anteproyecto realizado**



Fuente: Elaboración Propia

Siendo los valores de inversión para cada etapa:

**Tabla Nº 5**  
**Costos de Inversión Privada según Etapa del Proyecto (MM\$)**

		TRAMO 3		TRAMO 1y2	TRAMO 4y5
		ETAPA 1-F1	ETAPA 1-F2	ETAPA 2	ETAPA 2
100	PREPARACION DEL AREA DE TRABAJO	20	0	299	7
200	MOVIMIENTOS DE TIERRA	14.936	0	2.544	669
300	CAPAS GRANULARES	1.095	0	1.361	284
400	REVESTIMIENTO Y PAVIMENTO	0	3.077	3.633	1.135
500	ESTRUCTURAS Y OBRAS CONEXAS	3.366	0	115	70
600	DRENAJE Y PROTECCION DE LA PLATAFORMA	189	0	149	249
700	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD	2.039	0	2.256	711
800	OBRAS VARIAS	3.144	0	2.533	6.150
	<b>SUBTOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>24.789</b>	<b>3.077</b>	<b>12.889</b>	<b>9.276</b>
	IVA (19%)	4.710	585	2.449	1.762
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>29.499</b>	<b>3.662</b>	<b>15.338</b>	<b>11.038</b>
	EXPROPIACIONES	1.936	0	2.092	663
	<b>TOTAL</b>	<b>31.435</b>	<b>3.662</b>	<b>17.430</b>	<b>11.701</b>

Fuente: Elaboración Propia

## **12 RECOMENDACIONES**

Finalmente y en consideración al trabajo realizado por el Estudio de Prefactibilidad en sus distintas etapas, se sugiere tener presente en las Bases de Contratación de futuros estudios de ingeniería contemplar los siguientes elementos:

### **a) El interés turístico del área**

Efectuar un estudio respecto al potencial turístico del área, definiendo un potencial de turismo masivo de temporada o de un turismo selectivo y permanente. Identificar los atractivos relevantes, las posibilidades de contar con servicios sanitarios y electricidad y las alternativas de inversión existentes. Además de la existencia y acceso a playas en la ribera norte del lago Villarrica.

### **b) Comunidades indígenas**

En las etapas de diseño se debe tener en consideración los acuerdos y oposición tomados con las comunidades indígenas, hacer seguimiento y contemplar como mínimo la participación de las mismas comunidades, además de considerar los elementos aportados por la Consulta Indígena en la totalidad del proceso. Continuar el diálogo.

### **c) Participación Ciudadana**

En las etapas siguientes se recomienda dar información oportuna y llevar a cabo los procedimientos legales necesarios para ingresar a los predios de la ribera norte. Relevando la red de contactos establecidos como aproximación por este estudio.

#### **d) Conexiones al borde costero**

Estudiar las posibles conexiones o facilidades que pueda prestar el nuevo camino con el borde costero del lago, definiendo cuales son los puntos del borde costero y el estándar de estas conexiones.

#### **e) Análisis de riesgo**

Asociado principalmente por incorporación de facilidades peatonales y ciclísticas en el proyecto definitivo. En el anteproyecto, solo incorpora ciclovía en el tramo entre María Luisa y el estero Las Ranas (nodo 1 a 9) estas facilidades no fueron incluidas en el total del trazado en razón de disminuir las condiciones desfavorables de seguridad vial.

Análisis del riesgo de erupciones volcánicas por proximidad de la faja fiscal del proyecto definitivo al área de riesgo del volcán Villarrica e incorporación de las medidas de mitigación.

#### **f) Otras consideraciones**

Desarrollar los proyectos de detalle de todas las obras, especialmente de aquellas que por lo extemporáneo de su proposición no pudieron efectuarse a nivel de anteproyecto y solo se estimó su costo para considerarlo en la evaluación, entre otros los miradores en el área de los cerros del Quelhue. Estudiar los enlaces con la ruta 199-CH en ambos extremos de la ruta debido a la posible concesión de esta, en esta etapa solo se consideraron intersecciones.

