



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA MODELO DE GESTIÓN CONTRACTUAL DEL TRANSPORTE DE PERSONAL EN
DIVISIÓN CHUQUICAMATA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

CÉSAR ANDRÉS KAHLER RAMÍREZ

**PROFESOR GUÍA:
ENRIQUE JOFRÉ ROJAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GERARDO DÍAZ RODENAS
JACQUES CLERC PARADA**

**SANTIAGO DE CHILE
2019**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAGISTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS
POR: CÉSAR KAHLER RAMÍREZ
FECHA: DICIEMBRE 2019
PROFESOR GUÍA: ENRIQUE JOFRÉ ROJAS

PROPUESTA MODELO DE GESTIÓN CONTRACTUAL DEL TRANSPORTE DE PERSONAL EN DIVISIÓN CHUQUICAMATA

El presente estudio tiene como objetivo principal definir el modelo de gestión para la operación del servicio de transporte del personal (propio y contratista) para los próximos años. Este servicio tiene una relevancia crítica para la producción de la empresa debido a que para la exploración, desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre y subproductos es muy relevante asegurar la continuidad de marcha de la operación, esto con un alto estándar de seguridad, calidad, confort y oportunidad. Actualmente el servicio tiene un costo anual de 18 millones de dólares, equivalentes a 2 centavos de libra del costo neto (C1) de la División Chuquicamata (en adelante DCH) y en el escenario actual de la Corporación del Cobre, es imperante optimizar estos resultados. Para esto se requiere analizar el modelo de transporte actual, considerar la incorporación de nuevas tecnologías como la electromovilidad así como la incorporación de personal de empresas contratistas al servicio y evaluar económicamente los resultados.

Hoy el mercado ofrece variadas alternativas para realizar el transporte de personal, en esta tesis, se recopila la información de la operación actual del servicio de transporte de personal de la División Chuquicamata, se revisarán modelos de transporte de otras divisiones, y se propondrán diferentes escenarios los que se cuantificaran mediante simulación, incorporando todas las variables del sistema de transporte, con el objetivo de buscar cuál de las alternativas propuestas genera mayor valor a la División.

Utilizando los resultados de las simulaciones, e incorporando valores de mercado se logra comparar distintos medios de transporte, se descartan alternativas no viables económicamente, y se evalúa la forma en que se efectúan los recorridos de los buses que recogen a los trabajadores por la ciudad de Calama, como son: barrido (escenario actual y optimizado), sistemas troncales, terminales periféricos y terminal único. Una de las conclusiones es que en cualquiera de los escenarios mencionados, la incorporación de los trabajadores de empresas colaboradoras al servicio, aumenta el beneficio económico.

Analizadas la experiencia internacional y mejores prácticas mundiales, estas manejan promedios de 7 a 11 años de duración en contratos de similares características al requerido en División Chuquicamata, los cuales con duraciones de 7-8 años se adaptan al modelo óptimo para un sistema de transporte masivo. El modelo propuesto incorpora un plazo de 8 años de duración y además propone incorporar un sistema de control, operación y supervisión que facilite, mejore y optimice el desempeño del servicio de transporte.

A pesar de que el escenario de recorridos troncales presenta el mayor beneficio económico, esta no es la mejor alternativa, principalmente debido a que aumenta el recorrido que deben hacer los trabajadores para tomar el servicio. Luego, el escenario más favorable para la DCH es el Terminal Único, que requiere una inversión de 3,2 millones de dólares, cuyo VAN es de 19 millones de dólares, respecto del modelo actual, el período de evaluación fue de 8 años y la tasa de descuento empleada fue de un 8%. La implementación del Terminal Único requiere autorización para utilización de los terrenos y su posterior construcción. Por lo anterior, se recomienda iniciar el proceso mediante la ejecución del modelo actual optimizado, mientras se aprueban los permisos para implementación del Terminal Único. La electromovilidad fue analizada en cada uno de los escenarios, concluyéndose que su incorporación no es rentable en el escenario de Terminal Único.

Este trabajo está dedicado a mis hijos, Ignacio, Amaro y Máximo, con su amor y paciencia durante estos últimos años me han ayudado a realizar mis sueños.

Agradecimientos

A mis compañeros, mis colegas jefes y profesores, que han apoyado la idea de mejorar el servicio de transporte de personal, gracias!!

Tabla de Contenido

PROPUESTA MODELO DE GESTIÓN CONTRACTUAL DEL TRANSPORTE DE PERSONAL EN DIVISIÓN CHUQUICAMATA	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2.....	1
2. PROPUESTA DEL TRABAJO	1
2.1. OBJETIVOS	1
2.1.1. <i>Objetivo General</i>	1
2.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	1
2.2. METODOLOGÍA.....	2
2.3. RESULTADOS ESPERADOS	2
CAPÍTULO 3.....	2
3. ANTECEDENTES GENERALES	2
3.1. ACERCA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2
3.2. BENCHMARK DE MERCADO	4
3.2.1. <i>Modelos de operación</i>	4
3.2.2. <i>Tecnologías para el control de gestión</i>	7
CAPÍTULO 4.....	9
4. TECNOLOGÍAS APLICABLES	9
4.1. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LA OPERACIÓN.....	9
4.2. SEGURIDAD APLICADA A LA OPERACIÓN.....	10
4.2.1. <i>Conductores</i>	10
4.2.2. <i>Vehículos</i>	11
4.3. VEHÍCULOS AUTÓNOMOS.....	12
CAPÍTULO 5.....	14
5. EVALUACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE ESCENARIOS DE OPERACIÓN	14
5.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ACTUAL.....	14
5.2. MODELOS TÉCNICOS DE TRANSPORTE.....	20
5.2.1. <i>Escenario actual optimizado</i>	20
5.2.2. <i>Sistema Troncal</i>	21
5.2.3. <i>Terminal único</i>	24
5.2.4. <i>Terminales periféricos</i>	29
5.3. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE OPERACIÓN	30
5.3.1. <i>Resultados de escenarios de modelación</i>	32
5.3.2. <i>Indicadores y KPI</i>	35
5.3.3. <i>Evaluación económica</i>	39
5.4. RECOMENDACIÓN DE OPERACIÓN EN BASE A LOS RESULTADOS.....	45
CAPÍTULO 6.....	46
6. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS EN LA MOTORIZACIÓN.....	46
6.1. DIÉSEL	46

6.2.	ELÉCTRICOS	50
6.3.	HÍBRIDOS	51
6.4.	EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS.....	53
CAPÍTULO 7.....		58
7.	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN.....	58
7.1.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN.....	58
7.2.	SINCRONIZACIÓN CON OTRAS INICIATIVAS	59
7.3.	DEFINICIÓN DEL MODELO CONTRACTUAL.....	61
7.3.1.	<i>Duración del contrato.....</i>	<i>61</i>
7.3.2.	<i>Estrategia con los oferentes</i>	<i>62</i>
7.3.3.	<i>Fórmula de pago</i>	<i>62</i>
7.3.4.	<i>Modelo de multas.....</i>	<i>64</i>
7.3.5.	<i>Elaboración de Bases Técnicas</i>	<i>64</i>
CAPÍTULO 8.....		65
8.	ANÁLISIS DE OTRAS ALTERNATIVAS	65
8.1.	FERROCARRIL	65
8.2.	TELEFÉRICO.....	66
9.	CONCLUSIÓN.....	68
10.	BIBLIOGRAFÍA	70

Índice de Tablas

Tabla 3.1: Cantidad de trabajadores en carry all	3
Tabla 3.2 Cuadro comparativo de tecnologías	8
Tabla 5.1 Tiempo y distancia desde salida de Calama hasta los accesos.....	17
Tabla 5.2 Dimensionamiento de espacios en terminal único.....	29
Tabla 5.5 Dimensionamiento de espacios en terminales periféricos.....	29
Tabla 5.6. Costo de operación diarios de escenarios modelados	34
Tabla 5.7. Resultados de los diferentes escenarios de operación	36
Tabla 5.8. Distancia de caminata promedio.....	37
Tabla 5.9. Tiempo de viaje promedio hasta faena	37
Tabla 5.10. Tasa de ocupación promedio.....	37
Tabla 5.11: Costos de inversión, mantenimiento y administración Terminal Único	38
Tabla 5.12: Costos de inversión, mantenimiento y administración terminal norte.....	38
Tabla 5.13: Costos de inversión, mantenimiento y administración terminal sur	38
Tabla 5.16. Costos de mejoramiento Puerta 2 y Puerta 4	39
Tabla 5.17. Costos de inversión en terminales	39
Tabla 5.18. Costos de inversión en tecnología	40
Tabla 5.19. Costos unitarios de operación sistema actual	40
Tabla 5.20. Costos de operación sistema actual	40
Tabla 5.21. Costos unitarios de operación escenarios de operación	41
Tabla 5.22. Costos unitarios de operación escenarios de operación	43
Tabla 5.23. Parámetros para cálculo del VAN	43
Tabla 5.24. Cálculo rentabilidad económica de escenarios.....	43
Tabla 5.25. Cálculo rentabilidad económica de escenarios.....	45
Tabla 7.1. Turnos supervisores.....	62

Índice de Ilustraciones

Ilustración 3.4. Imagen aérea de la Puerta n°2.....	3
Ilustración 3.5 Mapa de Posturas y Recorridos en Rancagua. DET.....	4
Ilustración 3.6 Recorridos y paraderos sistema troncal, DET.....	5
Ilustración 3.7 Localización Terminal Único, DET.....	5
Ilustración 3.8 Ubicación residencia trabajadores propios, DAND.....	6
Ilustración 3.9 Modelo de transporte, DAND.....	6
Ilustración 3.10 Rutas de transporte, DAND.....	7
Ilustración 4.1. Arquitectura del sistema y módulos propuestos.....	9
Ilustración 4.2 Inteconectividad.....	12
Ilustración 4.3 Bus autónomo.....	13
Ilustración 5.1 Ciudad de Calama.....	15
Ilustración 5.3. Malla de recorridos de subida.....	15
Ilustración 5.4 Cantidad de buses Calama - Terminal Vial, según horario de postura.....	16
Ilustración 5.5 Cantidad de buses Terminal Vial – Calama, según horario de postura.....	17
Ilustración 5.7. Esquema acceso Puerta N°2.....	18
Ilustración 4.8. Disposición de controles de acceso.....	18
Ilustración 5.9. Vista general de lugares de destino de trabajadores.....	19
Ilustración 5.11. N° de buses que llegan al terminal vial por hora.....	19
Ilustración 5.12. N° de buses que inician desde terminal vial hacia las faenas por hora.....	20
Ilustración 5.16. Recorridos troncales sin acercamiento.....	21
Ilustración 5.17. Recorridos troncales con acercamiento.....	22
Ilustración 5.18. Proceso del sistema troncal.....	22
Ilustración 5.19 Logística de operación en Terminal Vial (recorridos troncales).....	22
Ilustración 5.20. Destinos desde Terminal Vial hacia Faena, recorridos troncales.....	23
Ilustración 5.21 Localización Terminal Único.....	24
Ilustración 5.22 Ilustrativo operación de transporte de personal mediante un terminal único.....	24
Ilustración 5.23 Traslado Calama – Terminal Único mediante vehículos de acercamiento.....	25
Ilustración 5.24 Traslado Terminal Único – Faena mediante buses.....	26
<i>Ilustración 5.25. Esquema de operación del Terminal Único.....</i>	<i>26</i>
Ilustración 5.26 Esquema tridimensional del Terminal Único.....	27
Ilustración 5.27. Diseño de andenes “en ángulo” para bus tipo pullman.....	27
Ilustración 5.28 Superficie requerida para plataforma de transportes.....	28
Ilustración 5.36. Cuadro resumen de los escenarios modelados.....	31
Ilustración 5.37. Resultado de escenarios N°1, N°2, N°3, N°4.....	32
Ilustración 5.38. Resultado de escenarios N°5, N°6, N°7, N°8.....	33
Ilustración 5.39. Resultado de escenarios N°9, N°10, N°11, N°12.....	33
Ilustración 5.40. Resultado de escenarios N°13, N°14.....	34
Ilustración 5.43. Resumen VAN escenarios.....	45
Ilustración 6.1 Comparación de tipo de contaminante por normativa.....	46
Ilustración 6.2 Servicio telemetria y control volvo.....	47
Ilustración 6.3 Reducción de gases.....	48
Ilustración 6.4 Ficha técnica bus tradicional.....	49
Ilustración 6.5 Costo total bus.....	49
Ilustración 6.6 Bus eléctrico.....	50
Ilustración 6.7 Ficha técnica bus eléctrico.....	50
Ilustración 6.8 Costo kilómetro.....	51
Ilustración 6.9 Funcionamiento bus híbrido.....	51
Ilustración 6.10 Costo total bus.....	52
Ilustración 6.11 Análisis electromovilidad – Buses – Sistema Actual Optimizado.....	53
Ilustración 6.12 Análisis electromovilidad – Carryall – Sistema Actual Optimizado.....	54
Ilustración 6.13 Análisis electromovilidad – Buses – Sistema Troncal.....	54
Ilustración 6.14 Análisis electromovilidad – Carryall – Sistema Troncal.....	55
Ilustración 6.15 Análisis electromovilidad – Buses – Terminales Periféricos.....	56
Ilustración 6.16 Análisis electromovilidad – carry all – Terminales Periféricos.....	56
Ilustración 6.17 Análisis electromovilidad – Buses – Terminal Único.....	57
Ilustración 6.18 Análisis electromovilidad – Taxibus – Terminal Único.....	57
Ilustración 7.1 Plan de implementación.....	58

Ilustración 7.2 Propuesta ampliación puerta 2	59
Ilustración 7.3 Alternativas de fusión Puerta 4 y acceso PMCHS	60
Ilustración 7.4 Propuesta acceso puerta 4 y pmchs	60
Ilustración 7.5 Índice Bases Técnicas	64
Ilustración 8.1. Tren de cercanías, España.....	65
Ilustración 8.2. Teleférico de Caracas, Venezuela.....	66

1. Introducción

La DCH se encuentra en un proceso de evaluación de su actual sistema de transporte de personal (propio y contratistas) en el cual el transporte de personal propio está adjudicado a la empresa contratista GEMINIS, cuya operación comenzó en el año 2009 con una duración de 10 años. El presente estudio tiene como objetivo principal definir el modelo de gestión para la operación del servicio de transporte del personal (propio y contratista) para los próximos años.

El actual sistema de transporte consiste en el traslado en buses y otros móviles, de todo el personal propio, desde y hacia la ciudad de Calama (realizando recorridos por toda la ciudad, recogiendo y dejando pasajeros), hacia y desde sus lugares de trabajo en el área industrial, se ha realizado un levantamiento preliminar que ha arrojado algunos indicadores del servicio actual de transporte de personal en la Corporación del Cobre de Chile, incluyendo la DCH, donde el servicio transporta a trabajadores propios, a un costo de dieciocho millones de dólares anuales, siendo el costo por pasajero más alto de la corporación del cobre de Chile.

El modelo de gestión actual del transporte de personal de la DCH, tiene una tasa de utilización promedio de un 33%, un cuarto del costo total es arriendo de vehículos y tres cuartos corresponden a la operación. Este servicio está externalizado, contratado a un tercero por la DCH, y tiene una relevancia crítica para la producción de la empresa debido a que la exploración, desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre y subproductos, depende en gran parte de que la dotación de personal realice su trabajo en faena continua.

En esta tesis se desarrolla la idea de proponer un nuevo modelo contractual y de operación para el transporte de personal en la DCH, con el objetivo de agregar valor al resultado del negocio, a los usuarios finales y a los clientes. Teniendo en cuenta los diversos horarios y turnos presentes, así como el inicio de las operaciones de la mina subterránea.

Capítulo 2

2. Propuesta del Trabajo

La evaluación del modelo de gestión contractual del transporte de personal en DCH, es necesaria dado que hoy existen variadas alternativas, que pueden ser evaluadas con el fin de aumentar valor al negocio.

Actualmente la optimización de rutas no es prioridad en el servicio y no existen indicadores que se hagan cargo de esto, la tasa de utilización de buses y *carry all* no es la mejor.

El servicio cuenta con 50 buses y 63 *carry all* repartidos en dos contratos de arriendo y dos contratos de operación, sin tener un centro logístico que se haga cargo de la optimización de recorridos, llevar base de datos de los usuarios, solicitudes y destinos.

La transformación de Chuquicamata requiere de sistemas modernos, con organizaciones ágiles, innovadoras, potenciadas por las tecnologías existentes y capaces de adaptarse a los cambios.

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Proponer un nuevo modelo de gestión contractual que optimice los contratos asociados al servicio de transporte de personal para la DCH, incorporando la Mina Chuquicamata Subterránea y considerando un ahorro en este servicio.

2.1.2. Objetivos específicos

1. Recopilar la información de la operación actual, analizar la manera en que se realiza el barrido de la ciudad y el modo de traslado entre la ciudad de Calama y el centro de trabajo Chuquicamata, cuantificando distancia, consumo y emisiones.

2. Cuantificar la demanda actual y futura, y la posible incorporación de la demanda de trabajadores de empresas colaboradoras.
3. Verificar tipos de tecnologías presentes en el mercado para el servicio y cuantificarlas.
4. Analizar y evaluar técnica y económicamente **distintos escenarios de operación** tanto desde el punto de vista **logístico** como desde el punto de vista de **modelo de negocio**.
5. Definir la forma en que se realizarán los recorridos entre la ciudad de Calama y las distintas áreas de trabajo.
6. Realizar una propuesta de gestión contractual para el servicio de transporte de personal.
7. Evaluar económicamente las diferentes alternativas de motorizaciones, incluida la eléctrica.
8. Desarrollar recomendaciones que consideren el mejor escenario de operación, considerando las condiciones de borde inherentes a la industria minera y la realidad operacional de Chuquicamata.

2.2. Metodología

Para la construcción de los escenarios y la realización de las evaluaciones de operación necesarias se debe trabajar en la recopilación y revisión del caso base, realizar benchmarking del servicio de transporte entre las diferentes divisiones de la Corporación del Cobre de Chile, estudiar los diferentes horarios de entrada y definir patrones de ingreso del personal.

Realizado el caso base se debe estudiar y proponer un nuevo modelo, incorporando solución a las brechas encontradas.

Para esto, se propondrán diversas tecnologías presentes en el mercado, asegurando maximizar el concepto de seguridad de los usuarios, minimizar los tiempos de traslado, crear valor para los usuarios y para la organización.

Es relevante para la organización entender cómo la electrificación y autonomización de los vehículos de transporte impactará en los años venideros, debiendo proponer un plan de incorporación de estas tecnologías dependiendo de la duración de los contratos y los momentos en que estas tecnologías se encuentren maduras y generen un impacto positivo en la generación de valor del negocio.

Las evaluaciones económicas serán el medio para definir cuál es la alternativa que más agrega valor al negocio.

2.3. Resultados esperados

Se espera presentar diferentes escenarios para ser evaluados, determinando cual es el mejor para implementar un nuevo modelo de gestión contractual para el servicio del transporte de personal para la DCH, incluyendo la opción de contar con buses eléctricos.

Capítulo 3

3. Antecedentes generales

3.1. Acerca del área de estudio

La ciudad de Calama se encuentra ubicada en la segunda región al norte de Chile, siendo una de las áreas mineras más importantes del país, ciudad en la que vive la mayoría del personal que trabaja en la DCH.

Se analizarán los paraderos establecidos por la empresa, los diferentes recorridos, la red y seguridad vial. La ciudad de Calama se encuentra a 19 kilómetros de distancia hasta la mina Chuquicamata y a 27 minutos de duración desde el centro de la ciudad, la vía principal que conecta la ciudad con la mina Chuquicamata es la Ruta 24.

Por otro lado, al interior de la DCH se analizarán los trayectos que hace el transporte del personal dentro y fuera del recinto de mina, las paradas para el desembarque y embarque de los usuarios, la red y seguridad vial, diferentes tipos de vehículos, la gestión e infraestructura operacional, entre otros.

La DCH actualmente cuenta dos accesos a sus instalaciones industriales, la puerta n°2 y la puerta n°4. Siendo el principal acceso la puerta n°2, la que se ocupa como terminal de transferencia entre los recorridos de buses que llegan desde la ciudad de Calama y los recorridos de buses que reparten a los trabajadores a sus áreas laborales, dentro de los recintos industriales de la División.

La puerta n°2 cuenta con una estructura capaz de mantener en total 32 buses estacionados, en el medio de la instalación existe un edificio que es límite entre el exterior y el interior de los recintos industriales, este edificio cuenta en su interior con 12 torniquetes para el registro del ingreso y salida de los trabajadores.

La gran mayoría de los trabajadores ocupan el servicio de transporte de personal anteriormente descrito, sin embargo, existe otro servicio operado mediante carritos para el traslado de los trabajadores del área mina, los que ingresan directamente desde la ciudad de Calama hasta las instalaciones de la mina. Este servicio es utilizado también por operadores de algunas plantas, que deben hacer relevos en el punto de trabajo.

Tabla 3.1: Cantidad de trabajadores en carry all

Nombre de la Gerencia	total Gcia.
Gerencia Concentradora	26
Gerencia de Administración	3
Gerencia de Extracción y Lixiviación	29
Gerencia de Proyectos	47
Gerencia de Recursos Mineros y Desarroll	50
Gerencia de Seguridad Salud Ocupacional	3
Gerencia de Sustentabilidad y Asunt.Ext.	7
Gerencia Fundición	26
Gerencia Mina	47
Gerencia Mina Subteranea	17
Gerencia Servicios y Suministros	78

Fuente: Elaboración Propia

La DCH cuenta hoy con alrededor de 5.500 trabajadores propios y 6.000 trabajadores de empresas colaboradoras.

Ilustración 3.1. Imagen aérea de la Puerta n°2



Fuente: Elaboración Propia

La DCH cuenta con varios tipos de turnos o jornadas laborales para sus trabajadores propios, los que están repartidos de la siguiente manera:

Jornada continua con turnos de 8 horas, 7x2, 7x1 y 7x4, con ingresos de turno A:

- De 05 a 13 horas.
- De 07 a 15 horas.

- De 08 a 16 horas.

Además cuenta con algunas jornadas administrativas en jornada discontinua 5x2 con horario de 08 a 17 horas.

3.2. Benchmark de mercado

3.2.1. Modelos de operación

En la actualidad, otras Divisiones de Codelco se encuentran en análisis e implementación de otros modelos de transporte para su personal.

En el caso de la **DIVISIÓN EL TENIENTE**, actualmente el servicio de transporte de personal es realizado con una flota operativa de 180 buses, realizado mediante un sistema de transporte similar al de Chuquicamata, con recorridos tipo “rastrillo” que presenta una importante malla de recogida por toda la ciudad.

Con el objetivo de dimensionar el volumen de recorridos actuales, si solamente se considera el periodo más crítico de subida (Turno A, entre las 5:20 y las 7:05), se identifica un total de **168 recorridos diferentes** repartidos por toda la ciudad. En el caso de la bajada (Turno A, entre las 5:20 y las 13:30), con un total de **144 servicios diferentes**. En la ilustración 3.5. se muestra el mapa de posturas y recorridos de Rancagua.

Ilustración 3.2 Mapa de Posturas y Recorridos en Rancagua. DET.



Fuente: Informe modelo de operación, El Teniente.