Complementar en general la ingeniería básica del sector en estudio, incluyendo mecánica de suelos, hidrología y topografía a escala que permita su construcción.

Realizar los estudios hidráulicos de los ríos Pedregoso, Plata y Pucón, además del estero El Suizo que permitan establecer niveles más definitivos de socavación de las fundaciones, lo que permitiría re estudiar la altura de sus pilas – pilotes y de su infraestructura en general.

Del mismo modo permitirá estudiar en forma más acabada las defensas u obras fluviales que requieran dichos puentes.

Se recomienda considerar dividir en tres sectores el Estudio de Ingeniería Vial de detalle, teniendo prioridad para un primer contrato el tramo 3, para un segundo contrato los tramos 1 y 2 (María Luisa - Pedregoso - Las Ranas), y finalmente los tramos 4 y 5 (Río Plata - Comunidad Quelhue - Río Turbio). El objetivo de esta división es contar con los proyectos de ingeniería que permiten la conectividad y además son los sectores donde se requerirá un mayor esfuerzo en recursos, por ser trazado de camino nuevo en sector montañoso y en el tramo de la comunidad Quelhue, debe lograrse un trazado consensuado, lo que siempre demanda un mayor tiempo. Se estima que el tercer contrato, salvo el

emplazamiento del puente sobre el río Pucón, no debiera presentar mayores dificultades para su materialización.

### **13 CONCLUSIONES**

El estudio es concluyente y determina que bajo las actuales condiciones el proyecto posee factibilidad técnica, económica, social, ambiental y territorial.

El proyecto responde a una clasificación funcional de colector, bidireccional, que entregará continuidad de tránsito y acceso a la propiedad adyacente con intersecciones a nivel, con velocidades de proyecto de 60 km/h. La ruta conectará la 199-CH desde la localidad de María Luisa en la comuna de Villarrica hasta la localidad de Río Turbio en Pucón, con una extensión de 45,3 km, un puente mayor sobre el río Liucura de 125m de longitud, 3 puentes menores y 6 intersecciones a nivel. El camino se ajusta en su paso por la localidad de Quelhue a la faja existente, con restricciones a la velocidad de operación recogiendo requerimientos de la comunidad indígena Manuel Hualquivir.

Desde el punto de vista económico, el camino se justifica plenamente debido a la cantidad de vehículos que transitan por la 199-CH, única vía de acceso a la conurbación Villarrica – Pucón y los valles interiores, estimándose que este proyecto capturarán un TMDA transferido de 5.535 vehículos, además de impactos no cuantificados en el desarrollo urbano de la ribera norte del lago Villarrica.

Con relación a los aspectos sociales, se debe consignar que la metodología multicriterio fue aplicada con rigurosidad científica lográndose un equilibrio técnico determinante a la hora de seleccionar la mejor alternativa.

El monto de inversión en obras alcanza a 64.229 millones de pesos de julio de 2016, y se presenta un cronograma de ejecución que se inicia con el tramo de 20 kilómetros en que actualmente no existe camino. Con estas consideraciones, se recomienda la ejecución de estudio de ingeniería de detalle por tramos, a efectos de lograr la conexión aprovechando la vialidad existente.

Especial mención debe hacerse con relación a la oposición manifestada por una comunidad indígena de Quelhue, habiendo acuerdo sobre la necesidad de continuar el diálogo más allá del marco de este contrato, así como la participación de los propietarios de la ribera norte.

**El proyecto completa la circunvalación al lago Villarrica potenciando la Red Interlagos, y ofrece una alternativa de conexión de la 199-CH entre la ruta Freire Villarrica y los valles interiores de Caburgua, Curarrehue y el paso internacional Mamuil Mamal, evitando la conurbación Villarrica – Pucón y sus altos niveles de congestión estival. La ruta ofrece también una alternativa a eventuales erupciones del volcán Villarrica.**