Tras realizar un análisis exhaustivo de modelos de operación, diseños físicos y otros condicionantes externos, uno de los modelos más interesantes para reorganizar el servicio de transporte estaba basado en un diseño de **recorridos troncales** por la ciudad de Rancagua, de forma que se generara una cobertura por prácticamente el total de la ciudad.

Ilustración 3.3 Recorridos y paraderos sistema troncal, DET



Fuente: Informe modelo de operación, El Teniente.

Otra de las alternativas analizadas estaba basada en la implementación de un terminal único en la Carretera El Cobre, de forma que se unificaran los recorridos y se dispusiera de una salida y llegada ordenada de los buses. El acercamiento al terminal único se consideraba por cuenta de los propios trabajadores.

Ilustración 3.4 Localización Terminal Único, DET

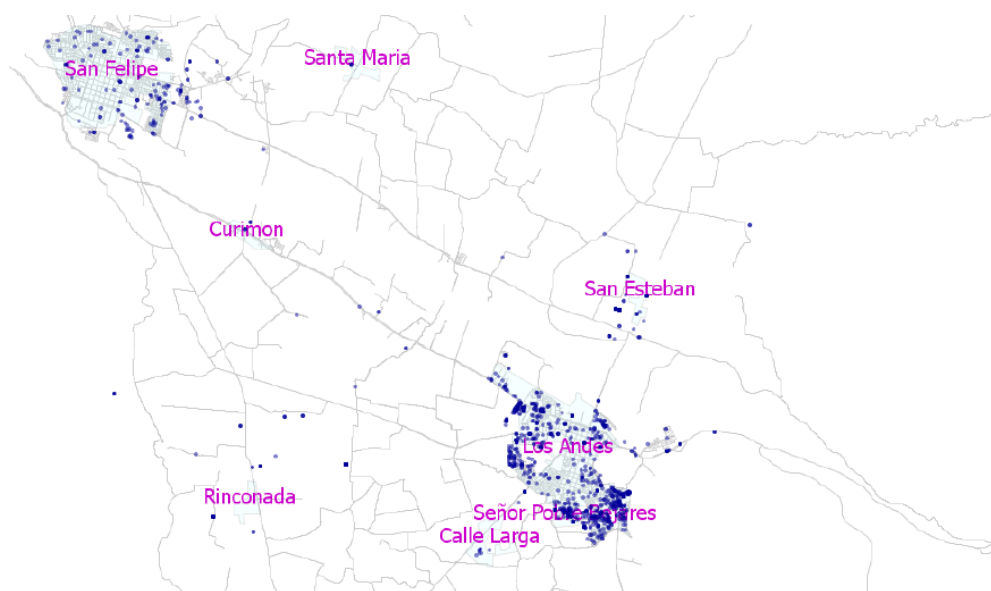


Fuente: Informe modelo de operación, El Teniente

Analizadas las bondades y complejidades de ambos modelos, finalmente se decidió establecer una estrategia de implementación mixta, en la que en una primera fase se pudieran reorganizar los recorridos según recorridos troncales mientras se licita el nuevo contrato, y en caso de aprobarse, se construyese el Terminal Único.

En el caso de **DIVISIÓN ANDINA**, el transporte de personal se realiza en una modalidad similar pero con varios focos concretos de residencia. De los 1.600 trabajadores propios de DAND, tres cuartas partes residen en el valle conformado por Los Andes, San Felipe, San Esteban. A continuación se muestra la dispersión de la demanda en estas comunas:

Ilustración 3.5 Ubicación residencia trabajadores propios, DAND



Fuente: Informe modelo de operación, Andina.

El servicio de transporte principal diario del personal de la División Andina se produce entre la zona de Los Andes-San Felipe-San Esteban, Colina (sector Huechún) y la mina rajo Sur-Sur.

La operación se realiza con un total de flota de **72 buses y 15 minibuses**, de los cuales unos 60 autobuses se encargan de realizar los traslados diarios desde Los Andes y alrededores hasta la mina. Los demás realizan trayectos a Valparaíso, Santiago u otras comunas cercanas.

El sistema de transporte se estructura según un modelo **similar a un terminal único**, en el cual se realizan recogidas de los trabajadores en diferentes mallas y trazados por todo el valle, llegando al terminal de Buses JM. En dicho Terminal se reorganizan los trabajadores y se inician los recorridos hacia la zona alta, Saladillo, Hilton, Mina Subterránea y Concentradora.

Ilustración 3.6 Modelo de transporte, DAND



T : Tiempo entre puntos de referencia
H : Hora de paso, inicio o llegada

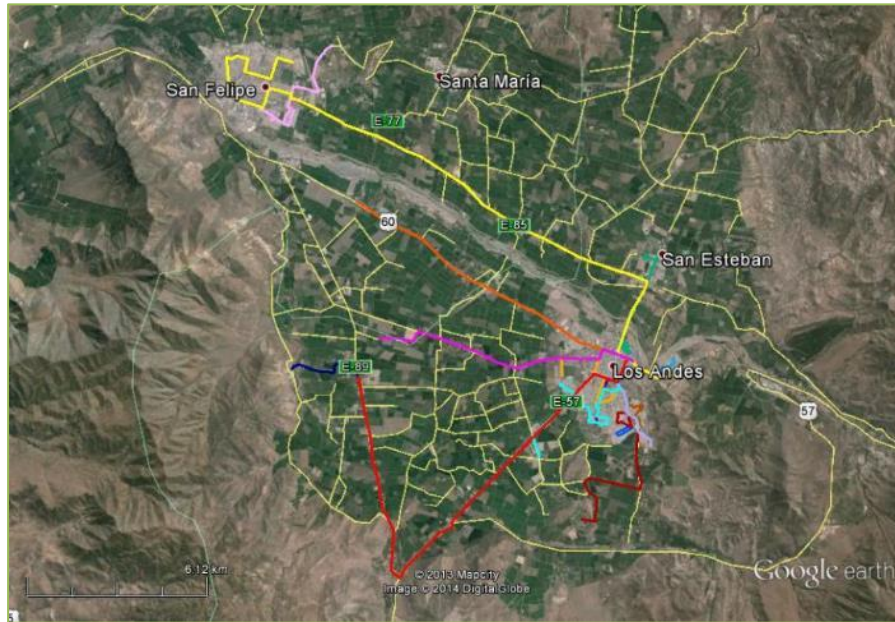
Fuente: Informe modelo de operación, Andina.

Existen un total de **17 rutas de autobuses** que suben a trabajadores propios de la DAND desde Los Andes o alrededores hasta la zona minera. Las rutas de transporte varían en función del grupo de trabajadores, sus destinos y los horarios de trabajo. Estas rutas se distribuyen en un modelo semi troncal por las principales calles de los centros urbanos.

Andina realiza el transporte conjunto tanto de **personal propio** como **personal contratista**. En el sistema de transporte se movilizan un total de **1.400 personas diarias**, 400 propios y 1.000 contratistas.

Actualmente, la División se encuentra analizando su modelo de transporte, revisando el modelo más conveniente para su nuevo contrato de operación.

Ilustración 3.7 Rutas de transporte, DAND



Fuente: Informe modelo de operación, Andina.

3.2.2. Tecnologías para el control de gestión

La recopilación de mejores prácticas se centra en identificar tecnologías que existen actualmente tanto en otras minas como en otros ámbitos que sean de aplicación en la DCH, dada la casuística del transporte en entornos mineros. En aplicaciones de control, monitorización y gestión del tránsito se utilizan diferentes tipos de tecnologías de identificación o detección junto con un sistema de comunicaciones que permite conectar cada dispositivo con un sistema informático que realiza la gestión de cada ámbito.

A continuación, en la Tabla 3.2. algunos ejemplos de tecnologías de dispositivos utilizadas según la funcionalidad del sistema que se trate.

Tabla 3.2 Cuadro comparativo de tecnologías

		FUNCIONES									
		Control de acceso y pesaje			Monitorización tránsito		Seguridad física y seguridad vial			Info	
TECNOLOGÍAS		Acceso peatones	Acceso vehículos	Pesaje camiones	Aforos y clasificación	Posición tiempo real	CCTV	Velocidad	DAI	Condiciones carretera	Información a usuarios
	RFID	✓	✓		✓	Ptos control					
	Biometría	✓					Complementario				
	LPR/ANPR		✓		✓	Ptos control	Complementario				
	Aforadores video				✓		Complementario	Aprox.	Complementario		
	Aforadores radar				✓			✓			
	AVL (GPS)		Aprox.		Aprox.	✓		Aprox.			
	Sist. pesaje dinámico			✓							
	Sist. control meteor.									✓	
	Dispens. autom. sal									✓	
	Sist. detec. taludes									✓	
	Semáforos										✓
	PMV										✓
	App móvil / web										✓

Fuente: Elaboración propia.

En los puntos siguientes se muestran ejemplos de sistemas con sus correspondientes tecnologías agrupadas según criterios o funcionalidades:

- Control de accesos de trabajadores
- Control de accesos de vehículos
- Monitorización de flujos de vehículos
- Planificación de la logística y del tránsito
- Control de túneles
- Gestión de activos y mantenimiento
- Gestión de eventos y procesos
- Gestión centralizada e integración de sistemas

Capítulo 4

4. Tecnologías aplicables

4.1. Control y supervisión de la operación

La tecnología propuesta se trata de una serie de sistemas que, de manera integral, sirvan para **gestionar, controlar y monitorizar toda la operación del transporte** de personal desde un único centro de control y operaciones.

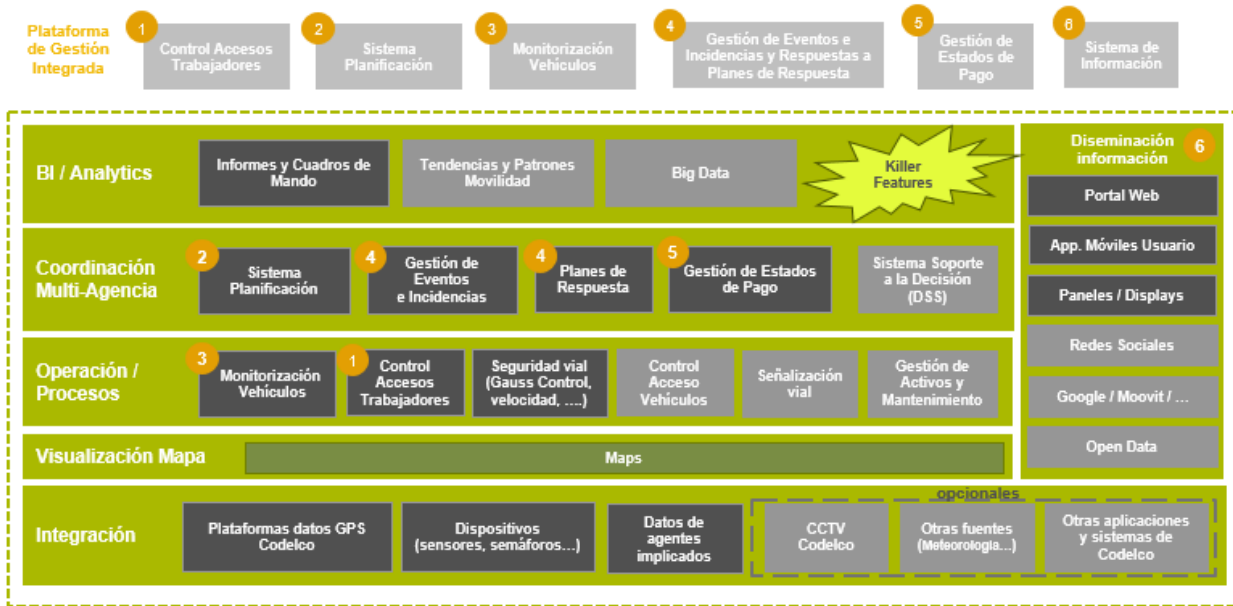
La plataforma se adaptará a las necesidades específicas de operación, planificación, gestión y control del transporte de personal de la División, permitiendo, de una manera flexible, **incorporar nuevos sistemas** según las necesidades y la evolución de la DCH, tanto con respecto a su operación como con respecto al equipamiento y tecnologías disponibles.

También se propone que se trate de una plataforma que permita el acceso de los usuarios y agentes involucrados en el transporte de personal desde diferentes dispositivos y localizaciones, dotando de esta forma a la gestión del servicio de una mayor flexibilidad. Estas y otras características se describen con mayor profundidad en las especificaciones técnicas de la plataforma y los dispositivos que la componen.

A continuación, se describen las funcionalidades del sistema de gestión integral que, en definitiva, van a ser los subsistemas que compondrán el global de la plataforma. El sistema se compone de un **alcance mínimo de 6 módulos**, con varios sistemas adicionales posibles de implementar:

1. Identificación y control de los trabajadores
2. Planificación de la operación
3. Monitorización de la operación
4. Gestión de incidencias
5. Centro de compensación
6. Aplicación móvil
7. Sistemas adicionales
 - Big Data
 - Tendencias y patrones de movilidad
 - Seguridad vial
 - Control de fatiga y somnolencia

Ilustración 4.1. Arquitectura del sistema y módulos propuestos



Fuente: Elaboración propia

Las **características específicas de cada módulo** son:

1. Identificación y control de los trabajadores: sistema embarcado en los buses, con control biométrico con huella y tarjeta de acceso. El sistema permite revisar la autorización de ingreso de cada trabajador, registrar las subidas de pasajeros y asociarlas al vehículo utilizado y al recorrido que se realice.
2. Planificación de la operación: Este sistema se encarga de optimizar la organización del servicio en varios aspectos: la planificación de los servicios que se realizarán en cada jornada de trabajo, en todos los aspectos posibles: recorrido, chofer, vehículo, etc. Desde este sistema también se realizará la gestión de servicios especiales, ya sea dentro o fuera de la operación cotidiana, permitirá asignar los recursos necesarios y a los correspondientes pasajeros, simplificando la operación.
3. Monitoreo de la operación: a través de dispositivos GPS, permite monitorear y realizar un seguimiento de los vehículos, registrar la información y realizar distintos análisis, establecer alertas, etc., así como también proporcionar información a los distintos usuarios y agentes relacionados con la operación del transporte
4. Gestión de incidencias: facilitar la coordinación de los distintos agentes involucrados en cada suceso (trabajadores, choferes, operadores, responsables y supervisores de la división, servicios de emergencias, servicios de mantenimiento) dando soporte a la coordinación y la gestión de las incidencias.
5. Gestión de Estados de Pago: automatización de la creación de los estados de pago al contratista, en función del kilometraje realizado por el contratista del servicio y los servicios efectivamente realizados.
6. Aplicación móvil: principal medio de comunicación entre los usuarios del transporte y el personal a cargo de la gestión del servicio, a fin de entregar información en tiempo real, registro dinámico de los domicilios, gestión de la comunicación y envío de información relevante.

4.2. Seguridad aplicada a la operación

A continuación se establecen los principales parámetros de seguridad asociados a los conductores y a los vehículos que se deben establecer como base en la licitación del nuevo servicio de transporte:

4.2.1. Conductores

En la actualidad, Codelco posee un documento interno denominado **Estándar de Control de Fatalidades ECF 21 para Vehículos de Transporte de Cargas y Personas** (versión 01-09-2018), con el objetivo de eliminar o controlar el riesgo de accidentes graves o fatales producto de la operación de vehículos de transporte.

En el epígrafe **A. REQUISITOS ASOCIADOS A LAS PERSONAS** se describen los requisitos necesarios que deben cumplir los conductores.

En el epígrafe **A.1. Las personas que conducen vehículos de transporte deben estar capacitadas, entrenadas y autorizadas de acuerdo a la normativa legal e interna vigente**, en los siguientes aspectos que se resumen a continuación:

1. Licencia Municipal Vigente, Clase A3, A4 o A5 según ley 19.495 Ley de Tránsito.
2. Autorización Interna considerando 4 años de experiencia y rendir la prueba de conocimientos internos.
3. Curso sobre las técnicas seguras de conducción del vehículo de transporte, realizado por el fabricante de la marca o una Organización acreditada por la Comisión Nacional de Certificación de competencias Laborales (Chile Valora).
4. Capacitación en sistemas de combate y control de incendios y actuación ante situaciones de emergencia (incendio de vehículo, incendio de neumáticos).
5. Capacitación en la normativa nacional del Código de Trabajo, artículo 25 bis, respecto a las jornadas diarias de trabajo, tiempos de conducción, espera y descansos.
6. Prueba práctica acorde a las exigencias y contexto del Centro de Trabajo, pudiéndose utilizar simuladores.

Si bien todos los conductores del servicio de transporte de personal deben cumplir todas estas exigencias, para el nuevo contrato de transporte se recomienda profundizar en 2 aspectos importantes: **Prueba práctica en simulador**, la cual puede estar asociada a un plan de formación y fiscalización de habilidades, sumada a la **Certificación de Competencias Laborales** emitida por una institución acreditada por Chile Valora, certificación que garantiza que el conductor posee o ha desarrollado las habilidades necesarias para desempeñar el puesto de conducción con pasajeros.

Además de estas exigencias, el ECF 21 establece requisitos y normas necesarias a cumplir por los conductores en los siguientes ámbitos:

- A.2 Presentar aptitudes físicas y psicológicas adecuadas
- A.3 Tener evaluación de salud vigente, y por tanto, un certificado médico de aptitud para conducir vehículos de transporte
- A.4 Mantener y portar licencia municipal y autorización interna de conducción vigentes.
- A.5 El conductor debe contar con la inducción e instrucción específica del Plan de Tránsito del área específica
- A.6 El conductor debe llevar registro de viajes (bitácora)
- A.7 Aplicación de elementos de seguridad del vehículo de transporte
- A.8 Inspección pre operacional de vehículos de transporte.

4.2.2. Vehículos

Con el objeto de disminuir y controlar los riesgos viales que puedan ocurrir tanto al personal de Codelco como de cualquier conductor externo que transita por las vías internas o prioritarias de la DCH, se establecieron distintos parámetros para la seguridad en los vehículos de transporte personal de Codelco. Actualmente Codelco posee un documento denominado **Estándar de Control de Fatalidades ECF 21 para Vehículos de Transporte de Cargas y Personas** (versión 01-09-2018).

En el epígrafe **C. REQUISITOS DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTES** se describen los requisitos mínimos necesarios que deben cumplir los vehículos de transporte de carga y personal para la DCH. A continuación se menciona los requerimientos emitidos en el documento **ECF 21**:

- C.1 Antigüedad de los vehículos de transportes para transitar en los recintos de CODELCO.
- C.2 Número de identificación de vehículos de transportes y cinta reflectante.
- C.3 Contar con cabina de seguridad.
- C.4 Caja de transmisión.
- C.5 Frenos.
- C.6 Contar con cinturones de seguridad en todos los asientos.
- C.7 Contar con apoyacabeza en todos los asientos.
- C.8 Contar con aire acondicionado o climatizador.
- C.9 Parabrisas inastillable y lámina protectora contra impacto.
- C.10 Contar con radio de comunicación bidireccional.
- C.11 Sistema de monitoreo de velocidad.
- C.12 Tacógrafo
- C.13 Bocina.
- C.14 Alarma sonora de retroceso.
- C.15 Contar con sistema de aseguramiento de carga.
- C.16 Neumáticos.
- C.17 Cuñas antideslizantes para bloqueo de ruedas.
- C.18 Vehículos doble tracción sujetos a evaluación de riesgo.
- C.19 Vehículo de combustión diésel (sólo en minería subterránea y plantas SX).
- C.20 Los vehículos de transportes deben contar con conos viales.
- C.21 Color del vehículo de transporte de alta visibilidad.
- C.22 Los vehículos de transportes deben contar con equipo de radiocomunicación bidireccional.
- C.23 Pértiga con luz intermitente roja, naranja o estroboscópica, con banderola color rojo o naranja de alta visibilidad (sólo minas de superficie).
- C.24 Baliza.
- C.25 Foco para visión posterior (faenero).
- C.26 Dispositivo Cortacorriente.

- C.27 Sistema automático, semiautomático o manual portátil de extinción de incendios.

Teniendo en cuenta estos requerimientos mínimos por parte de Codelco, se deben establecer y/o profundizar en **nuevos aspectos técnicos para los vehículos** que operaran dentro del nuevo contrato de transporte en la DCH. A continuación, se presenta el de cuáles son los aspectos más relevantes:

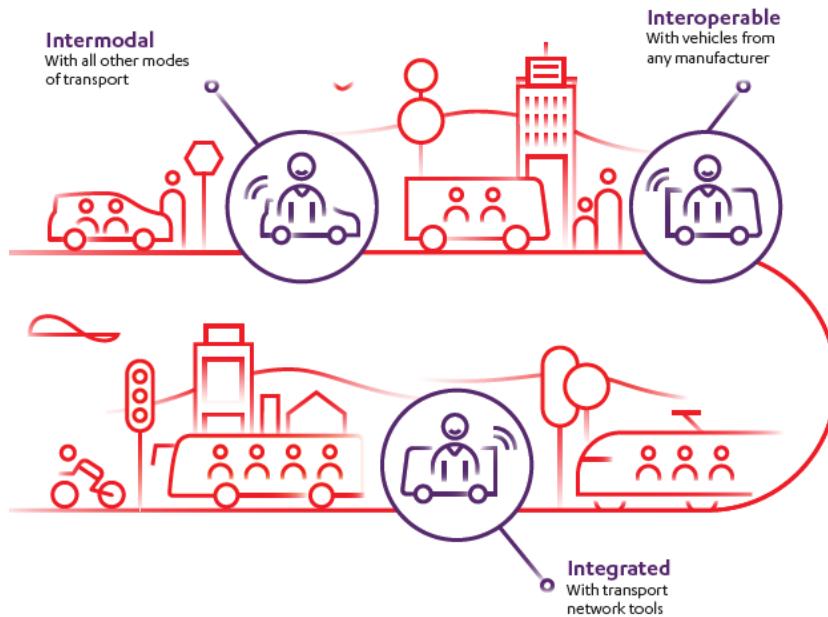
- Antigüedad de los vehículos: los vehículos deberán ser netamente nuevos.
- Cinturones de seguridad: aunque solo se menciona, se recomienda que los cinturones sean de 3 puntos por lo que en una eventual colisión, el pasajero salga eyectado del vehículo sosteniéndolo por la cintura, el pecho y el hombro.
- Control de frenado EBS y ABS: con el sistema electrónico de frenado EBS el vehículo tiene un mejor control a la hora del frenado, adicionalmente el sistema ABS evita que las ruedas se bloqueen, equilibrando la presión del frenado en cada rueda.
- Control de tracción ASR: el sistema antideslizamiento ASR evita que las ruedas patinen al arrancar en pendientes pronunciadas o en diferentes condiciones climáticas.
- Control de estabilidad ESP: el sistema de control de estabilidad electrónico ESP asiste al conductor en cualquier situación crítica, evitando la pérdida del trayecto o un vuelco del vehículo en curvas muy pronunciadas o con una velocidad muy alta.
- Suspensión: el sistema ECS permite controlar electrónicamente la altura del vehículo y gestionar las funciones vinculadas al eje.
- Alcoholímetro: el sistema ALCOLOCK impide arrancar el vehículo cuando se supera una tasa máxima de alcohol al conductor.
- Limitador de velocidad: es el sistema que permite al conductor establecer una velocidad máxima en la que desea circular, especialmente cuando existe restricciones establecidas.
- Control de carril y alerta de colisión: el sistema de CONTROL DE CARRIL ayuda al conductor a evitar que se desplace a otro carril de manera autónoma o por error, por otro lado el sistema electrónico de ANTICOLISIÓN emite una alarma al interior del vehículo para evitar una colisión frontal.
- Cámara de seguridad interna y de retroceso: el sistema de CÁMARA con visión al interior o exterior ayuda al conductor a reducir los riesgos de algún daño físico a personas u otros vehículos, así mismo como de obtener un registro para tener evidencias de lo causado.
- Computador a bordo: el sistema OBD consiste en obtener información interna o externa del vehículo como alguna falla o problema que se presente, así como la posibilidad de integrar los sistemas de control de acceso, cámaras, GPS, entre otros sistemas.

4.3. Vehículos autónomos

Los **vehículos autónomos** han venido creciendo en los últimos años donde se ha podido desarrollar mejores soluciones de movilidad sostenible, eficiente, inclusiva y accesible a cualquier sistema de redes de transporte existente. El futuro de la movilidad autónoma será más **personalizada, conectada y ecológica**.

El minibús **100% autónomo** y sin la ayuda de ningún conductor circula gracias a un sistema GPS de gran precisión y numerosos captosres láseres que permitirán seguir su recorrido y detectar todo tipo de obstáculos. Su inteligencia artificial ayudará a aprender de cada viaje y a decidir en cada situación la opción más segura. Este vehículo ha sido desplegado en más de 20 países en diferentes continentes y aunque actualmente se encuentra en fase piloto, existe un conductor y/o asistente para cualquier situación irregular que se pueda presentar.

Ilustración 4.2 Inteconectividad



Fuente: Transdev, 2018

Una de las ventajas de este tipo de vehículos está en el tamaño, al ser más pequeños, podrán llegar de manera más fácil a todo tipo de zonas urbanas, con servicios más flexibles y personalizados. A continuación, se presentan algunas ventajas adicionales y limitaciones de este sistema.

- Ventajas

- Puede ir por la misma calle que los vehículos o bicicletas.
- Detecta cualquier obstáculo y se detiene enseguida.
- A través de aplicación, se puede ubicar la proximidad del vehículo.
- Capacidad máxima de 15 personas, de las cuales 6 irán de forma sentada.
- Sensores de circulación 360°, antena GPS, cámara de alta definición y sistemas de conectividad.
- Accesibilidad para personas mayores o con discapacidad.
- Velocidad máxima de 45km/h y 25km/h en operación normal.
- Capacidad de batería de 8kWh, rango de 14 horas de autonomía (80 kilómetros aprox.) y 7 horas para su carga total.
- Funciona en vías existente sin previa infraestructura.
- Funciona con rutas fijas o a pedido del cliente.

- Limitaciones

- No funciona en nieve, niebla densa o lluvia fuerte, ya que los sensores detectarían múltiples objetos y se generarían paradas de emergencia.
- Tampoco puede movilizarse en áreas de rascacielos o túneles por problemas de disponibilidad de señal.
- Requiere de una infraestructura vial con un nivel de calidad mínimo, de forma que se facilite la interpretación de los sensores del ancho y posición de las pistas, semáforos, señalización, etc.

El valor de cada vehículo asciende aproximadamente entre unos **US\$ 290.000 y 360.000 mil dólares, esta variación depende del tipo de fabricante y las especificaciones requeridas.**

Ilustración 4.3 Bus autónomo



Fuente: Easymile, 2018

Actualmente esta tecnología se encuentra en fase piloto, y su aplicación a nivel industrial aún está lejos de mantener un estándar de calidad. Además, la ciudad requiere contar con una infraestructura de un determinado estándar mínimo, facilitando la lectura de los sensores. En el caso de Calama, la ciudad aún está en una situación de **infraestructura insuficiente** para poder garantizar

En el caso del transporte de personal de Chuquicamata, esta movilización podría tener sentido en los acercamientos de trabajadores en la ciudad, por ejemplo, al Terminal Único. Sin embargo, por lo indicado anteriormente respecto a la infraestructura y al poco grado de madurez de la tecnología, para este contrato de transporte **no se recomienda** la incorporación del vehículo autónomo a corto plazo, sin embargo, esto podrá ser revisado conforme avance el desarrollo tecnológico.

Capítulo 5

5. Evaluación y recomendación de escenarios de operación

5.1. Descripción del modelo actual

El servicio de transporte del personal propio comprende generalmente de **dos etapas**:

1. La primera es el trayecto Calama – Acceso zona industrial (Puerta 2 – Terminal vial)
2. La segunda etapa es el trayecto Puerta 2 - Zona Industrial (faenas).

Primera etapa: Calama – Acceso zona Industrial

La residencia de los trabajadores tiene lugar en la ciudad de Calama, que comprende principalmente la delimitación que se observa en la siguiente ilustración:

Ilustración 5.1 Ciudad de Calama



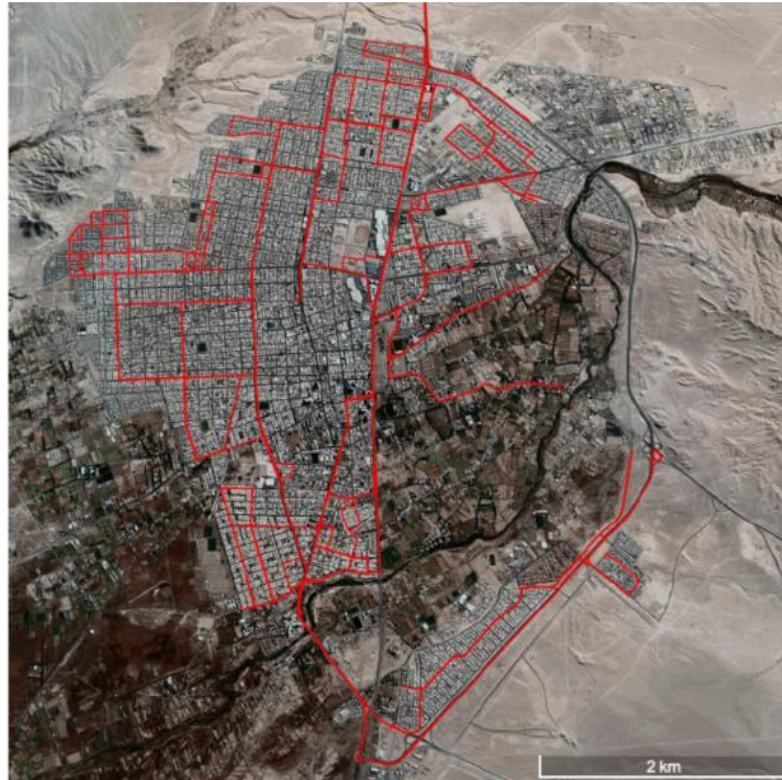
Fuente: Google Maps

Los recorridos fueron realizados en función de la distribución de la demanda, la planificación diaria del servicio está a cargo de personal perteneciente a Codelco, que en conjunto con personal de la empresa que presta el servicio de transporte, monitorean diariamente el correcto funcionamiento del servicio.

La diferencia entre el personal que se traslada en buses con el personal que se transporta en *carry all* radica principalmente en que estos últimos, en general, tienen la particularidad de que deben llegar minutos más temprano (entre 20 a 30 minutos) a su lugar de trabajo que los trabajadores que se trasladan en bus y retirarse más tarde al finalizar la jornada laboral.

Los buses tienen un recorrido establecido, estos recorridos se realizan generalmente de forma zigzagueante por la ciudad, como se observa en la siguiente ilustración que corresponde a la malla de recorridos de subida hacia el terminal vial.

Ilustración 5.2. Malla de recorridos de subida



Fuente: Elaboración propia

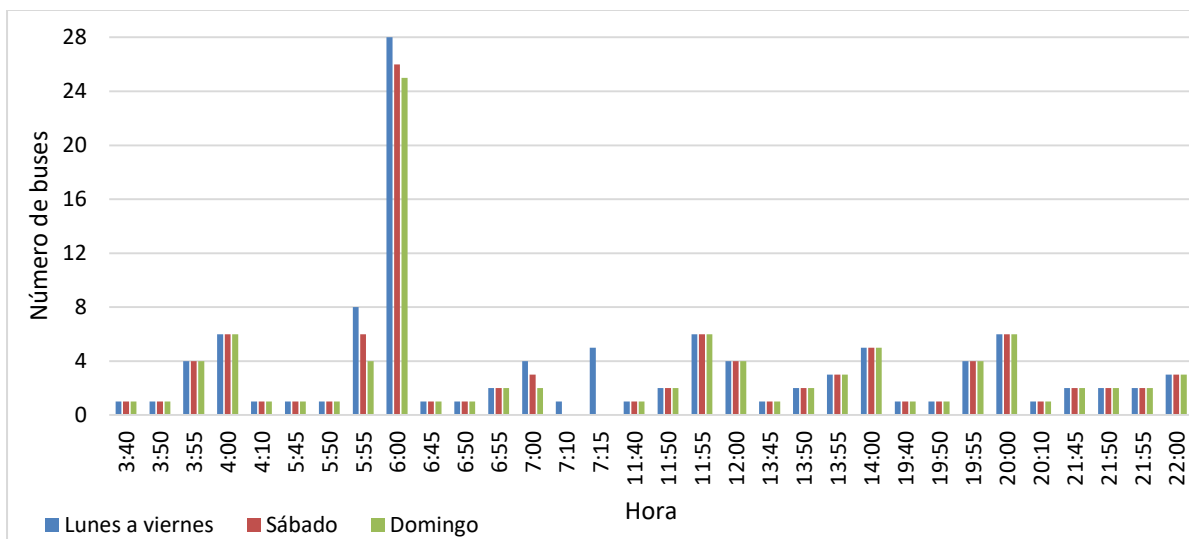
El transporte de personal en buses se realiza durante todo el día en distintos horarios. Se distinguen los siguientes grupos de itinerarios desde la ciudad de Calama (o viceversa):

- Zona urbana de Calama al Terminal Vial
- Zona urbana de Calama a Mina Sur
- Zona urbana de Calama a Houston
- Zona urbana de Calama a Planta SBL
- Zona urbana de Calama a Perforaciones
- Zona urbana de Calama a Hospital del Cobre
- Zona urbana de Calama a Edificio Institucional

El mayor porcentaje de viajes se realiza en el trayecto Zona urbana de **Calama – Terminal Vial**. Del universo de itinerarios, los períodos más críticos identificados corresponden a los siguientes:

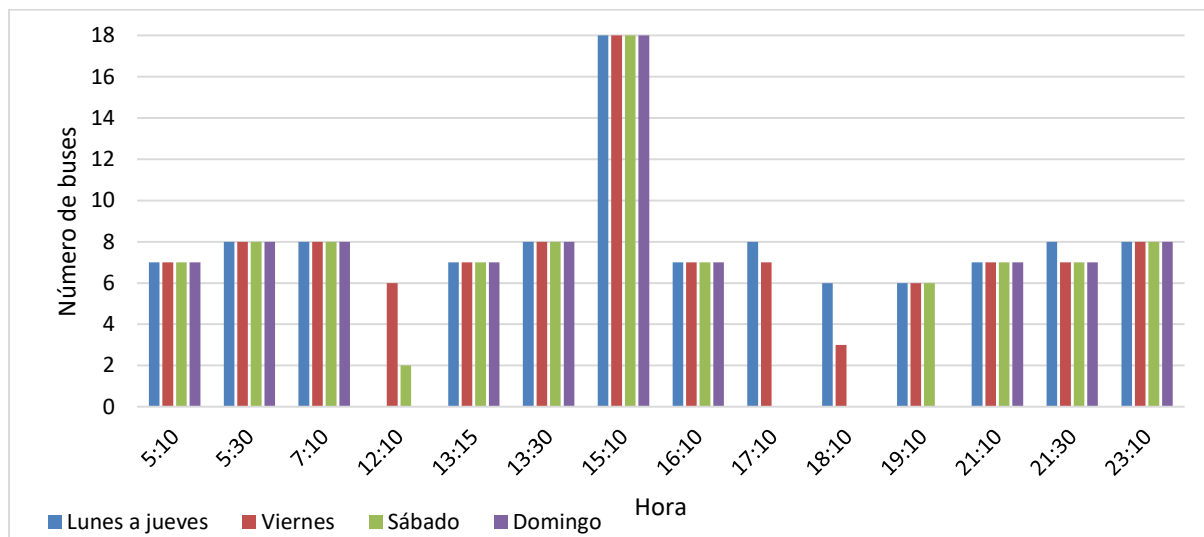
- Entre las 5:55 y las 6:15, período en el que se realiza la subida de los trabajadores de mantención en Turno A (7:00), desde las distintas posturas en la zona urbana de Calama hasta el descenso de estos trabajadores en el Terminal Vial, lugar en el que luego de identificarse en los torniquetes del recinto, abordan el siguiente transporte que los deja en sus respectivas faenas. En particular, el horario de postura de las 6:00 es el que presenta mayor concentración de buses tanto de lunes a viernes, con 28 buses, como sábado y domingo, con 26 y 25 buses respectivamente. Esto se observa en la Ilustración 5.4.
- El segundo período más crítico se produce entre las 14:50 y las 15:15, período en el que se realiza la bajada de los trabajadores de mantención en Turno A (15:00), desde el Terminal Vial hacia Calama. En particular, el horario de postura de las 15:10 es el que presenta mayor concentración de buses con 18 buses de lunes a domingo. Esto se observa en la Ilustración 5.5.

Ilustración 5.3 Cantidad de buses Calama - Terminal Vial, según horario de postura



Fuente: Codelco 2018

Ilustración 5.4 Cantidad de buses Terminal Vial – Calama, según horario de postura



Fuente: Codelco 2018

Segunda Etapa: Acceso Área Industrial – Faena

Una vez que los vehículos recogen a los trabajadores en Calama, se dirigen al área industrial, en el que para entrar a este sector, los trabajadores deben realizar un control de acceso. Existen diferentes sectores donde se realiza el control, los que se denominan Puertas.

El tiempo y la distancia desde Calama hacia los accesos se observan en la siguiente tabla:

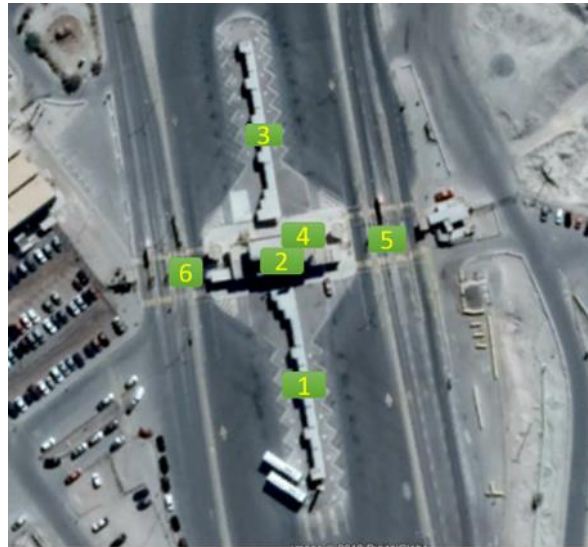
Tabla 5.1 Tiempo y distancia desde salida de Calama hasta los accesos

Tiempo/distancia a accesos	Salida de Calama (Km)	Salida de Calama (Min)
Puerta 2 – Terminal Vial	14,2	12
Puerta 4	11,4	18
Puerta 7	17,4	9

Fuente: Elaboración Propia

La mayor demanda de trabajadores ingresa por la **Puerta N°2**, ubicada a 17.5 kilómetros del centro de Calama y se accede por la Ruta 24. En ella opera un Terminal Vial, que cuenta con 16 andenes (punto 1 de la siguiente ilustración) antes del control de acceso y 16 andenes después del control (punto 3 de la siguiente ilustración). En un día normal laboral llegan aproximadamente 110 buses diarios, siendo el *peak* entre las 6:15-6:30 AM, donde llegan alrededor de 35 buses al terminal vial. En la siguiente ilustración se muestra una vista en planta de la Puerta N°2, enumerando los puntos característicos:

Ilustración 5.5. Esquema acceso Puerta N°2



Fuente: Elaboración Propia

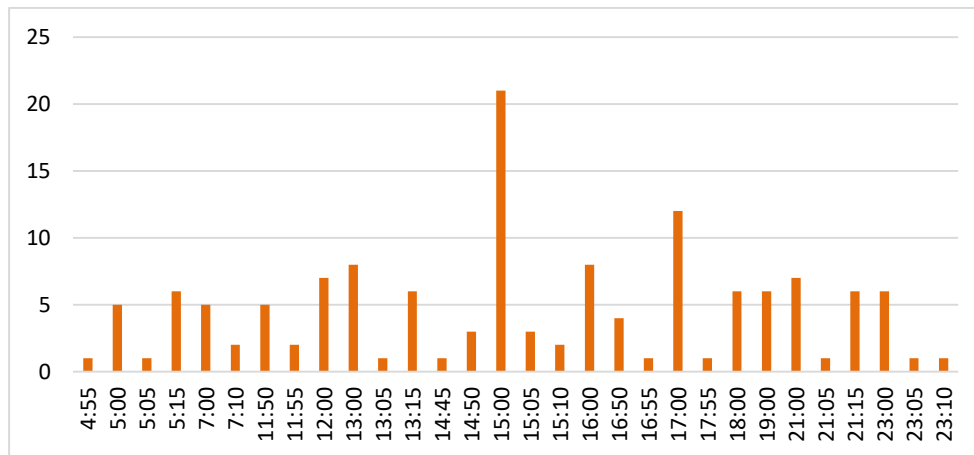
1. Llegada y salida de buses Calama - Terminal Vial.
2. Control de acceso de los trabajadores propios.
3. Llegada y salida de buses Terminal Vial - faenas.
4. Torre de Control.
5. Entrada de camionetas y *carry all* propios y personal contratista.
6. Salida de camionetas y *carry all* propios y personal contratista.

Completando lo anterior, en la siguiente ilustración se observa esquemáticamente la **logística de cómo opera el terminal**, donde se observa la disposición de los vehículos Codelco y Contratista para ingresar y abandonar la zona industrial:

Ilustración 5.6. Disposición de controles de acceso



Ilustración 5.9. N° de buses que inician desde terminal vial hacia las faenas por hora



Fuente: Elaboración propia

5.2. Modelos técnicos de transporte

A continuación se detalla un resumen ejecutivo de los modelos conceptuales de transporte que serán analizados en los diferentes escenarios.

5.2.1. Escenario actual optimizado

El primero de los modelos técnicos de transporte analizados se basaba en la **lógica actual de recogida** de los trabajadores (recogida en los hogares con los buses y *carry all*, intercambio de vehículos en Puerta 2).

Para lo anterior, se consideró la operación de los buses que transporta al personal propio y los *carry all* del contrato "Houston", descritos anteriormente.

Como se indicó en el punto 5.1. *Descripción del modelo actual*, en general se tienen dos etapas de movilización para el **personal propio**. Primero el personal es recogido en la ciudad de Calama, para posteriormente trasladarse al Terminal Vial en buses. Una vez en el terminal vial, los trabajadores que se trasladan en buses deben descender para realizar el control de acceso e iniciar la segunda etapa del viaje, desde el terminal vial hasta los destinos de trabajo en faena, también en buses. Se mantuvo esta lógica pero se le aplicó un modelo de **optimización basado en implementación de tecnología**, la cual permite:

- Mejorar la asignación de recursos al plan operacional, disminuyendo vehículos, kilometrajes en vacío y número de choferes.
- Mejora en los tiempos de salida y llegada de los recorridos, basado en sistemas de control y supervisión de la operación.
- Disminución de los tiempos de viaje al poder aplicar recortes en los recorridos, fruto de los cambios de domicilio de los trabajadores.
- Control y manejo de las incidencias operacionales

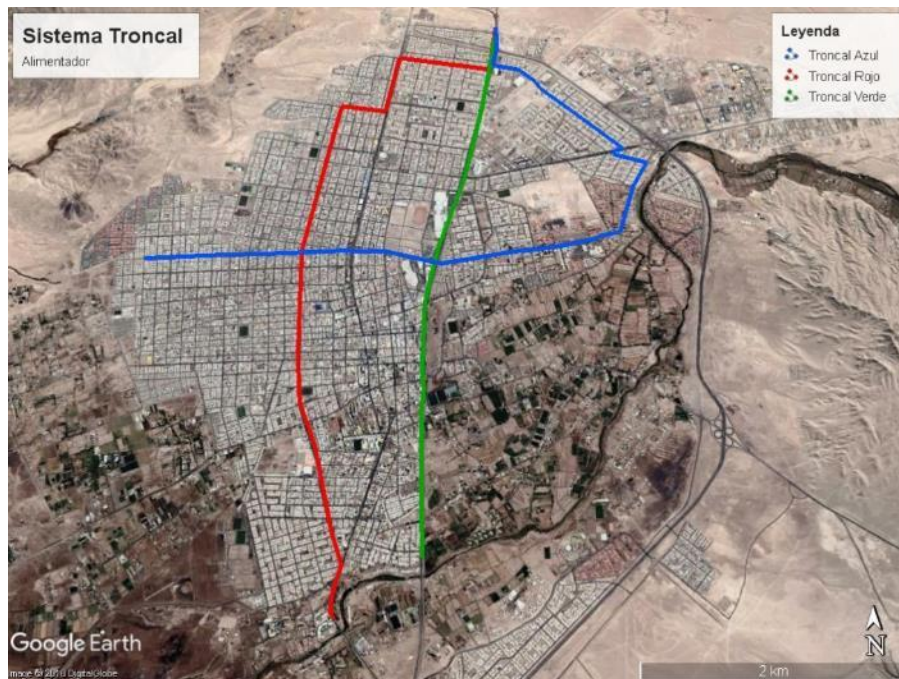
Una parte de los trabajadores se moviliza en vehículos de menor tamaño del tipo *carry all* y algunos que se movilizan en buses no realizan este procedimiento general y se dirigen de manera directa a los destinos de trabajo en faena, debiendo realizar el control de acceso solo el conductor del vehículo.

La **programación** del servicio de transporte se realiza en función de los turnos de los trabajadores y la malla de recorridos se planifica en función de la distribución de la demanda.

Luego, para conseguir el modelo actual optimizado, se modelaron los servicios correspondientes a los siguientes recorridos, en ambos sentidos:

- Zona urbana de Calama al Terminal Vial
- Zona urbana de Calama a Mina Sur
- Zona urbana de Calama a Houston

Ilustración 5.11. Recorridos troncales con acercamiento



Fuente: Elaboración propia

b. Logística

La logística propuesta considera que la recogida del personal en la ciudad de Calama sea realizada a través de un re-ruteo de los recorridos actuales, implementando rutas troncales, ya sea con acercamiento o sin acercamiento. El proceso se resume en la Ilustración 5.18.:

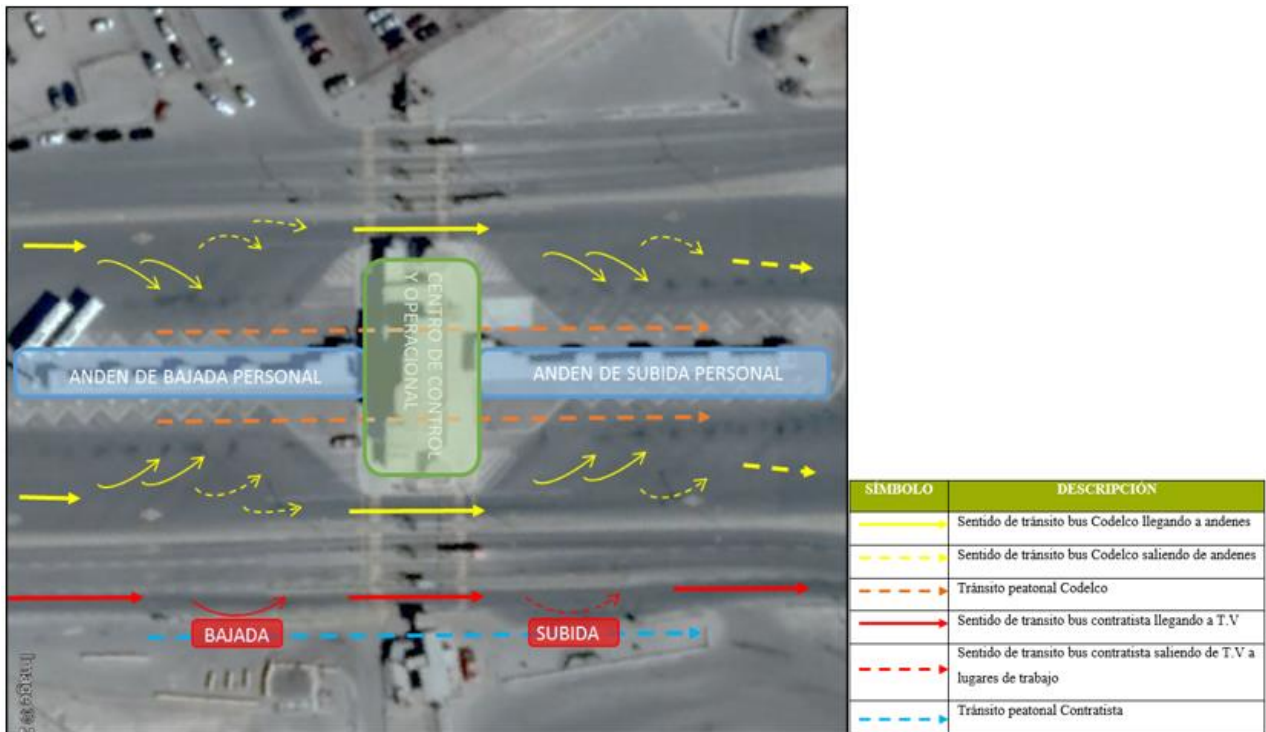
Ilustración 5.12. Proceso del sistema troncal



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se recoge al personal en Calama con los recorridos troncales propuestos, los buses se dirigen al Terminal Vial por la Ruta 24, operando una logística en el terminal similar a la actual, como se ve en el siguiente diagrama:

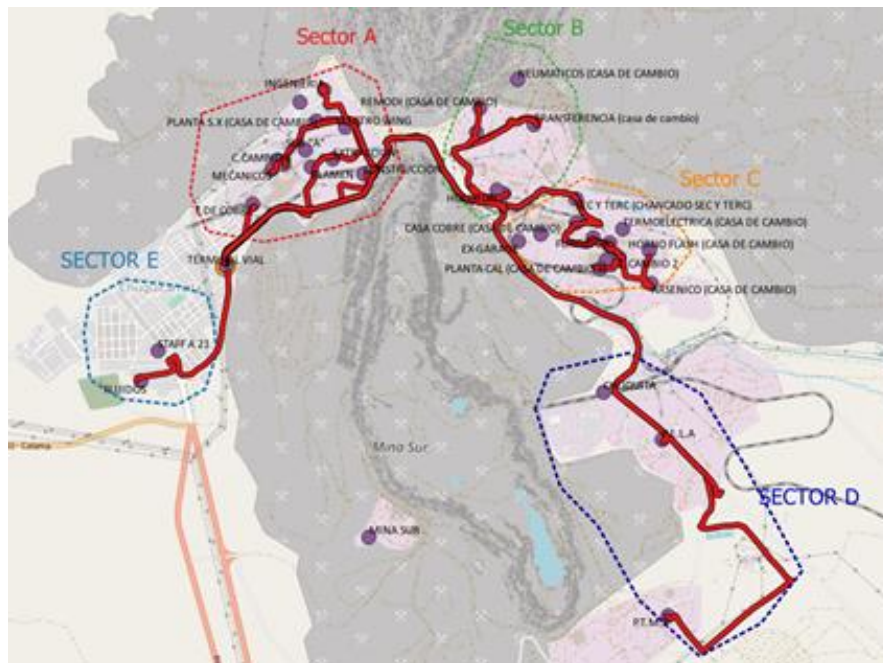
Ilustración 5.13 Logística de operación en Terminal Vial (recorridos troncales)



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, los buses se dirigen a los diferentes destinos de faenas, las que se puede dividir en 5 zonas o sectores, como se observa en la siguiente ilustración:

Ilustración 5.14. Destinos desde Terminal Vial hacia Faena, recorridos troncales



Fuente: Elaboración propia

Para el sentido de bajada, el sistema opera de forma similar al de subida, ocupando una logística similar y las mismas rutas troncales.

5.2.3. Terminal único

El tercero de los modelos considera la **operación de un Terminal Único**, desde el cual se conecta mediante un único recorrido hacia/desde todos los destinos ubicados en el sector Mina, en distintos horarios de ida y vuelta desde Calama.

Los aspectos más importantes para detallar el modelo son:

- Emplazamiento: localización del terminal en Calama.
- Recorridos y operación: detalle del sistema de recogida de los trabajadores en Calama y su distribución hacia la zona industrial, y viceversa
- Diseño del terminal: diseño conceptual del terminal
- Dimensionamiento de espacios: cubicación de espacios necesarios y presupuesto de inversión y mantención.

a. Emplazamiento

Como localización del Terminal Único, se ha considerado un predio de propiedad de Codelco ubicado en el sector norte de la ciudad, en las proximidades de Av. Circunvalación.

Ilustración 5.15 Localización Terminal Único

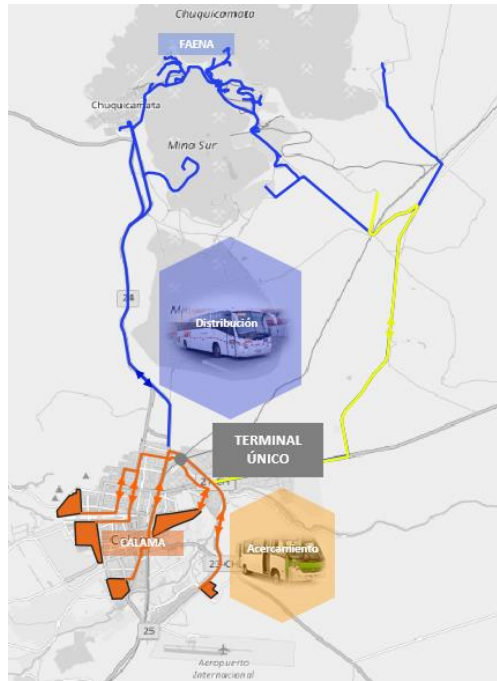


Fuente: Elaboración propia

b. Recorridos y operación

La operación del transporte de personal mediante la utilización de un Terminal Único tiene dos etapas de movilización. Por un lado, el personal es trasladado desde el terminal hacia el área de faena mediante **buses**. Por otro lado, el traslado desde las distintas zonas del área urbana de Calama al Terminal Único se realiza mediante vehículos de menor tamaño del tipo **carry all** o **taxibús**.

Ilustración 5.16 Ilustrativo operación de transporte de personal mediante un terminal único



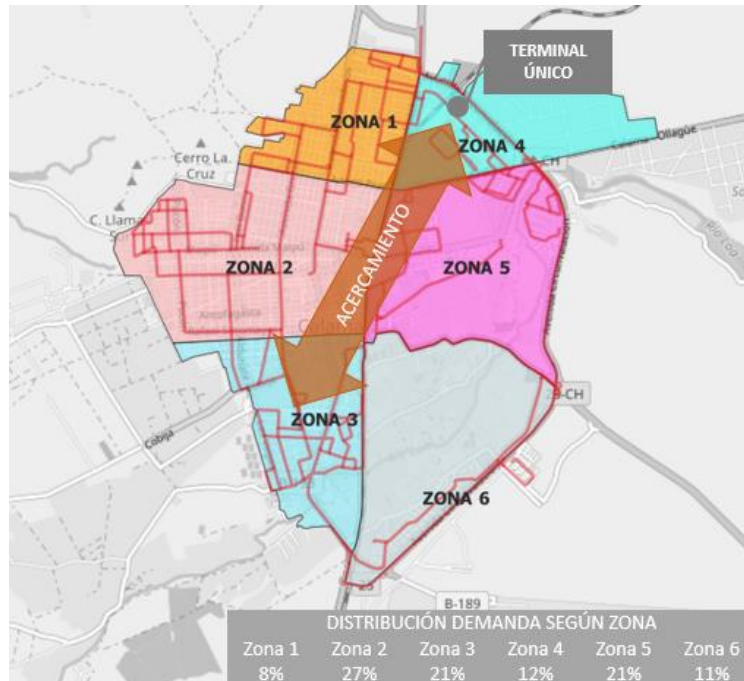
Fuente: Elaboración propia

✓ **Traslado Calama – Terminal Único**

El traslado del personal desde y hacia Calama al Terminal Único mediante vehículos de acercamiento, a **capacidad de diseño** de un máximo de **80%**.

Para efectos de programación y simulación, la ciudad de Calama se dividió en 6 zonas, las que presentan distintas concentraciones de demanda de personal.

Ilustración 5.17 Traslado Calama – Terminal Único mediante vehículos de acercamiento



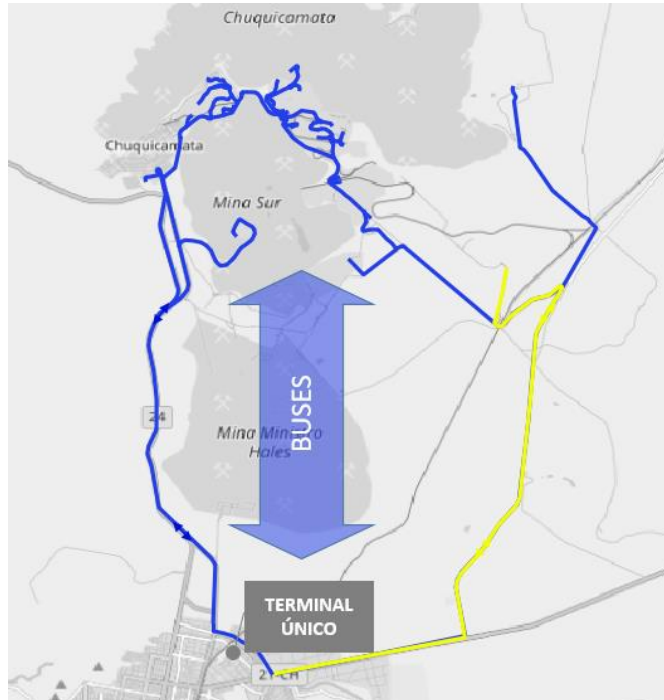
Fuente: Elaboración Propia

✓ **Traslado Terminal Único – Faena**

En el tramo Terminal Único – Faena, se considera que el traslado del personal inicia en el Terminal Único desde el que parten troncales hacia todos los destinos de faena en distintos horarios de subida, esto en función de la hora de entrada laboral. Los buses parten del terminal a **capacidad de diseño** de un máximo de **90%** y realizan el recorrido hasta el área de faena directamente. La capacidad de diseño para el sentido contrario (bajadas) es la misma, considerando que los buses parten desde el área de faena y llegan hasta el Terminal Único.

Para efectos de programación y simulación, del mismo modo que en el Sistema Troncal, el área de faena se dividió en 5 sectores, los que presentan distintas concentraciones de demanda de personal.

Ilustración 5.18 Traslado Terminal Único – Faena mediante buses

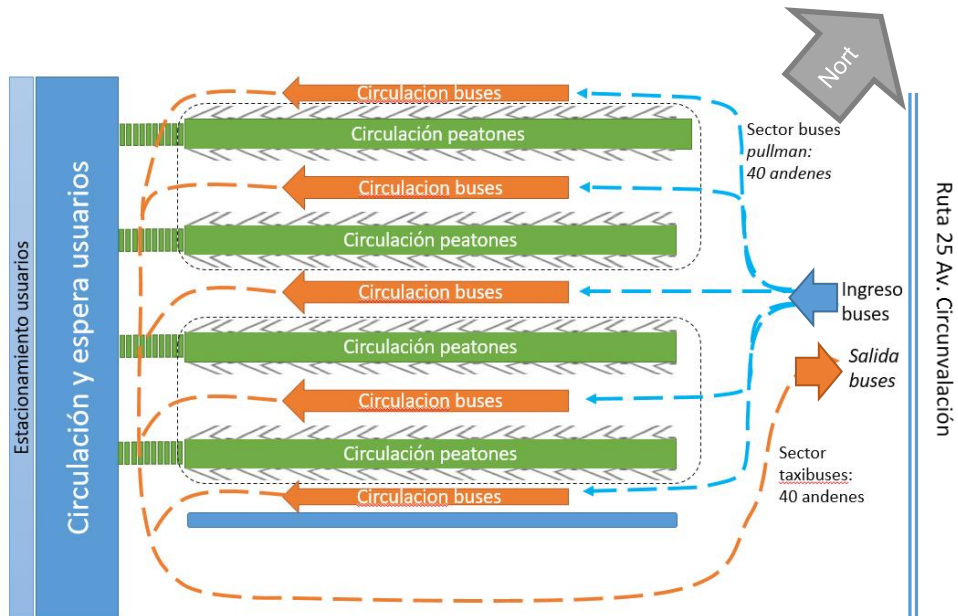


Fuente: Elaboración Propia

c. Diseño del terminal

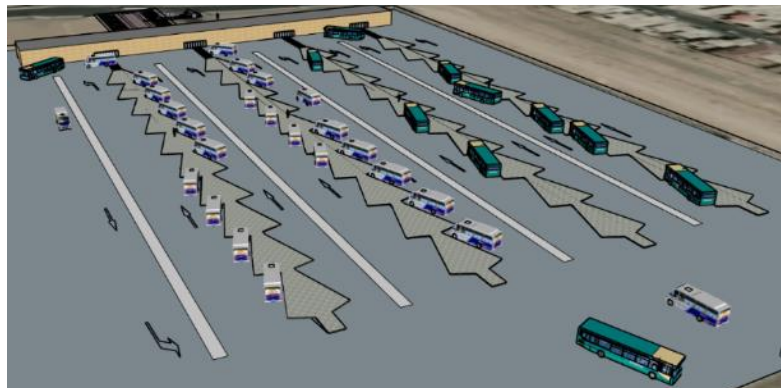
Para el diseño del terminal, se siguen los lineamientos de diseño planteados por el Ministerio de Transportes en el estudio *Construcción Terminal Rodoviario, ciudad de Cañete* (2015), donde se recomienda utilizar una configuración de andenes “en ángulo”, la cual muestra mejores prestaciones en cuanto a seguridad y maniobras para este tipo de recintos. En este contexto, se propone el siguiente esquema de operación del Terminal Único (Ilustración 5.25. e Ilustración 5.26.):

Ilustración 5.19. Esquema de operación del Terminal Único



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5.20 Esquema tridimensional del Terminal Único



Fuente: Elaboración propia

✓ **Diseño de la plataforma de transportes**

El número de andenes debe ser suficiente para cubrir el periodo con mayor demanda diaria del Terminal, considerando el **Escenario 12: Terminal único con acercamiento (taxibuses) con personal propio más personal contratista**. Por tanto, el diseño contempla 40 andenes para taxibuses y 40 para buses *pullman*.

Respecto al dimensionamiento, debe considerarse que en el futuro existe la posibilidad de que la operación de taxibuses (9 metros de largo) sea reemplazada parcialmente por buses *pullman* (12 metros de largo). Luego, los andenes son sobre-dimensionados, con objeto de permitir la operación de vehículos de 9 metros tanto como de 12 metros.

Los andenes son dispuestos en un ángulo de 18° con respecto a la horizontal y un largo de andén de 11 metros, lo que se considera adecuado para el servicio de buses tamaño *pullman*.

Ilustración 5.21. Diseño de andenes “en ángulo” para bus tipo *pullman*



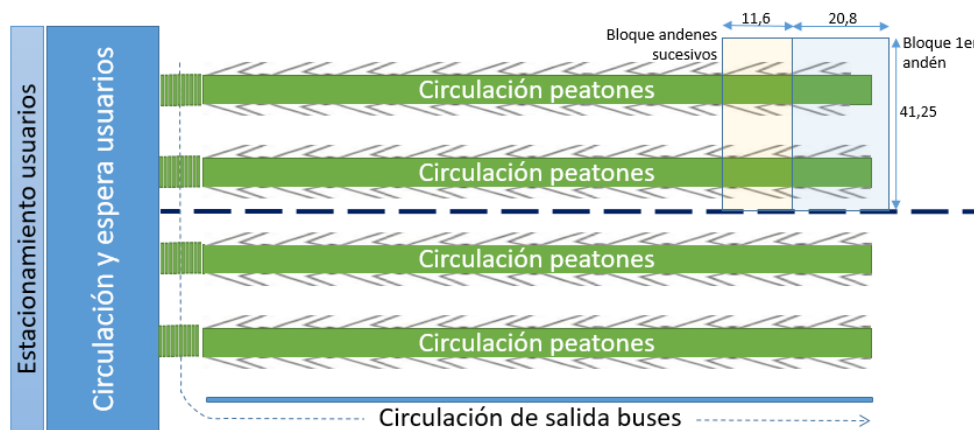
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, tomando en consideración el estándar utilizado en MTT (2015), se considera adecuado aplicar un nivel de servicio sin restricciones a usuarios para permanecer de pie, ni restricción a la circulación entre filas de usuarios, permitiendo que la densidad de usuarios se mantenga dentro del rango de confort. Luego, para el diseño se considera:

- Un área peatonal promedio de $0,8 \text{ m}^2$ por persona que espera de pie.
- Una superficie promedio de $1,3 \text{ m}^2$ por persona que espera sentada.
- Un ancho mínimo de 2,2 metros de ancho para circulación de peatones.

En base a lo anterior, el bloque de primeros andenes requiere una superficie de 858 m^2 , cada uno, y el bloque de andenes sucesivos una de $478,5 \text{ m}^2$, cada uno.

Ilustración 5.22 Superficie requerida para plataforma de transportes



Fuente: Elaboración propia

✓ Recintos interiores

Se definen recintos interiores requeridos para atender la administración y funcionamiento propios del terminal. El dimensionamiento de cada uno se realiza en base a las consideraciones del estudio MTT (2015), Escenario Óptimo, y se muestra en el ítem d.

✓ Espacios exteriores

Los usos exteriores tienen que ver con requerimientos de estacionamientos para vehículos que se detienen fuera de la línea oficial, para dejar o recoger personal (tipo *kiss and ride*). En base a MTT (2015), en el Escenario Óptimo, esta superficie alcanza aproximadamente los 800 m^2 .

d. Dimensionamiento de espacios

En vista de lo anterior, se diseña un Terminal Único con 80 andenes, dispuestos en pares, en sectores separados para cada tipo de vehículo, cuyas dimensiones de sus diferentes espacios se muestran a continuación.

Tabla 5.2 Dimensionamiento de espacios en terminal único

RECINTO	SUPERFICIE UNITARIA [m2]	CANTIDAD	SUPERFICIE [m ²]
Bloque primer anden	858	2	1.716
Bloque andenes sucesivos	478,5	18	8.613
Circulación de salida buses	4,5	212,2	954,9
Espera de usuarios de pie (80%)	0.8	645	516
Circulación usuarios en andenes	2.2	536	1.179,2
Espera de usuarios sentados (20%)	1,3	161	209,3
Oficina Administrador Terminal	9	1	9
Administración y control	8	1	8
Baño público para mujeres	20	1	20
Baño para público para hombres	48	1	48
Baño para discapacitados	4	1	4
Baño para personal mujeres	4	1	4
Baño para personal hombres	4	1	4
Baño para choferes con ducha	9	1	9
Guardarropa	9	1	9
Sala de aseo	2	1	2
Sala eléctrica	2	1	2
Bodega	4	1	4
Cafetería	80	1	80
Circulación interna	203	15%	30,45
Áreas exteriores	800	1	800
Total			14.221,85
Valor unitario inversión (pesos / m2)			157.800
Valor estimado de la inversión			2.244.207.930
Valor unitario mantención y operación anual (pesos / m2)			13.155,59
Valor estimado de la mantención y operación anual			187.096.827

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Terminales periféricos

Se analiza la operación del sistema de transporte de personal propio y contratista, mediante el uso de dos terminales periféricos. Ambos recintos se encuentran en las proximidades de la Av. Circunvalación, respectivamente en los extremos norte y sur de la ciudad. Se usan los mismos criterios descritos del caso anterior, llegando a la siguiente tabla:

Tabla 5.3 Dimensionamiento de espacios en terminales periféricos

RECINTO	TERMINAL NORTE			TERMINAL SUR		
	SUPERFICIE UNITARIA [m2]	CANTIDAD	SUPERFICIE [m ²]	SUPERFICIE UNITARIA [m2]	CANTIDAD	SUPERFICIE [m ²]
Bloque primer anden	1489,28	1	1489,28	1083,63	1	1083,68
Bloque andenes sucesivos	830,56	5	4152,8	604,36	3	1813,08
Circulación de salida buses	4,5	238,20	1071,9	4,5	172,3	775,35

RECINTO	TERMINAL NORTE			TERMINAL SUR		
	SUPERFICIE UNITARIA [m ²]	CANTIDAD	SUPERFICIE [m ²]	SUPERFICIE UNITARIA [m ²]	CANTIDAD	SUPERFICIE [m ²]
Espera de usuarios de pie (80%)	0,8	421,43	337,14	0,8	223,63	178,90
Circulación usuarios en andenes	2,2	315,2	693,44	2,2	55,6	122,32
Espera de usuarios sentados (20%)	1,3	105,36	136,96	1,3	55,90	72,68
Oficina Administrador Terminal	9	1	9	9	1	9
Administración y control	8	1	8	8	1	8
Baño público para mujeres	20	1	20	20	1	20
Baño para público para hombres	48	1	48	48	1	48
Baño para discapacitados	4	1	4	4	1	4
Baño para personal mujeres	4	1	4	4	1	4
Baño para personal hombres	4	1	4	49	1	4
Baño para choferes con ducha	9	1	9	9	1	9
Guardarropa	9	1	9	9	1	9
Sala de aseo	2	1	2	2	1	2
Sala eléctrica	2	1	2	2	1	2
Bodega	4	1	4	4	1	4
Cafetería	80	1	80	80	1	80
Circulación interna	203	15%	30,45	203	15%	30,45
Áreas exteriores	800	1	800	800	1	800
Total			8.458,7			5.079,47
Valor unitario inversión (pesos / m²)			157.800			157.800
Valor estimado de la inversión			1.334.782.860			801.540.366
Valor unitario mantención y operación anual (pesos / m²)			13.155,59			13.155,59
Valor estimado de la mantención y operación anual			111.279.189			66.823.424

Fuente: Elaboración propia

5.3. Evaluación de escenarios de operación

Se generan 14 escenarios modelados, desde el punto de vista de los recursos físicos y humanos necesarios, niveles de servicio, costos de inversión, de operación y una evaluación económica.

Los escenarios modelados corresponden a diferentes operaciones logísticas para el transporte del personal, tanto para el personal propio como para el personal colaborador. Se trata de combinaciones de escenarios físicos con diferentes condiciones de operación. Los escenarios físicos detallados anteriormente, corresponden a:

- Malla de recorridos actual
- Recorridos troncales
- Terminal único
- Terminales periféricos

Estos escenarios físicos fueron evaluados para diferentes condiciones de operación:

- Personal propio: movilización del personal de Codelco actual.
- Personal propio + EECC: se incorporan dentro del contrato toda la movilización de empresas contratistas
- Acercamiento: se incorporan otras flotas de MAYOR CAPACIDAD para mejorar la cobertura de los acercamientos.
- Tecnología: incorporación de sistemas tecnológicos que ordenan y facilitan la salida y llegada de los *equipos de transporte*, evitando duplicidades, retrasos y viajes en vacío.
- Eliminación contrato Houston: operación similar al modelo a implantar desde marzo de 2019, donde se elimina el 2° contrato de operación con *carry all*.

Los escenarios modelados se resumen en la siguiente ilustración:

Ilustración 5.23. Cuadro resumen de los escenarios modelados

		DISEÑO FÍSICO			
		Actual Optimizado	Troncales	Terminales Periféricos	Terminal Único
CONDICIONES DE OPERACIÓN	Personal Propio	E1	E2	E3	E4
	Personal Propio + EECC	E5	E6	E7	E8
	Propio Acercamiento (Taxi buses)		E9		E10
	Propio +EECC Acercamiento (Taxi buses)		E12		E13
	Tecnología	E11			
	Eliminación contrato Houston	E14			

Fuente: Elaboración propia

Los 14 escenarios corresponden a:

- E1: Actual optimizado considerando personal propio
- E2: Troncales considerando personal propio
- E3: Terminales periféricos considerando personal propio
- E4: Terminal único considerando personal propio
- E5: Actual optimizado considerando personal propio + EECC
- E6: Troncales considerando personal propio + EECC
- E7: Terminales periféricos considerando personal propio + EECC
- E8: Terminal único considerando personal propio + EECC
- E9: Troncales con acercamiento con taxibuses
- E10: Terminal único con acercamiento con taxibuses
- E11: Escenario actual con tecnología
- E12: Troncales considerando personal propio + EECC con acercamiento taxibuses
- E13: Terminal único considerando personal propio + EECC con acercamiento taxibuses
- E14; Actual considerando personal propio, eliminando *carry all* (Contrato Houston)

Para cada escenario se obtienen los siguientes parámetros:

- Emplazamiento de terminal / posturas

- Recorridos
- Programación Calama – Faena
- Flota operativa
- Cantidad de conductores
- Kilómetros comerciales (con pasajeros) y en vacío

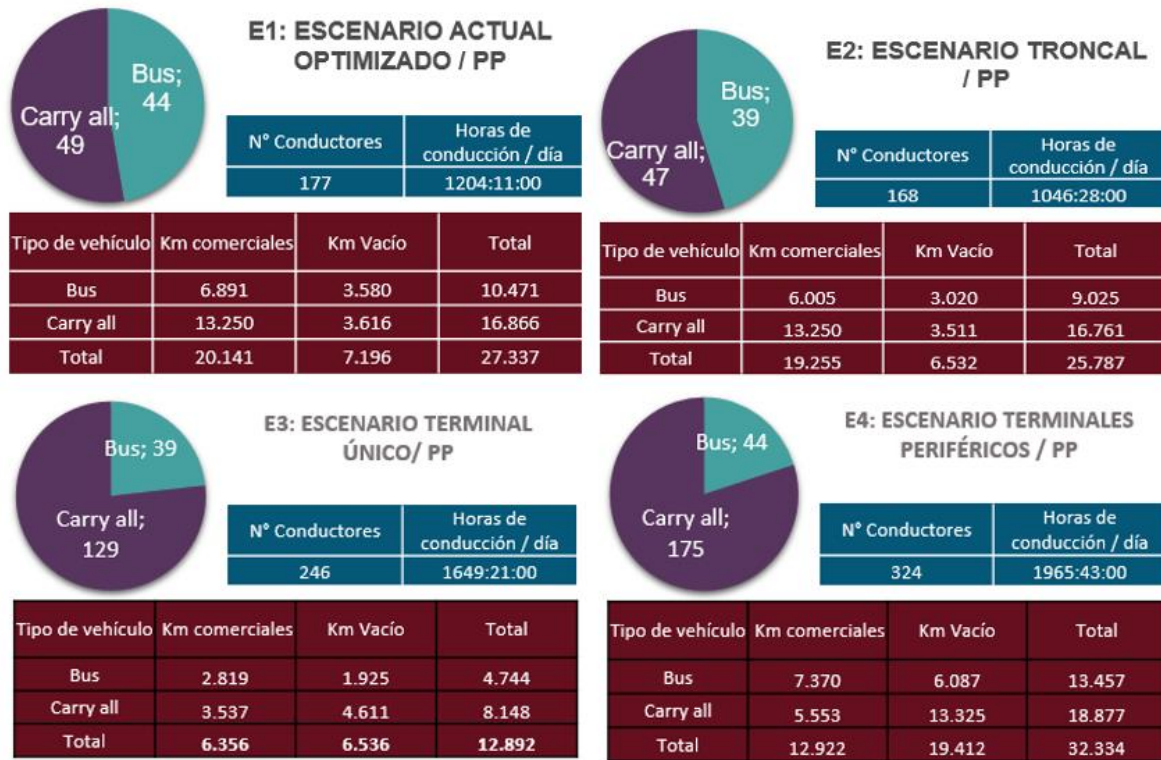
5.3.1. Resultados de escenarios de modelación

Las 14 modelaciones son realizadas mediante el software Goal Systems. Los resultados obtenidos están asociados al número de vehículos, conductores, horas de conducción, kilómetros comerciales y en vacío.

5.3.1.1. Escenarios asociados al transporte del personal propio

Se evaluaron **4 escenarios para el transporte del personal propio**, considerando diferentes operaciones logísticas. Se evaluó el escenario actual optimizando, recorridos troncales, operar un terminal único en Calama y mediante dos terminales periféricos.

Ilustración 5.24. Resultado de escenarios N°1, N°2, N°3, N°4

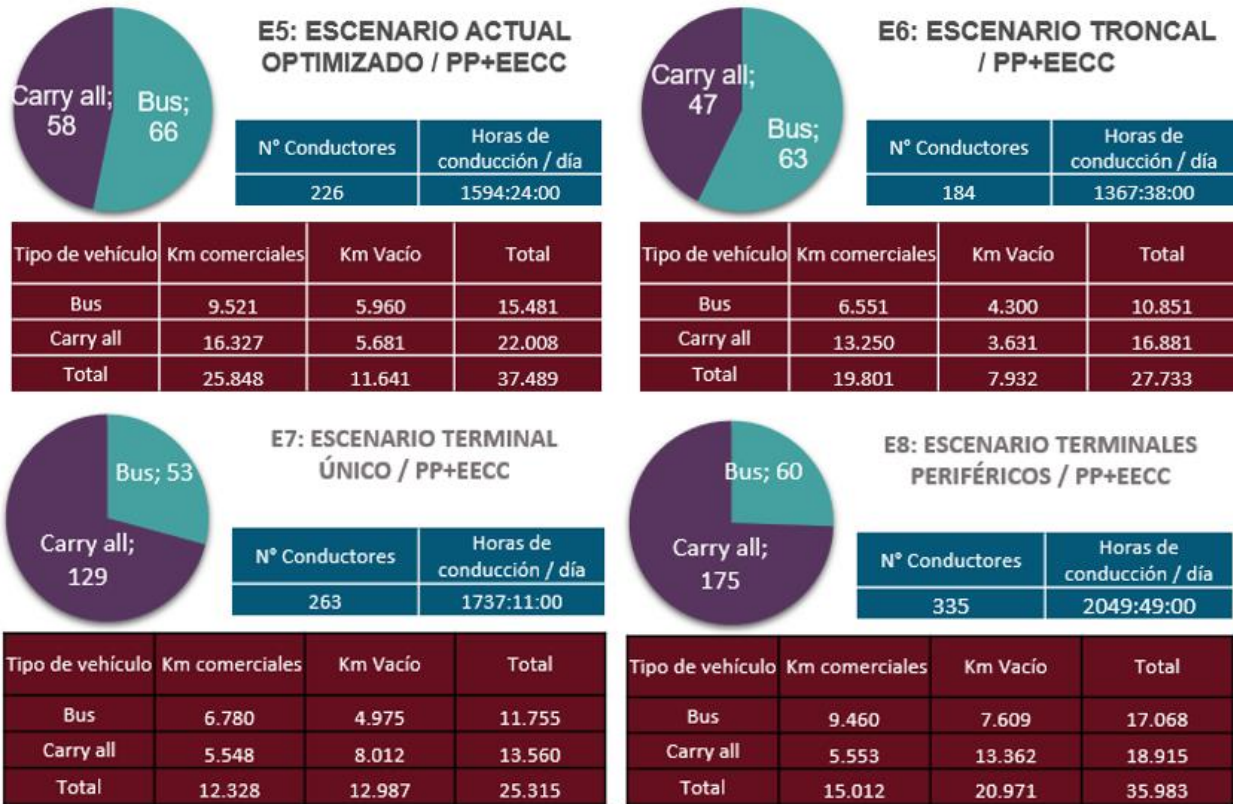


Fuente: Elaboración propia

5.3.1.2. Escenarios asociados al transporte del personal propio y colaborador

Se evaluaron los mismos **4 escenarios para el transporte del personal propio y colaborador**.

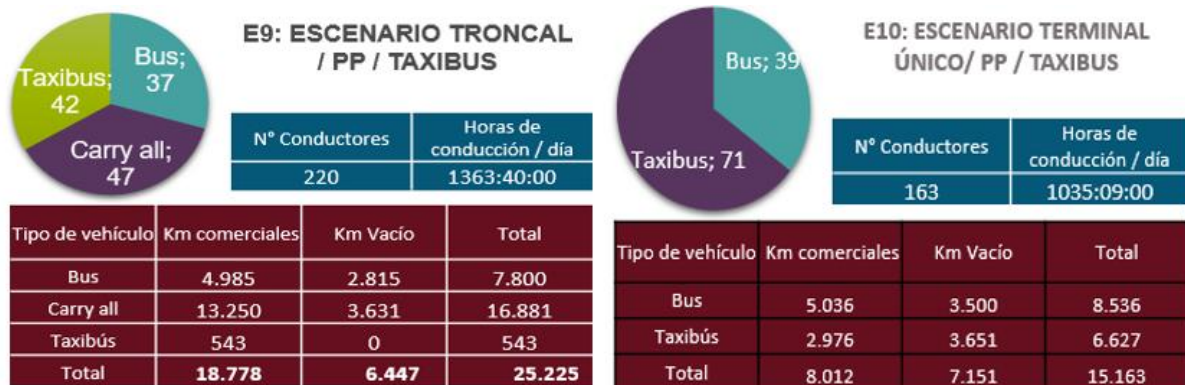
Ilustración 5.25. Resultado de escenarios N°5, N°6, N°7, N°8

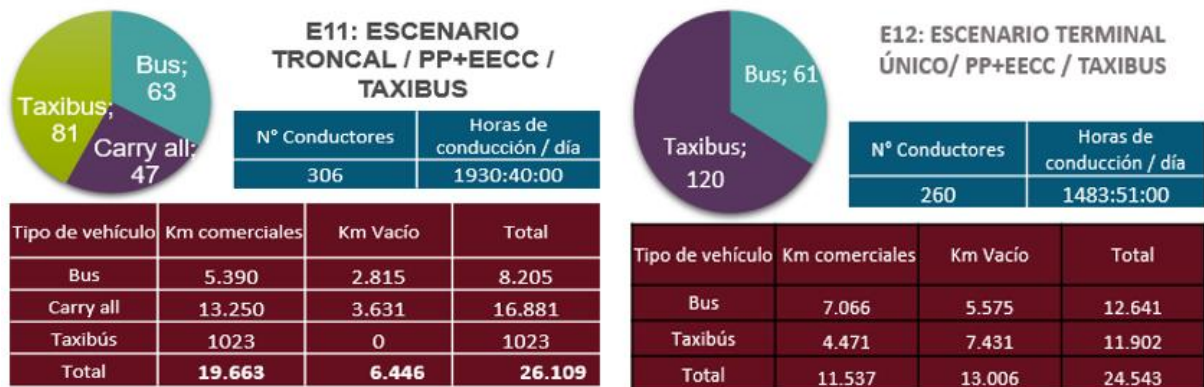


Fuente: Elaboración propia

5.3.1.3. Escenarios asociados al transporte del personal considerando acercamiento con taxi buses. Se evaluaron **2 escenarios** para el transporte del personal propio y **2 escenarios** considerando tanto al personal propio y colaborador. En ambos casos se analizó una operación logística de transporte a través de recorridos troncales y operando con un terminal único, considerando realizar el **acercamiento con taxibuses**.

Ilustración 5.26. Resultado de escenarios N°9, N°10, N°11, N°12



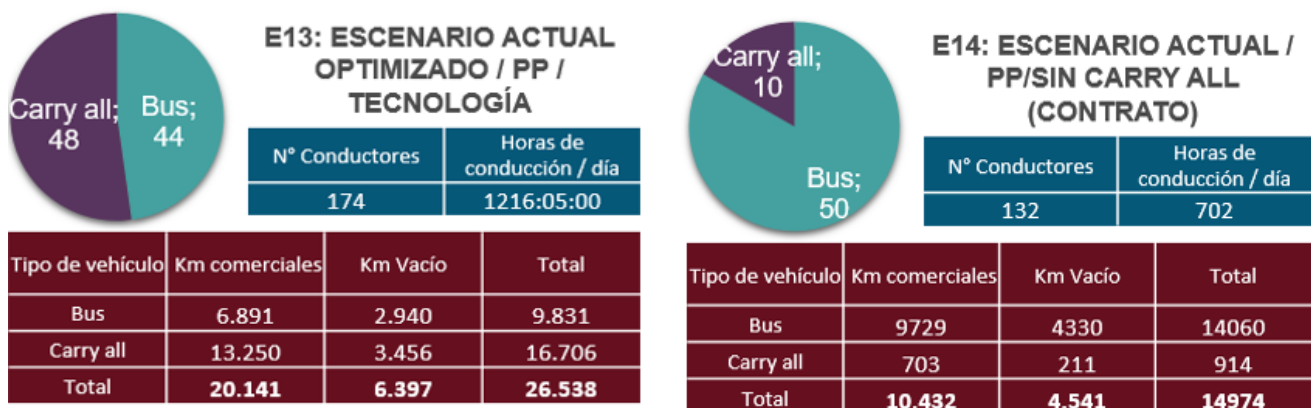


Fuente: Elaboración propia

5.3.1.4. Otros escenarios asociados al transporte del personal propio

Se evaluaron **2 escenarios** para el transporte del personal propio considerando una logística de transporte similar a como se realiza actualmente. En un escenario se analizó la implementación de tecnología que asegure el cumplimiento de un servicio puntual y eficiente y otro escenario considerando transportar la demanda del contrato de *carry all* en buses con capacidad de 44 pasajeros.

Ilustración 5.27. Resultado de escenarios N°13, N°14



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detallan los resultados de cada uno de los modelos, incluyendo el cálculo de su costo diario de operación en función de la cantidad de vehículos (buses, *carry all* y taxibuses), horas diarias de conducción y cantidad de kilómetros diarios recorridos por la flota requerida. Más detalle de la tabla se muestra en el punto [Apartado 4.3.4 Evaluación económica](#). Ver las tablas 5.6. y 5.7.

Tabla 5.4. Costo de operación diarios de escenarios modelados

Escenario	Costo
Escenario 1	\$17.524.510
Escenario 2	\$15.638.493
Escenario 3	\$20.038.433
Escenario 4	\$24.205.146
Escenario 5	\$23.935.015

Escenario	Costo
Escenario 8	\$35.156.546
Escenario 9	\$18.615.875
Escenario 10	\$15.429.278
Escenario 11	\$26.798.812
Escenario 12	\$23.247.889

Escenario	Costo	Escenario	Costo
Escenario 6	\$20.682.750	Escenario 13	\$17.497.706
Escenario 7	\$25.712.432	Escenario 14	\$13.296.427

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Indicadores y KPI

Para la etapa de evaluación de escenarios, se resumen los indicadores que han sido considerados para definir y caracterizar cada uno de los escenarios propuestos. Los principales indicadores son los siguientes:

Diseño físico de servicio de transporte

El diseño físico del servicio considera la infraestructura y las condiciones operativas de los servicios de buses y vehículos menores (*carry-all* o taxibuses), para las condiciones de operación futura definido por los escenarios de modelación considerados. Las principales variables asociadas a la operación son las siguientes.

Mallas de recorridos, estimación de flota, estimación de conductores, ubicación de terminales, horarios de salida de los servicios que fueron detallados en el *Apartado 5.3.1 Resultados de escenarios de modelación.*

Tabla 5.5. Resultados de los diferentes escenarios de operación

COSTO OPERACIÓN DÍA	Optimizada	Sistema troncal	Terminales periféricos	Terminal único
Codelco	\$17.524.510	\$15.638.493	\$24.205.146 <small>Acercamiento con carry all</small>	\$20.038.433 <small>Acercamiento con carry</small>
	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 44 48 177 223 2,42 1204 \$6.740 6891 13250	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 39 47 168 211,68 2,46 1046 \$6.015 6005 13250	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 44 175 324 408 1,86 1965 \$9.310 7370 5553	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 39 129 246 310 1,85 1649 \$7.707 5121 5548
Codelco Acercamiento con Taxibuses	\$0	\$18.615.875 <small>Acercamiento con taxibuses</small>	\$0	\$15.429.278 <small>Acercamiento con</small>
	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 37 47 42 220 277,2 3,30 1363 \$7.160 4895 13250 543	BT CT TT CD CM IC HH VP KB KC KT 39 71 163 205 1,87 1035 \$5.934 5036 2976	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 60 295 335 422 7,04 2849 \$4.645 9460 8329	BT CT TT CD CM IC HH VP KB KC KT 61 120 260 328 1,81 1483 \$3.071 7066 4470
Codelco + EECC	\$23.935.015	\$20.682.750	\$35.156.546	\$25.712.432 <small>Acercamiento con carry</small>
	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 66 58 266 335 2,70 1594 \$3.162 9521 16327	BT CT TT CD CM IC HH VP KB KC KT 63 47 81 306 385,56 3,51 1930 \$3.541 5390 13250 1023	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 60 295 335 422 7,04 2849 \$4.645 9460 8329	BT CT TT CD CM IC HH VP KB KC KT 61 120 260 328 1,81 1483 \$3.071 7066 4470
Codelco + EECC Acercamiento con Taxibuses	\$0	\$26.798.812 <small>Acercamiento con taxibuses</small>	\$0	\$23.247.889 <small>Acercamiento con</small>
	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 63 47 81 306 385,56 3,51 1930 \$3.541 5390 13250 1023	BT CT TT CD CM IC HH VP KB KC KT 61 120 260 328 1,81 1483 \$3.071 7066 4470	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 60 295 335 422 7,04 2849 \$4.645 9460 8329	BT CT TT CD CM IC HH VP KB KC KT 61 120 260 328 1,81 1483 \$3.071 7066 4470
Codelco Con tecnología de operación	\$17.497.706	\$0	\$0	\$0
	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 44 48 174 219 2,38 1200 \$6.730 6891 13250	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 39 47 168 211,68 2,46 1046 \$6.015 6005 13250	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 44 175 324 408 1,86 1965 \$9.310 7370 5553	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 39 129 246 310 1,85 1649 \$7.707 5121 5548
Coldeco Sin contrato de Carry All	\$13.296.427	\$0	\$0	\$0
	BT CT CD CM IC HH VP KB KC 50 10 105 132 2,21 702 \$5.114 9729 703	BT PK CD CT IC HH VP KB KC 39 47 168 211,68 2,46 1046 \$6.015 6005 13250	BT PK CD CT IC HH VP KB KC 44 175 324 408 1,86 1965 \$9.310 7370 5553	BT PK CD CT IC HH VP KB KC 39 129 246 310 1,85 1649 \$7.707 5121 5548

Fuente: Elaboración propia

Niveles de servicio

Para evaluar los niveles de servicio de cada escenario se ha considerado parámetros cuantificables, como son: distancia de caminata promedio, tiempo de viaje completo, tasas de ocupación, kilómetros recorridos que fueron considerados también en la simulación.

- ✓ **Distancia de caminata promedio, evaluado en función de cada uno de los escenarios.**

Tabla 5.6. Distancia de caminata promedio

Escenario	Distancia caminata
Troncales	122,5 metros
Terminal único	15 metros
Terminales periféricos	15 metros

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Tiempo de viaje completo: Calama – Instalación de faena.**

Tabla 5.7. Tiempo de viaje promedio hasta faena

Escenario	Tiempo viaje
Troncales	45 min
Terminal único	40 min
Terminales periféricos	43 min

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Tasa de ocupación de bus**

Tabla 5.8. Tasa de ocupación promedio

Escenario	Tasa ocupación
Troncales	80%
Terminal único	85%
Terminales periféricos	85%

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Kilómetros recorridos**

Corresponde a los kilómetros totales recorridos diariamente, tanto por los viajes con pasajeros o en vacío, en donde los resultados son los obtenidos por el software *Goal Systems*, que fueron presentados en el punto 5.3.1. *Resultados de escenarios de modelación.*

Costos de inversión y operación (Capex y Opex)

La información de costos asociados a la operación actual se determina para efectos de comparación bajo los mismos criterios que los demás escenarios, los cuales son obtenidos del software *GOAL Systems*.

Los principales costos que se han considerado son de inversión futura propuesta y costo de operación del escenario.

El **costo de inversión en terminales** está asociado a un nuevo terminal de buses. Y el costo de operación está asociado al número de buses y choferes y a los kilómetros recorridos (comerciales y en vacío).

- **Terminal único**

Los costos de inversión del Terminal Único se basan en el *benchmark* realizado en el estudio MTT (2105), asimilándolo a un terminal rural con edificación de albañilería de un piso y servicios básicos. El costo de **inversión unitario** para este tipo de recinto asciende a los **\$157.800 por metro cuadrado**.

Los costos de mantenimiento y operación de terminales se estiman en base a información disponible en la “*Memoria 2016 de la Sociedad Concesionaria Intermodal La Cisterna S.A.*”.

Cabe distinguir que dicho terminal cuenta con más de 140 locales y módulos de comercio, patio de comida, supermercados, bancos, farmacias, servicios, y tiendas de vestuario organizados en un centro comercial de 10.200 m² de superficie, servicios que no tienen relación con la operación que se espera servir con los terminales considerados en el presente trabajo. Por este motivo, se consideran costos unitarios de mantenimiento, operación y administración equivalentes a un tercio de los costos unitarios que presenta dicho Terminal Intermodal de La Cisterna, lo cual asciende a **los \$13.155,59 por metro cuadrado al año**.

A continuación se presentan los costos de inversión, mantenimiento y administración para un terminal de 14.222 metros cuadrados:

Tabla 5.9: Costos de inversión, mantenimiento y administración Terminal Único

COMPONENTE DE COSTO	COSTO UNITARIO [\$/M2]	CANTIDAD [M2]	COSTO [MILLONES CLP]	COSTO [MILLONES USD]
Inversión	157.800	14.222	2.244	3,2
Mantenimiento y operación anual	13.155,59	14.222	187	0,2

Fuente: Elaboración propia

o **Terminales periféricos**

De forma análoga, a continuación se presentan los costos de inversión, mantenimiento y operación para los dos terminales periféricos:

Tabla 5.10: Costos de inversión, mantenimiento y administración terminal norte

COMPONENTE DE COSTO	COSTO UNITARIO [\$/M2]	CANTIDAD [M2]	COSTO [MILLONES USD]	COSTO [MILLONES USD]
Inversión	157.800	8.915	1.406	2,0
Mantenimiento y operación anual	13.155,59	8.915	117	0,16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.11: Costos de inversión, mantenimiento y administración terminal sur

COMPONENTE DE COSTO	COSTO UNITARIO [\$/M2]	CANTIDAD [M2]	COSTO [MILLONES USD]	COSTO [MILLONES USD]
Inversión	157.800	5.079	801	1,1
Mantenimiento y operación anual	13.155,59	5.079	66	0,09

Fuente: Elaboración propia

El costo de operación está asociado a los costos de arriendo de flota, costo de conductores, costo por kilómetros recorridos, comercial o vacío, y otros costos como mantenimiento, los cuales se incluyen en el software GOAL.

Análisis de indicadores de operación

En esta parte se ha realizado un análisis de los principales indicadores, estos han permitido **elaborar una evaluación técnica y económica** para cada uno de los escenarios, de forma que se puedan comparar con la situación base (actual) y determinar si es conveniente la implementación de dichos escenarios, incluyendo posibles inversiones en infraestructura. Para poder considerar todos los elementos de análisis, se ha considerado un análisis multicriterio con variables cuantificables y no cuantificables, como se explica más adelante.

5.3.3. Evaluación económica

La evaluación económica de cada uno de los diferentes escenarios de operación es uno de los **antecedentes más importantes** para determinar el escenario de operación recomendado para la DCH.

La evaluación económica considera los siguientes parámetros:

1. **Costos de inversión y mantención:** dimensionamiento de las inversiones necesarias para implementar los diferentes modelos de transporte.
2. **Costos operacionales sistema actual:** establece el horizonte de referencia contra el cual se comparan los costos operacionales de los nuevos sistemas de transporte
3. **Costos operacionales escenarios de operación:** dimensionados en base a los resultados de número de vehículos, choferes y kilómetros recorridos obtenidos para cada uno de los escenarios.
4. **Ahorros esperados:** Calculados en base a las diferencias de costos operacionales.
5. **Rentabilidad:** cálculo del Valor Actualizado Neto considerando los flujos de inversión y ahorros esperados.

➤ **Costos de inversión y mantención**

Los costos de inversión y mantención están asociados a la infraestructura de apoyo necesaria para desarrollar la operación en cada uno de los modelos. Estas inversiones están determinadas por:

- **Mejoramiento de Puerta 2 y Puerta 4.** Ambas puertas requieren una actualización en sus diseños conceptuales, de forma que se mejoren sus niveles de servicio y faciliten la operación cuando se incorporen las empresas contratistas. Estas inversiones aplican al sistema actual optimizado y al sistema troncal, ya que ambos modelos consideran la Puerta 2 como punto de intercambio de pasajeros entre los diferentes vehículos.
- **Terminales:** considera la inversión necesaria para habilitar uno o más terminales en los alrededores de Calama, de forma que se recojan los trabajadores y en el Terminal se realicen los transbordos para llegar a faena. Estas son infraestructuras nuevas que requerirán un nuevo modelo de mantenimiento. Aplican para el modelo de Terminal Único y Terminales Periféricos.
- **Tecnología:** considera la inversión necesaria para implementar sistemas tecnológicos de apoyo, control y fiscalización de la operación, de forma que se garantice y mejoren los niveles de servicio y se realicen optimizaciones continuas en los recursos asignados a la operación.

Los costos asociados al **mejoramiento de Puerta 2 y Puerta 4** han sido facilitados por la Gerencia de Servicios, son detallados en el Capítulo 7.2 Sincronización con otras iniciativas del presente Informe.

Tabla 5.12. Costos de mejoramiento Puerta 2 y Puerta 4

Ítem	Costo inversión (\$USD)
Puerta 2	\$2.000.000
Puerta 4	\$1.000.000
TOTAL	\$3.000.000

Fuente: Gerencia de Servicios, Codelco DCH

Los costos asociados a las **inversiones en los diferentes terminales** son analizados en el Capítulo 5.2 Modelos técnicos de transporte, que de forma resumida se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5.13. Costos de inversión en terminales

Ítem	Costo de inversión		Costo de mantención anual	
	\$ CLP	\$ USD	\$ CLP	\$ USD
Terminal Único	2.244.231.600	3.300.340	187.098.800	275.145
Terminal Norte	1.406.787.000	2.068.804	117.282.084	172.473
Terminal Sur	801.466.200	1.178.626	66.817.241	98.260

*Considerando un valor del dólar de 680 pesos chilenos

Fuente: *Elaboración propia*

Los costos asociados a las **inversiones tecnología** son analizados en el Capítulo 4.1 Control y supervisión de la operación, que de forma resumida se detallan a continuación:

Tabla 5.14. Costos de inversión en tecnología

Modelo de adquisición	Costo de inversión		Costo de mantención anual	
	\$ CLP	\$ USD	\$ CLP	\$ USD
Compra directa	955.000.000	1.404.411	244.000.000	358.823
Venta por servicio (8 años)	0	0	417.093.751	613.372

*Considerando un valor del dólar de 680 pesos chilenos

Fuente: *Elaboración propia*

Los cálculos económicos se realizarán considerando **modelo de venta por servicio a 8 años**.

➤ **Costos operacionales sistema actual**

Los costos operacionales sistema actual se calculan considerando la flota y dotación actual, y los diferentes valores de mercado para cada uno de los ítems.

Tabla 5.15. Costos unitarios de operación sistema actual

Ítem	Unidad	Costo unitario	
		\$ CLP	\$ USD
Bus	\$ / veh	114.500	168,4
Carry all	\$ / veh	19.083	28,1
Kilómetro bus	\$ / km	266	0,39
Kilómetro <i>carry all</i>	\$ / km	126	0,19
HH conducción	\$ / HH	6.701	9,86

*Considerando un valor del dólar de 680 pesos chilenos

Tabla 5.16. Costos de operación sistema actual

Modelo	Vehículos		Kilometraje		Conductores HH	Costo de operación DIARIO		Costo operación \$ USD
	Bu	<i>Carry all</i>	Buses	<i>Carry</i>		\$ CLP	\$ USD	
Situación actual <i>Codelco</i>	48	68	6.891	13.250	1.450	20.012.623	29.430	12.031.118
Situación actual Codelco + EECC	Estimación en base a flujos diarios					32.161.813	47.297	19.334.925

*Considerando un valor del dólar de 680 pesos chilenos

Fuente: *Elaboración propia*

El cálculo del **costo de operación anual** se calcula considerando 365 días del año, y un 12% adicional de gastos generales del contrato.

La **estimación de costos de la operación con empresas contratistas** se realiza mediante estimación de los flujos diarios de vehículos a través de la Puerta 2.

En base al aforo realizado en Puerta 2, se identifican el siguiente total de viajes diarios ingresando a la División:

- Codelco: 138 buses - 123 minibuses → 179 buses equivalentes
- EECC: 82 buses – 80 minibuses → 109 buses equivalentes

Considerando que cada minibús equivale a un 1/3 de un bus (en términos de costos de operación), se calcula el número de “buses equivalentes”. Con este valor, se divide el costo de operación actual entre los buses equivalentes y se pondera incorporando las empresas contratistas:

- Codelco: $20.012.623 / 179 = 111.802$ CLP / bus equivalente
- Codelco + EECC = $(179 + 109) * 111.802 = 32.161.813$ CLP diario

➤ **Costos operacionales escenarios de operación**

Los costos operacionales de cada uno de los escenarios se calculan considerando los recursos necesarios para su operación, obtenidos del software de optimización GOAL. Este software entrega el número de vehículos necesarios, su kilometraje y la dotación de choferes necesaria para realizar la operación. A continuación, se resumen los resultados y costos operacionales de cada uno de los modelos.

Tabla 5.17. Costos unitarios de operación escenarios de operación

Ítem	Unidad	Costo unitario	
		\$ CLP	\$ USD
Bus	\$ / veh	114.500	168,4
Carry all	\$ / veh	19.083	28,1
Taxibús	\$ / veh	30.533	44,9
Kilómetro bus	\$ / km	266	0,39
Kilómetro carry all	\$ / km	126	0,19
Kilómetro Taxibús	\$ / km	175	0,26
HH conducción	\$ / HH	6.701	9,86

*Considerando un valor del dólar de 680 pesos chilenos

Fuente: Elaboración propia

Modelo		Vehículos			Kilometraje			Conductores	Costo de operación DIARIO		Costo operación ANUAL
		Buses	Carry all	Taxibuses	Buses	Carry all	Taxibuses	HH conducción	\$ CLP	\$ USD	\$ USD
1	Optimizado Codelco	44	48		6.891	13.250		1.204	17.524.510	25.771	10.535.323
2	Troncales Codelco	39	47		6.005	13.250		1.046	15.638.493	22.998	9.401.494
3	Terminales Periféricos Codelco	44	175		7.370	5.553		1.965	24.205.146	35.596	14.551.564
4	Terminal Único Codelco	39	129		5.121	5.548		1.649	20.038.433	29.468	12.046.634
5	Troncal + Taxibús Codelco	37	47	42	4.895	13.250	543	1.363	18.615.875	27.376	11.191.426
6	Terminal Único + Taxibús Codelco	39		71	5.036		2.976	1.035	15.429.278	22.690	9.275.719
7	Optimizado Codelco y EECC	66	58		9.521	16.327		1.594	23.935.015	35.199	14.389.168
8	Troncales Codelco y EECC	63	47		6.551	13.250		1.367	20.682.750	30.416	12.433.983
9	Terminales Perif. Codelco y EECC	60	295		9.460	8.329		2.849	35.156.546	51.701	21.135.288
10	Terminal Único Codelco y EECC	61	128		7.066	8.322		1.737	25.712.432	37.812	15.457.709
11	Troncal + Taxibús Codelco y EECC	63	47	81	5.390	13.250	1.023	1.930	26.798.812	39.410	16.110.815
12	Term Único + Txbus Codelco y EECC	61		120	7.066		4.470	1.483	23.247.889	34.188	13.976.084
13	Tecnología de operación Codelco	44	48		6.891	13.250		1.200	17.497.706	25.732	10.519.209
14	Sin contrato Houston Codelco	50	10		9.729	703		702	13.296.427	19.554	7.993.499

*Considerando un valor del dólar de 680 pesos chilenos

Fuente: Elaboración propia

➤ **Ahorros esperados**

El flujo ahorros esperados estará basado en la diferencia de costos entre el modelo de operación actual y cada uno de los escenarios. A continuación se resumen los valores de ahorro esperados para cada modelo:

Tabla 5.18. Costos unitarios de operación escenarios de operación

Modelo	Costo operación ACTUAL	Costo de operación MODELO	Ahorro operación DIA	Ahorro operación ANUAL	
	\$ CLP	\$ CLP	\$ CLP	\$ CLP	\$ USD
1 Optimizado Codelco	20.012.623	17.524.510	2.488.113	908.161.123	1.335.531
2 Troncales Codelco	20.012.623	15.638.493	4.374.130	1.596.557.328	2.347.878
3 Terminales Periféricos Codelco	20.012.623	24.205.146	-4.192.523	-1.530.271.017	-2.250.399
4 Terminal Único Codelco	20.012.623	20.038.433	-25.810	-9.420.772	-13.854
5 Troncal + Taxibús Codelco	20.012.623	18.615.875	1.396.748	509.812.898	749.725
6 Terminal Único + Taxibús Codelco	20.012.623	15.429.278	4.583.345	1.672.920.803	2.460.178
7 Optimizado Codelco y EECC	30.187.960	23.935.015	8.226.797	3.002.780.999	4.415.854
8 Troncales Codelco y EECC	30.187.960	20.682.750	11.479.063	4.189.857.967	6.161.556
9 Terminales Periféricos Codelco y EECC	30.187.960	35.156.546	-2.994.734	-1.093.077.816	-1.607.467
10 Terminal Único Codelco y EECC	30.187.960	25.712.432	6.449.381	2.354.024.037	3.461.800
11 Troncal + Taxibús Codelco y EECC	30.187.960	26.798.812	5.363.001	1.957.495.337	2.878.670
12 Terminal Único + Taxibús Codelco y EECC	30.187.960	23.247.889	8.913.924	3.253.582.111	4.784.680
13 Tecnología de operación Codelco	No se considera en evaluación económica*				
14 Sin contrato Houston Codelco	No se considera en evaluación económica*				

*Los escenarios 13 y 14 no se considerarán directamente para evaluación económica ya que son sensibilizaciones que retroalimentan otros modelos.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Rentabilidad**

Para el cálculo del **flujo de inversiones**, se consideran los siguientes escenarios:

- Situación optimizada: Inversión Puerta 2 y Puerta 4 + Tecnología
- Troncales: Inversión Puerta 2 y Puerta 4 + Tecnología
- Terminal Único: Inversión + mantención + Tecnología
- Terminales Periféricos: Terminal Único: Inversión + mantención + Tecnología

Para el cálculo del **flujo de ahorros**, se consideran los valores listados en el epígrafe anterior. Para el cálculo de la **rentabilidad económica**, se calculará el Valor Actualizado Neto con un horizonte de 8 años (duración del nuevo contrato) y una tasa de descuento del 8% (valor indicado por Casa Matriz de Codelco).

Tabla 5.19. Parámetros para cálculo del VAN

Parámetro	Valor
Horizonte de análisis	8 años
Tasa de descuento	8%

Fuente: Elaboración propia

La TIR no será considerada en el análisis, debido principalmente que al ser este un servicio que la DCH debe prestar por convenio colectivo, se buscará agregar valor respecto de la situación actual.

Tabla 5.20. Cálculo rentabilidad económica de escenarios

Modelo		Año de evaluación								VAN	
		1	2	3	4	5	6	7	8	\$ USD	
1	Optimizado Codelco	Inversión	-2.457.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	
		Ahorros	908.161.123	908.161.123	908.161.123	908.161.123	908.161.123	908.161.123	908.161.123	908.161.123	
		Flujo de caja (CLP)	-1.548.932.628	491.067.372	491.067.372	491.067.372	491.067.372	491.067.372	491.067.372	491.067.372	
		Flujo de caja (USD)	-2.277.842	722.158	722.158	722.158	722.158	722.158	722.158	722.158	1.372.203
2	Troncales Codelco	Inversión	-2.457.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	
		Ahorros	1.596.557.450	1.596.557.450	1.596.557.450	1.596.557.450	1.596.557.450	1.596.557.450	1.596.557.450	1.596.557.450	
		Flujo de caja (CLP)	-860.536.301	1.179.463.699	1.179.463.699	1.179.463.699	1.179.463.699	1.179.463.699	1.179.463.699	1.179.463.699	
		Flujo de caja (USD)	-1.265.495	1.734.505	1.734.505	1.734.505	1.734.505	1.734.505	1.734.505	1.734.505	7.189.799
3	Terminales Periféricos Codelco	Inversión	-2.882.340.085	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	
		Ahorros	-1.530.271.138	-1.530.271.138	-1.530.271.138	-1.530.271.138	-1.530.271.138	-1.530.271.138	-1.530.271.138	-1.530.271.138	
		Flujo de caja (CLP)	-4.412.611.223	-2.131.464.215	-2.131.464.215	-2.131.464.215	-2.131.464.215	-2.131.464.215	-2.131.464.215	-2.131.464.215	
		Flujo de caja (USD)	-6.489.134	-3.134.506	-3.134.506	-3.134.506	-3.134.506	-3.134.506	-3.134.506	-3.134.506	-21.119.012
4	Terminal Único Codelco	Inversión	-2.848.424.151	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	
		Ahorros	-9.420.772	-9.420.772	-9.420.772	-9.420.772	-9.420.772	-9.420.772	-9.420.772	-9.420.772	
		Flujo de caja (CLP)	-2.857.844.923	-613.613.323	-613.613.323	-613.613.323	-613.613.323	-613.613.323	-613.613.323	-613.613.323	
		Flujo de caja (USD)	-4.202.713	-902.373	-902.373	-902.373	-902.373	-902.373	-902.373	-902.373	-8.241.480
5	Troncal + Taxibus Codelco	Inversión	-2.457.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	
		Ahorros	509.813.020	509.813.020	509.813.020	509.813.020	509.813.020	509.813.020	509.813.020	509.813.020	
		Flujo de caja (CLP)	-1.947.280.731	92.719.269	92.719.269	92.719.269	92.719.269	92.719.269	92.719.269	92.719.269	
		Flujo de caja (USD)	-2.863.648	136.352	136.352	136.352	136.352	136.352	136.352	136.352	-1.994.213
6	Terminal Único + Taxibus Codelco	Inversión	-2.848.424.151	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	
		Ahorros	1.672.920.925	1.672.920.925	1.672.920.925	1.672.920.925	1.672.920.925	1.672.920.925	1.672.920.925	1.672.920.925	
		Flujo de caja (CLP)	-1.175.503.226	1.068.728.374	1.068.728.374	1.068.728.374	1.068.728.374	1.068.728.374	1.068.728.374	1.068.728.374	
		Flujo de caja (USD)	-1.728.681	1.571.659	1.571.659	1.571.659	1.571.659	1.571.659	1.571.659	1.571.659	5.975.888
7	Optimizado Codelco y EECC	Inversión	-2.457.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	
		Ahorros	3.002.780.999	3.002.780.999	3.002.780.999	3.002.780.999	3.002.780.999	3.002.780.999	3.002.780.999	3.002.780.999	
		Flujo de caja (CLP)	545.687.248	2.585.687.248	2.585.687.248	2.585.687.248	2.585.687.248	2.585.687.248	2.585.687.248	2.585.687.248	
		Flujo de caja (USD)	802.481	3.802.481	3.802.481	3.802.481	3.802.481	3.802.481	3.802.481	3.802.481	19.073.709
8	Troncales Codelco y EECC	Inversión	-2.457.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	
		Ahorros	4.189.857.967	4.189.857.967	4.189.857.967	4.189.857.967	4.189.857.967	4.189.857.967	4.189.857.967	4.189.857.967	
		Flujo de caja (CLP)	1.732.764.216	3.772.764.216	3.772.764.216	3.772.764.216	3.772.764.216	3.772.764.216	3.772.764.216	3.772.764.216	
		Flujo de caja (USD)	2.548.183	5.548.183	5.548.183	5.548.183	5.548.183	5.548.183	5.548.183	5.548.183	29.105.625
9	Terminales Periféricos Codelco y EECC	Inversión	-2.882.340.084	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	-601.193.077	
		Ahorros	-1.093.077.816	-1.093.077.816	-1.093.077.816	-1.093.077.816	-1.093.077.816	-1.093.077.816	-1.093.077.816	-1.093.077.816	
		Flujo de caja (CLP)	-3.975.417.900	-1.694.270.893	-1.694.270.893	-1.694.270.893	-1.694.270.893	-1.694.270.893	-1.694.270.893	-1.694.270.893	
		Flujo de caja (USD)	-5.846.203	-2.491.575	-2.491.575	-2.491.575	-2.491.575	-2.491.575	-2.491.575	-2.491.575	-17.424.318
10	Terminal Único Codelco y EECC	Inversión	-2.848.424.151	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	
		Ahorros	2.354.024.037	2.354.024.037	2.354.024.037	2.354.024.037	2.354.024.037	2.354.024.037	2.354.024.037	2.354.024.037	
		Flujo de caja (CLP)	-494.400.114	1.749.831.486	1.749.831.486	1.749.831.486	1.749.831.486	1.749.831.486	1.749.831.486	1.749.831.486	
		Flujo de caja (USD)	-727.059	2.573.282	2.573.282	2.573.282	2.573.282	2.573.282	2.573.282	2.573.282	11.731.849
11	Troncal + Taxibus Codelco y EECC	Inversión	-2.457.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	-417.093.751	
		Ahorros	1.957.495.337	1.957.495.337	1.957.495.337	1.957.495.337	1.957.495.337	1.957.495.337	1.957.495.337	1.957.495.337	
		Flujo de caja (CLP)	-499.598.414	1.540.401.586	1.540.401.586	1.540.401.586	1.540.401.586	1.540.401.586	1.540.401.586	1.540.401.586	
		Flujo de caja (USD)	-734.704	2.265.296	2.265.296	2.265.296	2.265.296	2.265.296	2.265.296	2.265.296	10.240.063
12	Terminal Único + Taxibus Codelco y EECC	Inversión	-2.848.424.151	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	-604.192.551	
		Ahorros	3.253.582.111	3.253.582.111	3.253.582.111	3.253.582.111	3.253.582.111	3.253.582.111	3.253.582.111	3.253.582.111	
		Flujo de caja (CLP)	405.157.960	2.649.389.560	2.649.389.560	2.649.389.560	2.649.389.560	2.649.389.560	2.649.389.560	2.649.389.560	
		Flujo de caja (USD)	595.821	3.896.161	3.896.161	3.896.161	3.896.161	3.896.161	3.896.161	3.896.161	19.333.960

Fuente: Elaboración propia

A continuación se resume la evaluación económica de los distintos escenarios:

Tabla 5.21. Cálculo rentabilidad económica de escenarios

Modelo		VAN (USD)
1	Optimizado Codelco	1.372.203
2	Troncales Codelco	7.189.799
3	Terminales Periféricos Codelco	-21.119.012
4	Terminal Único Codelco	-8.241.480
5	Troncal + Taxibús Codelco	-1.994.213
6	Terminal Único + Taxibús Codelco	5.975.888
7	Optimizado Codelco y EECC	19.073.709
8	Troncales Codelco y EECC	29.105.625
9	Terminales Periféricos Codelco y EECC	-17.424.318
10	Terminal Único Codelco y EECC	11.731.849
11	Troncal + Taxibus Codelco y EECC	10.240.063
12	Terminal Único + Taxibus Codelco y EECC	19.333.960

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5.28. Resumen VAN escenarios

VAN PROYECTOS	Optimizada	Sistema troncal	Terminales periféricos	Terminal único
PROPIOS				
Codelco	USD 1.372.203	USD 7.189.799	-USD 21.119.012 <small>Acercamiento con carry all</small>	-USD 8.241.480 <small>Acercamiento con carry all</small>
	Costo pasajero transportado CLP 6.740	Costo pasajero transportado CLP 6.015	Costo pasajero transportado CLP 9.310	Costo pasajero transportado CLP 7.707
Codelco Acercamiento con Taxibuses		-USD 1.994.213 <small>Acercamiento con taxibuses</small>		USD 5.975.888 <small>Acercamiento con taxibuses</small>
		Costo pasajero transportado CLP 7.160		Costo pasajero transportado CLP 5.934
PROPIOS + CONTRATISTAS				
Codelco + EECC	USD 19.073.709	USD 29.105.625	-USD 17.424.318 <small>Acercamiento con carry all</small>	USD 11.731.849 <small>Acercamiento con carry all</small>
	Costo pasajero transportado CLP 3.162	Costo pasajero transportado CLP 2.733	Costo pasajero transportado CLP 4.645	Costo pasajero transportado CLP 3.397
Codelco + EECC Acercamiento con Taxibuses		USD 10.240.063 <small>Acercamiento con taxibuses</small>		USD 19.333.960 <small>Acercamiento con taxibuses</small>
		Costo pasajero transportado CLP 3.541		Costo pasajero transportado CLP 3.071

Fuente: Elaboración propia

5.4. Recomendación de operación en base a los resultados

En base al análisis multicriterio, se identifica que existen 3 escenarios de operación muy similares, descartándose el caso de terminales periféricos. De entre todos ellos, el más favorable considerando todas las variables cualitativas y cuantitativas es el **Terminal Único**, seguido del sistema Troncal.

En el caso de analizar económicamente el modelo de transporte, se identifican las siguientes conclusiones:

- Si el transporte se realiza sólo para personal propio, el modelo de transporte troncal desde el punto de vista operacional resulta de interés solamente en el caso de que se incorporen acercamientos para mejorar los niveles de servicio a los usuarios, siendo un escenario que generaría pérdidas (-

2 MUSD). Mantener una situación actual optimizada generaría 1.3 MUSD de beneficio, mientras que implementar un terminal único aumentaría el beneficio final hasta los 6 MUSD, siendo el mejor escenario posible.

- Si el transporte se realiza para personal propio y contratista, aumentan los márgenes de beneficio en todos los escenarios. Troncales con acercamiento revierte su situación entregando 4 MUSD de beneficio, pero sin embargo la situación actual optimizada alcanza los 13 MUSD y el Terminal Único rentabiliza su inversión aumentando a 13.2 MUSD.

Por lo tanto, la recomendación de operación partiría por iniciar la implementación de la situación **actual optimizada** al menos para el sistema de transporte de personal propio, ampliándose posteriormente para empresas contratistas, y en paralelo avanzar en la implementación del **Terminal Único**. El sistema optimizado utiliza la Puerta 2 como pivote, que no es reutilizable para mina subterránea. Por tanto, el modelo de Terminal Único toma especial relevancia para el modelo de transporte para la mina subterránea, habilitado a mediano plazo.

Capítulo 6

6. Evaluación de las alternativas en la motorización

6.1. Diésel

La tecnología de motorización a **Diésel** ha avanzado durante años, incrementando la eficiencia, el bajo consumo y disminuyendo la contaminación al medio ambiente. En este apartado se describirá una motorización a diésel con 2 tipos de normativa (**EURO V Y EURO VI**), actualmente en las diferentes divisiones de Codelco se maneja la normativa EURO III, EURO IV y EURO V.

La norma **EURO** es una normativa de protección ambiental proveniente de Europa, que busca reducir las emisiones de ciertos gases contaminantes provocadas por los vehículos.

A continuación se mencionan algunos de los beneficios que destaca la motorización a diésel:

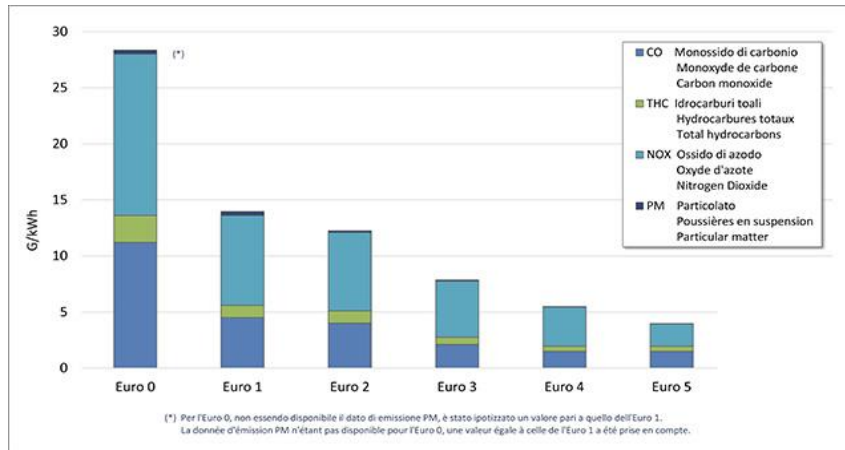
- Un autobús a diésel es 42% más eficiente en uso de energía que un autobús a gas natural debido a contenido energético, peso del vehículo y ciclo de combustión.
 - El diésel genera menos emisiones de CO₂ por su mayor eficiencia energética. La fuga de metano es frecuente en la cadena del CNG por lo cual tiene mayor impacto climático.
 - Dependiendo de la tipología vehicular, los autobuses a gas natural vehicular tienen un precio mayor de hasta un 30%.
 - La menor escala de los motores a gas y fallas en la ignición pueden generar mayores costos de mantenimiento.
- **Motorización Diésel EURO V:**

Los buses a diésel con normativa **EURO V** son de bajo consumo de combustible, donde se reducen los costos de operativos, mejora y garantiza su funcionalidad, entregando comodidad para los pasajeros y productividad durante el ciclo de vida.

La normativa EURO V para motorización a diésel entró en vigencia para vehículos en Europa desde el 2009, mientras que para el año 2013 fue implementado como normativa en Chile.

Que un vehículo diésel cuente con norma de emisión EURO V, significa que tiene incorporado un Filtro de Partículas para control de emisiones de partículas y gases contaminantes, que las reduce en más de un 90% a comparación de los vehículos con normativa **EURO IV**, lo cual carece de este elemento.

Ilustración 6.1 Comparación de tipo de contaminante por normativa



Fuente: <http://gmabogadosmurcia.com/los-vehiculos-de-mas-de-diez-anos-son-responsables-del-80-de-las-emisiones>

Actualmente en el mercado existen diferentes marcas que ofrecen el mismo tipo de chasis, características, tecnología y especificaciones. Sin embargo entre ellas la marca Volvo ofrece un servicio adicional al momento de adquirir los vehículos Diésel tanto para la normativa EURO V y EURO VI.

DYNAFLEET es un servicio de telemetría y control que ofrece Volvo para la flota de buses. En cualquier instancia se podrá saber la ubicación exacta, así como el estado de los camiones y conductores. Al contratar este servicio, solo se debe iniciar la aplicación desde cualquier Smartphone o Tablet.

Los nuevos vehículos Volvo vienen equipados de fábrica con las **herramientas de Telemática** necesarias. Sólo debe activarse en cualquier centro Volvo del País, sin necesidad de softwares adicionales ni alteraciones físicas. Entre sus caracterizas de mayor relevancia se encuentra:

- Mayor control de tus costos de combustible.
- Mayor productividad del conductor.
- Seguimiento de vehículos y conductores.
- Control de impacto medioambiental.
- Reducción del trabajo administrativo.

Ilustración 6.2 Servicio telemetría y control volvo



Fuente: <https://www.volvochile.cl/servicio/dynafleet/>

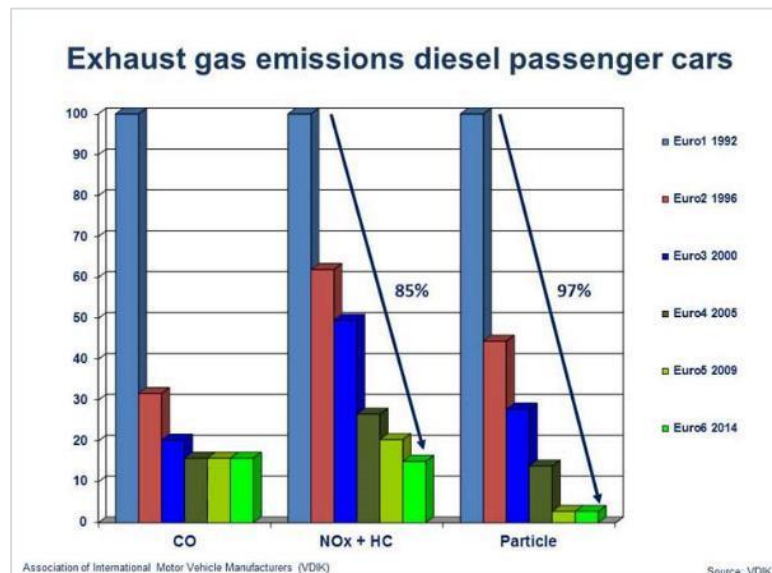
Con las características mencionadas anteriormente este vehículo tiene un costo aproximado entre los **US\$ 280.000 y 320.000 mil dólares**, esta variación depende del tipo de fabricante.

- **Motorización Diésel EURO VI:**

La normativa **EURO VI** para motorización a diésel entró en vigencia para vehículos en Europa desde el 2016. Sin embargo la normativa no ha sido implementado en Chile, se prevé que para el 2020 entre en

vigencia, lo cual sería de suma obligatoriedad para los nuevos vehículos y sin afectar la normativa EURO V que actualmente rige. Se determinó que el límite de (PM) emitidas por motores diésel para el EURO VI sería de 4,5mg/km.

Ilustración 6.3 Reducción de gases



Fuente: <http://www.vdik.de/departament/environment/european-exhaust-gas-emission-standards.html>

Los buses EURO VI están equipados con motor diésel de baja emisión y alta eficiencia. Tienen una alta capacidad de transporte de pasajeros, además de un bajo consumo de combustible por la alta tecnología de los motores. La principal novedad de la EURO VI se da en el filtro de partículas “**catalizador selectivo**”, también llamados SCR (*Selective Catalytic Reduction*).

Actualmente las flotas de buses con estándar EURO VI en Chile son específicamente para el transporte público, las empresas como volvo, mercedes, entre otros, proveen este tipo de vehículos. Sin embargo buses privados o de uso diferente al transporte público con este tipo de estándar no son ofrecidos actualmente en el mercado nacional, si bien si existen en el mercado internacional.

A continuación, se mencionarán los elementos básicos y otros adicionales de fábrica que pueden ser instalados dependiendo de los requerimientos de cada usuario.

- Control de carril.
- Alerta de colisión por alcance.
- Control electrónico de frenado y de estabilidad.
- Control inteligente de luces altas en carretera.
- Control de tracción ASR.
- Limitador de velocidad.
- Pantalla *eyewatch* con reconocimiento de señales de tránsito.
- Sistema de control de frenado EBS y ABS con cuatro acciones: freno de Servicio, retardador, freno de motor y caja de cambio.
- Sistema de control de estabilidad electrónico ESP.
- Sistema de ayuda en pendiente.
- Computadora de abordaje con diagnóstico de fallas.
- Suspensión neumática con control electrónico ECS.
- Regulador de nivel de suspensión KNR.
- *Alcoholímetro (Alcolock)*. "" opcional
- Tacógrafo electrónico.
- Potencia de motores entre los 320 y 370 CV.

6.2. Eléctricos

Los **Buses Eléctricos** que están siendo implantados a nivel mundial y en sistemas de transporte público masivos en Chile, principalmente porque no tiene un impacto al medio ambiente ni acústico. El bus eléctrico tiene la potencia y eficiencia necesaria para la ciudad, con gastos reducidos en carga y mantenimiento. Es también un bus que se disfruta al manejar: sin pedal de embrague ni caja de cambios.

Los vehículos eléctricos modernos tienen un rendimiento de **1km/kWh** siendo cuatro veces más eficiente, energéticamente y **dejara de consumir 1.400 de galones que uno diésel al mes.**

Ilustración 6.6 Bus eléctrico



Fuente: Elaboración propia

A continuación se menciona algunas características y requerimientos mínimos:

- Almacenamiento de batería de 324 kWh que se recargan de 2 a 3 horas.
- Autonomía de 200 a 280 kilómetros.
- Velocidad máxima 100 km/h.
- Cámaras de seguridad interna, movimiento y de retroceso.
- Control de velocidad.
- Aire acondicionado.
- Sistema de monitoreo de presión de neumáticos
- Regeneración de carga de sus baterías a través del frenado y desaceleración.
- Wifi integrado.
- Cargadores para teléfonos.

Requerimientos para una electrolinera:

- Potencia > 50kW = tiempo de carga 25 – 35 minutos.

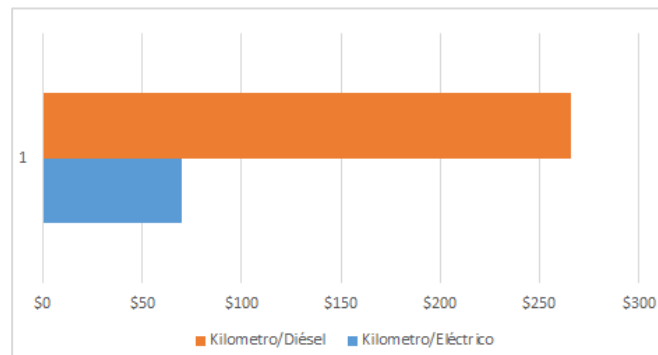
Ilustración 6.7 Ficha técnica bus eléctrico

BYD BYD AUTO Build Your Dreams		BYD BYD AUTO Build Your Dreams	
Especificaciones Técnicas BYD K9G			
DATOS DEL PRODUCTO			
Marca	BYD		
Modelo	K9G		
Tipo	Bus Urbano		
Categoría [clase]	M3 (Clase II)		
Combustible	Electricidad		
MOTOR			
	K9G-S	K9G-I	
Tipo de motor	AC síncrono de imanes permanentes		
Familia y Modelo	BYD 2912T2 XY-A		
Potencia máxima	150 kW x 2 (203 HP x 2)		
Torque	550 Nm x 2		
Autonomía	300 km		
Velocidad máxima (km/h)	80 km/h		
DIMENSIONES EXTERNAS			
	K9G-S	K9G-I	
Longitud total [mm]	12540 mm		
Ancho total [mm]	2550 mm		
Alto total [mm]	3411 mm		
Distancia entre ejes [mm]	6150 mm		
Voladizo delantero [mm]	2700 mm		
Voladizo posterior [mm]	3690 mm		
Trocha eje delantero [mm]	2110 mm		
Trocha eje posterior [mm]	1904 mm		
Ángulo de aproximación			
	8,5°		
Ángulo de salida			
	8,5°		
Altura mínima al suelo [mm]			
	153 mm		
Radio de giro [mm]			
	< 12000 mm		
PESOS Y CAPACIDADES			
	K9G-S	K9G-I	
Peso bruto vehicular [PBV] [kg]	19500 kg	19500 kg	
Peso en vacío [kg]	13850 kg	14130 kg	
Capacidad de carga [kg]	5650 kg	5370 kg	
Economía de combustible [km/kWh]	0,93 km/kWh		
Capacidad de pasajeros, de pie y sentados [incluye chofer]	De pie: 49 Sentados: 31 + 1 chofer		
Área útil disponible para pasajeros de pie [m ²]	8 m ²		
TRANSMISIÓN			
	K9G-S	K9G-I	
Marca	BYD		
Modelo	K9G		
Tipo	Motor en llanta sin caja de cambios		
Nº de marchas	3, Drive, Neutro y Retro		
Tracción	4x2 trasera		
SUSPENSIÓN			
	K9G-S	K9G-I	
Delantera	Suspensión neumática de cuatro enlaces		
Posterior	Suspensión neumática de cuatro enlaces		
DIRECCIÓN			
	K9G-S	K9G-I	
Descripción sistema	Sistema de dirección asistida hidráulica controlada electrónicamente		
FRENOS			
	K9G-S	K9G-I	
Delanteros	Descripción		
Marca	Knorr		
Tipo de Accionamiento	Freno de disco, freno neumático		
Posteriores	Descripción		
Marca	Knorr		
Tipo de Accionamiento	Freno de disco, freno neumático		
De Estacionamiento	Descripción		
Marca	Knorr		
Tipo de Accionamiento	Freno de resorte		
SISTEMAS ESPECIALES			
	K9G-S	K9G-I	
Asensor para silla de ruedas	NO	SI	

Fuente: BYD AUTO, 2018

El valor por kilómetro en Chile alcanza un **70% menos en la operación** a comparación de los buses convencionales diésel. El costo por kilómetro es de **\$70 pesos** para los buses eléctricos, mientras que para el bus tradicional se eleva a los **\$300 pesos** por kilómetro.

Ilustración 6.8 Costo kilómetro



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, el valor de cada vehículo asciende aproximadamente entre unos **US\$ 380.000 y 450.000 mil dólares**, esta **variación depende del tipo de fabricante y las especificaciones requeridas**.

6.3. Híbridos

El **Bus Híbrido** tiene una peculiar característica y es que combina 2 tipos de motorización, donde uno es motor de propulsión convencional (motor de combustión interna) y otro con un motor eléctrico. Este tipo de vehículo suele utilizar el sistema de propulsión de la siguiente manera, diésel-eléctrico o eléctrico-diésel.

Ilustración 6.9 Funcionamiento bus híbrido



Fuente: *Elaboración propia*

La utilización de este sistema puede proporcionar un ahorro con respecto a uno tradicional del **30% en los costes de operación, combustible** y un **50% en la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno** y de las diferentes **partículas**, así como en la **contaminación acústica**.

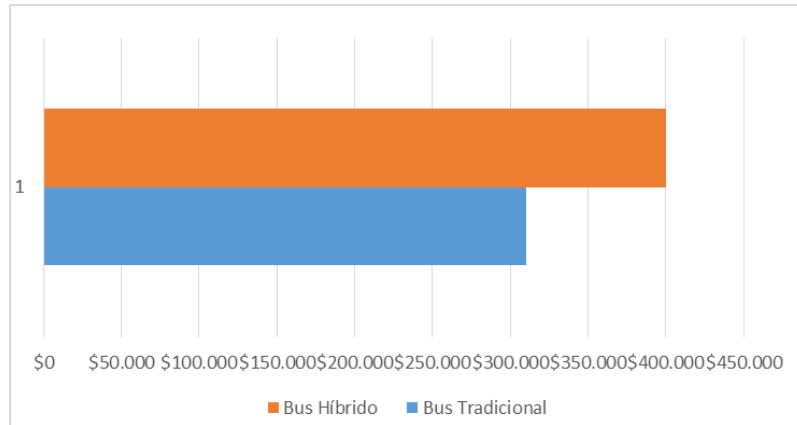
El método de arranque lo realiza el motor eléctrico, una vez se realice la descarga eléctrica y la velocidad supere los 20 km/h, comienza a funcionar el motor a diésel, hasta que el motor eléctrico se cargue y detenga nuevamente. Con la actual tecnología, este tipo de vehículo puede regenerar la energía de frenado a través de un generador, lo cual la energía producida por el frenado asciende a un 76% y con las baterías de almacenamiento poder reutilizar esta misma carga a través del motor eléctrico.

- Características principales

- Potencia motora (diésel 161kw (215hp), (eléctrico 120kw (160hp)).
- Batería de Ion de litio 2x225 ah.
- EBS – sistema de freno electrónico.
- ABS – control contra slip.
- ASR – control de tracción.
- Sensor de desgaste de pastilla.
- Asistencia de frenado de emergencia.
- Suspensión neumática electrónica.
- Barras estabilizadoras.
- Computador a bordo (diagnóstico de fallas, limitar de velocidad, velocidad promedio, tiempo de viaje, consumo de combustible, datos del vehículo, temperatura motora, potencia batería).
- Tacómetro y tacógrafo electrónico.
- *Limitador de velocidad.* ***opcional
- *Gerenciamiento de flota.* ***opcional
- *Casi piso bajo.* ***opcional

Un vehículo con esta tecnología fluctúa entre un **10% y 15% más caro a comparación de un vehículo de motorización tradicional**, por lo que el costo en el mercado de este tipo de vehículo varía entre los **US\$ 350.000 y 400.000 mil dólares**, esta variación depende del tipo de fabricante y las especificaciones requeridas.

Ilustración 6.10 Costo total bus



Fuente: Elaboración propia

6.4. Evaluación técnica de las alternativas

En este apartado se revisará la conveniencia de implementar motorización eléctrica en cada uno de los 3 modelos (sistema troncal, terminal único y terminales periféricos), considerando los kilómetros totales que recorrerá la flota en cada escenario.

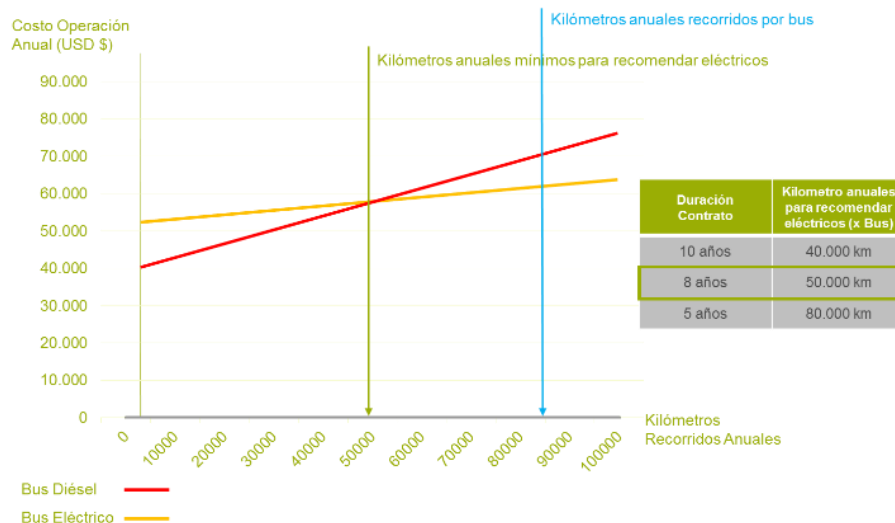
En líneas generales, la **inversión en un bus diésel es un 29% más barato** que en un bus eléctrico. Sin embargo, el **costo operacional es mayor** en el diésel. Por tanto, a partir de un determinado kilometraje anual y dependiendo de los años en que se requiera amortizar la inversión, se determinará el horizonte de kilometraje mínimo de tal forma que la electro-movilidad resulte interesante para la DCH. Para ello, se tendrá presente un horizonte de evaluación de **8 años para amortización de la inversión**.

- **Sistema Actual Optimizado**

En el caso de los buses principales, para una amortización en 8 años es necesario que la flota recorra al menos 50.000 kilómetros anuales.

En el modelo de operación con recorridos troncales, los buses recorren un estimado de 87.000 kilómetros anuales, por lo cual **es recomendable reemplazar y/o utilizar vehículos con motorización Eléctrica**, ya que se vuelve más rentable en la operación. En la siguiente ilustración se puede observar con más detalle:

Ilustración 6.11 Análisis electromovilidad – Buses – Sistema Actual Optimizado



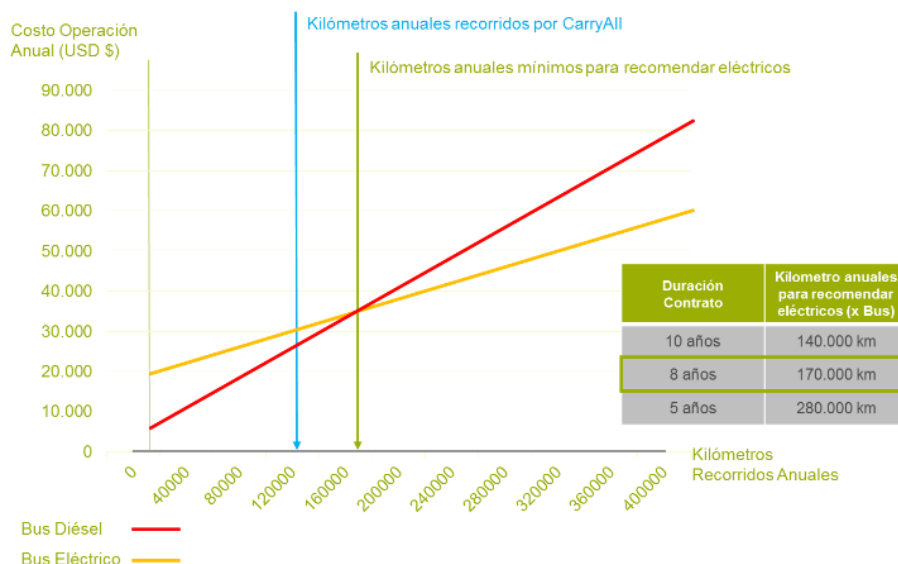
Fuente: Elaboración propia

En el caso de los vehículos tipo *carry all*, la inversión continúa siendo un 30% más barata el diésel que la eléctrica. Sin embargo, la diferencia de costos operacionales es mucho menos que en el caso de los buses,

lo cual requiere que para amortizar la inversión en un contrato a 8 años la flota deba recorrer al menos 170.000 kilómetros anuales.

En el caso del sistema troncal, los vehículos menores están recorriendo cada uno 125.000 kilómetros anuales, por lo tanto, **no resulta conveniente** implementarlos como vehículos eléctricos.

Ilustración 6.12 Análisis electromovilidad – Carryall – Sistema Actual Optimizado



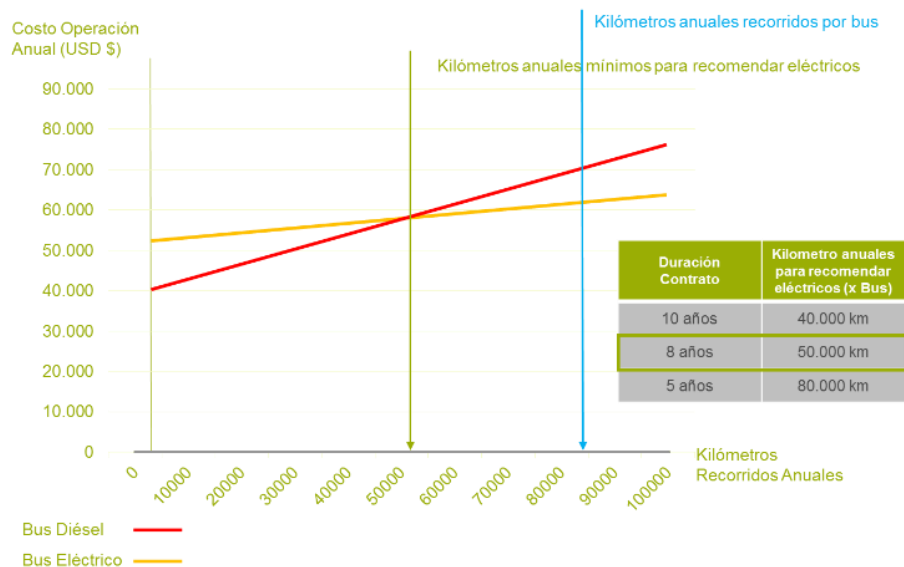
Fuente: Elaboración propia

- **Sistema Troncal**

En el caso de los buses principales, para una amortización en 8 años es necesario que la flota recorra al menos 50.000 kilómetros anuales.

En el modelo de operación con recorridos troncales, los buses recorren un estimado de 85.000 kilómetros anuales (considerando kilometraje comercial y vacío, ver E2 en Apartado 4.3.1 Resultados de escenarios de modelación), por lo cual **es recomendable reemplazar y/o utilizar vehículos con motorización Eléctrica**, ya que se vuelve más rentable en la operación. En la Ilustración 6.13. se puede observar con más detalle:

Ilustración 6.13 Análisis electromovilidad – Buses – Sistema Troncal

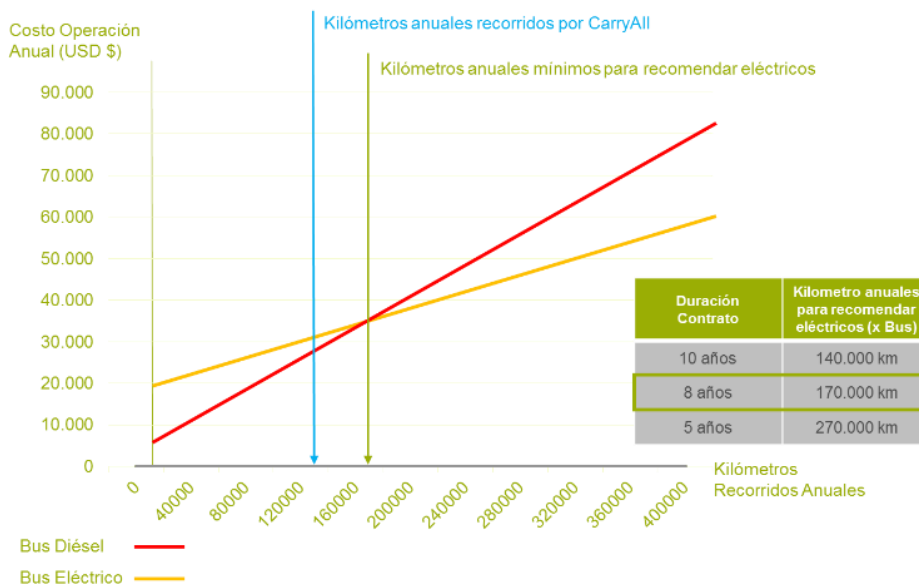


Fuente: Elaboración propia

En el caso de los vehículos tipo *carry all*, la inversión continúa siendo un 30% más barata el diésel que la eléctrica. Sin embargo, la diferencia de costos operacionales es mucho menos que en el caso de los buses, lo cual requiere que para amortizar la inversión en un contrato a 8 años la flota deba recorrer al menos 170.000 kilómetros anuales.

En el caso del sistema troncal, los vehículos menores están recorriendo cada uno 130.000 kilómetros anuales (considerando kilometraje comercial y vacío, ver E2 en Apartado 4.3.1 Resultados de escenarios de modelación), por lo tanto, **no resulta conveniente** implementarlos como vehículos eléctricos.

Ilustración 6.14 Análisis electromovilidad – Carryall – Sistema Troncal



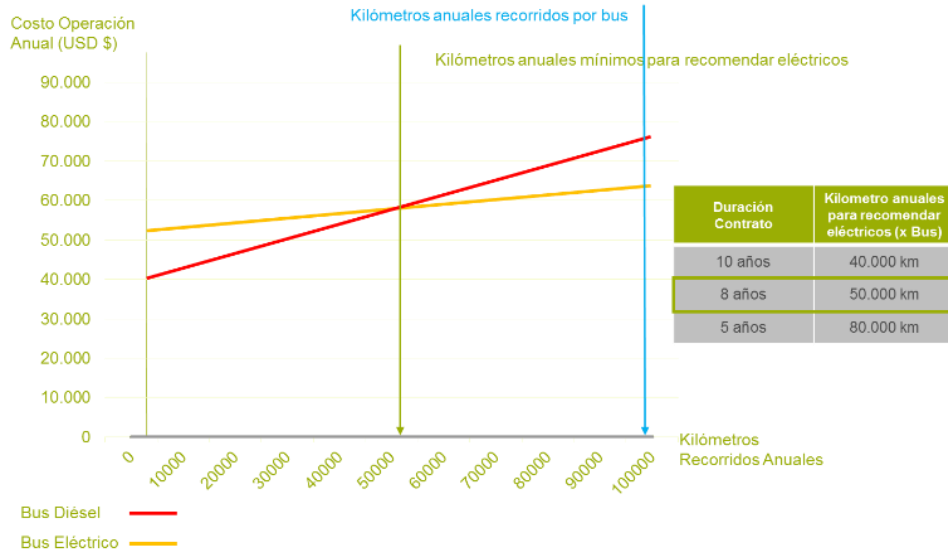
Fuente: Elaboración propia

- **Terminales Periféricos**

En el caso de los buses principales, para una amortización en 8 años es necesario que la flota recorra al menos 50.000 kilómetros anuales. En el modelo de operación con terminales periféricos, los buses recorren un estimado de 105.000 kilómetros anuales (considerando kilometraje comercial y vacío, ver E4 en Apartado 4.3.1 Resultados de escenarios de modelación), por lo cual **es recomendable reemplazar y/o**

utilizar vehículos con motorización Eléctrica, ya que se vuelve más rentable en la operación. En la Ilustración 6.15. se observa con más detalle.

Ilustración 6.15 Análisis electromovilidad – Buses – Terminales Periféricos

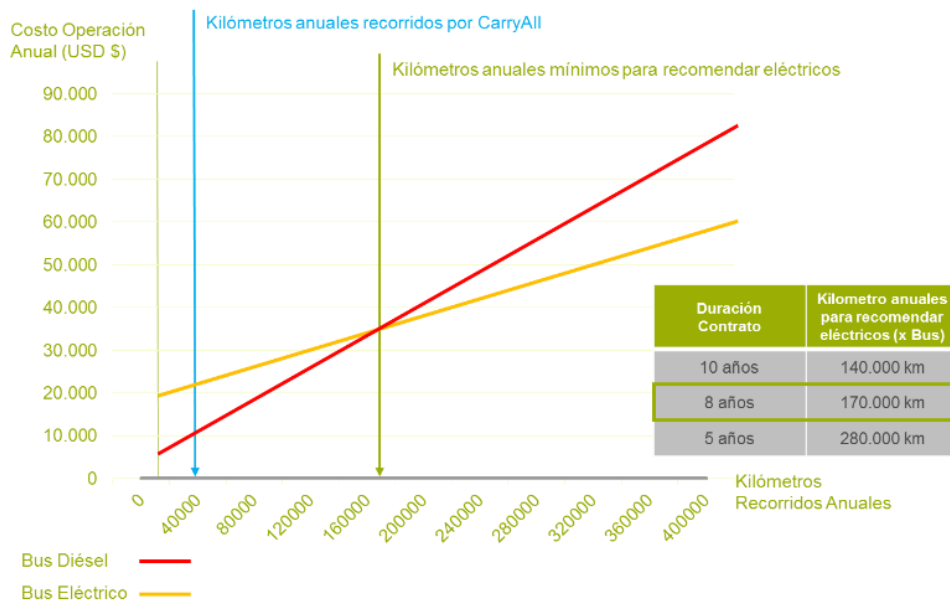


Fuente: Elaboración propia

En el caso de los vehículos tipo *carry all*, la inversión continúa siendo un 30% más barata el diésel que la eléctrica. Sin embargo, la diferencia de costos operacionales es mucho menos que en el caso de los buses, lo cual requiere que para amortizar la inversión en un contrato a 8 años la flota deba recorrer al menos 170.000 kilómetros anuales.

En el caso del sistema troncal, los vehículos menores están recorriendo cada uno apenas 40.000 kilómetros anuales (considerando kilometraje comercial y vacío, ver E4 en Apartado 3.3.1 Resultados de escenarios de modelación), por lo tanto, **no resulta conveniente** implementarlos como vehículos eléctricos.

Ilustración 6.16 Análisis electromovilidad – carry all – Terminales Periféricos



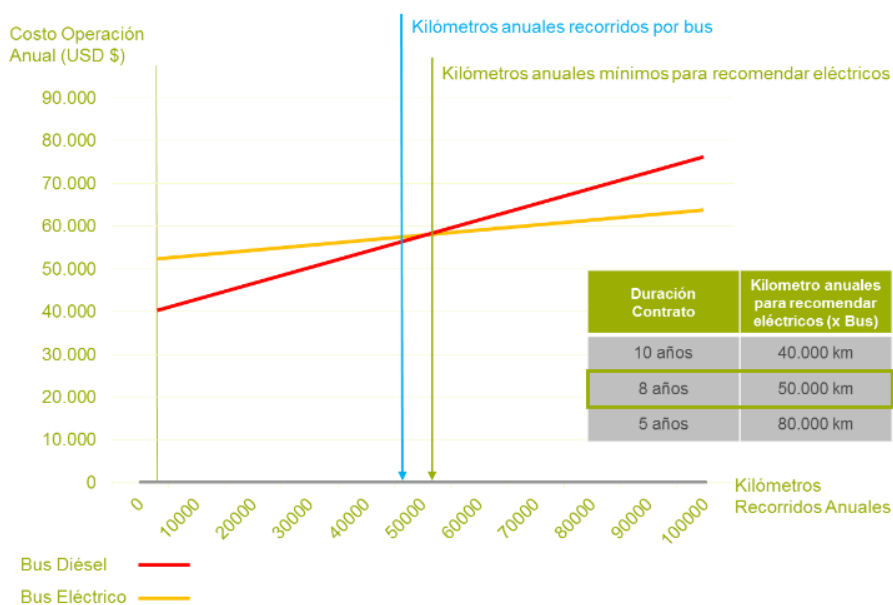
Fuente: Elaboración propia

- **Terminal Único**

En el caso de los buses principales, para una amortización en 8 años es necesario que la flota recorra al menos 50.000 kilómetros anuales.

En el modelo de operación con un Terminal Único, los buses recorren un estimado de 45.000 kilómetros anuales (considerando kilometraje comercial y vacío, ver E3 en *Apartado 4.3.1 Resultados de escenarios de modelación*), lo cual estaría **justo bajo el límite para poder llegar a ser rentable** su operación, siempre que se considere a 8 años la inversión. Si se desea amortizar la inversión en un mayor plazo, o si se aumentaran los kilometrajes recorridos, entonces sí podría llegar a ser rentable su implementación. En la Ilustración 6.17 se puede observar con más detalle:

Ilustración 6.17 Análisis electromovilidad – Buses – Terminal Único

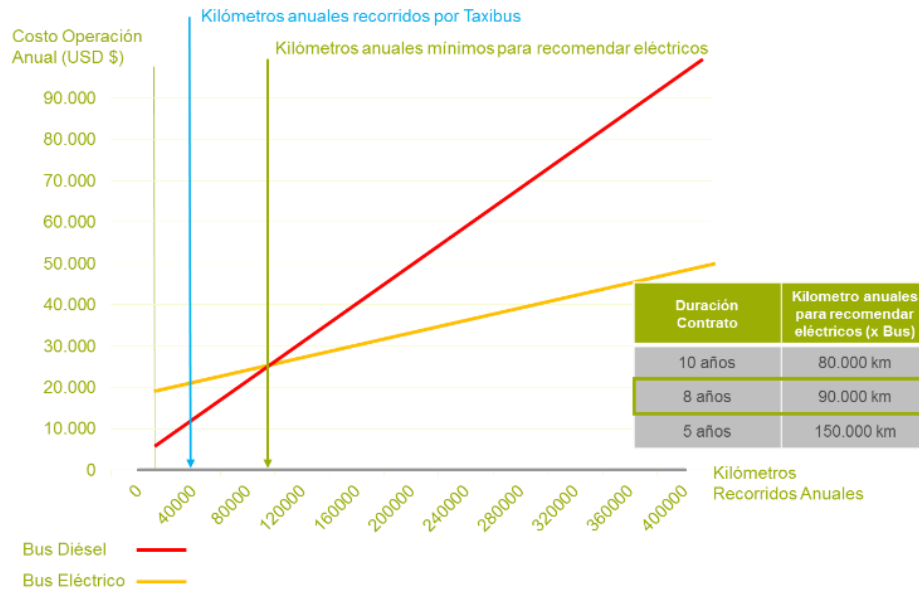


Fuente: Elaboración propia

En el caso de los vehículos tipo **taxibús**, la inversión continúa siendo un 30% más barata el diésel que la eléctrica. Sin embargo, la diferencia de costos operacionales es mucho menos que en el caso de los buses, lo cual requiere que para amortizar la inversión en un contrato a 8 años la flota deba recorrer al menos 90.000 kilómetros anuales.

En el caso del sistema troncal, los vehículos menores están recorriendo cada uno 40.000 kilómetros anuales (considerando kilometraje comercial y vacío, ver E2 en *Apartado 4.3.1 Resultados de escenarios de modelación*), por lo tanto, **no resulta conveniente** implementarlos como vehículos eléctricos.

Ilustración 6.18 Analisis electromovilidad – Taxibus – Terminal Único



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 7

7. Estrategia de implementación

7.1. Plan de implementación

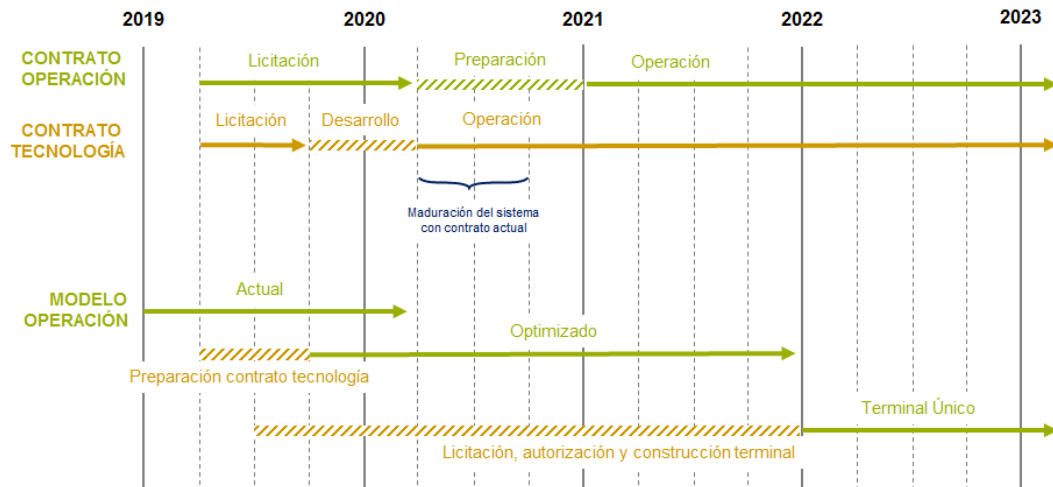
Se propone un **plan de implementación** para los próximos años considerando los tiempos de licitaciones, el análisis técnico y económico de los escenarios y las sinergias entre los contratos propuestos para operación y tecnología.

En primer lugar, es importante destacar los **tiempos requeridos para las licitaciones** de ambos contratos, y cómo se adaptan entre sí a los requerimientos del sistema de transporte.

La licitación y preparación del **nuevo contrato de operación** requiere entre 1,5 y 2 años, estimado para que empiece su operación a comienzos de 2021. El **contrato tecnológico**, sin embargo, requiere un tiempo total de implementación de 1 año (licitación de 6 meses y 6 meses de desarrollo y adaptación a las necesidades de DCH). Esta gestión de los tiempos permitiría que el contrato tecnológico entrara en operación con el proveedor actual, el cual ya constituye un sistema maduro en el que realizar los primeros pilotos o pruebas y corrigiendo funcionalidades, dejando el sistema plenamente funcionando para el nuevo contrato de operación 2021.

De acuerdo con lo indicado en el *Apartado 5.4 Recomendación de operación*, el escenario más favorable para la DCH es el **Terminal Único**, seguido del modelo optimizado. Dado que la implementación del Terminal requiere autorización para los terrenos y su posterior construcción, se recomienda partir implementando el **modelo actual optimizado** una vez se implemente el contrato tecnológico, mientras se desarrollan los permisos para implementación del terminal.

Ilustración 7.1 Plan de implementación



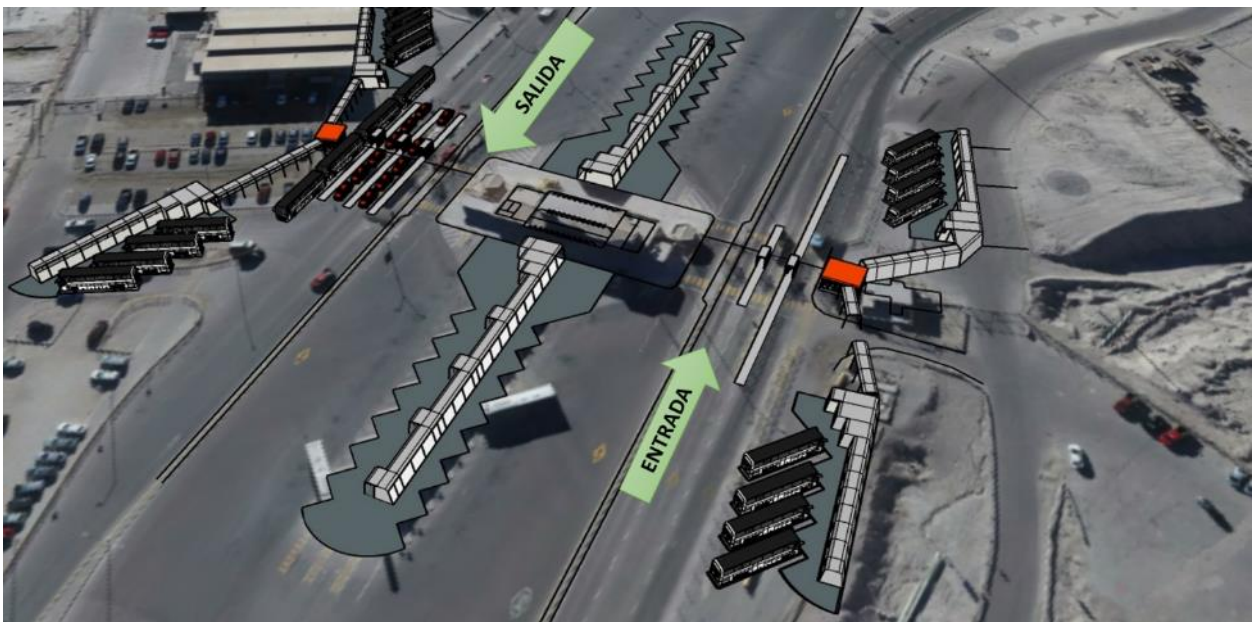
Fuente: Elaboración propia

7.2. Sincronización con otras iniciativas

Codelco actualmente está trabajando en algunos diseños de expansión para mejorar la eficiencia en las operaciones dentro y fuera de las áreas industriales, y con ello analizar diferentes opciones para mejorar la infraestructura donde el sistema de transporte liviano y pesado tiene la mayor relevancia. Dentro de la proyección de expansión en la infraestructura de la DCH estaría compuesta por la **ampliación de la puerta 2 y 4**.

La **Puerta 2** es una de las principales infraestructuras y acceso de la DCH, donde ingresa la mayor cantidad de vehículos, ya sean livianos o pesados, especialmente el transporte en buses de personal que labora en las distintas faenas.

Ilustración 7.2 Propuesta ampliación puerta 2



Fuente: Codelco 2018

Para ello, Codelco propone una ampliación de la puerta 2, donde el principal foco de trabajo estaría en la ordenación y estandarización de los **ingresos contratistas**, dándole mayor amplitud y eficiencia a sus operaciones. Con esta mejora se estaría reduciendo el tiempo de llegada a las diferentes áreas de trabajo,

mejor flujo vehicular y mejor seguridad y control tanto al personal como los diferentes tipos de vehículos que ingresa o egresa de las instalaciones de Codelco.

La **Puerta 4** es considerada la segunda puerta de acceso con un gran ingreso de personal y vehicular de la DCH, donde además es la puerta para la entrada a la Mina Subterránea. A diferencia de la puerta 2, por ella ingresan más cantidad de vehículos pesados y vehículos para el transporte de personal.

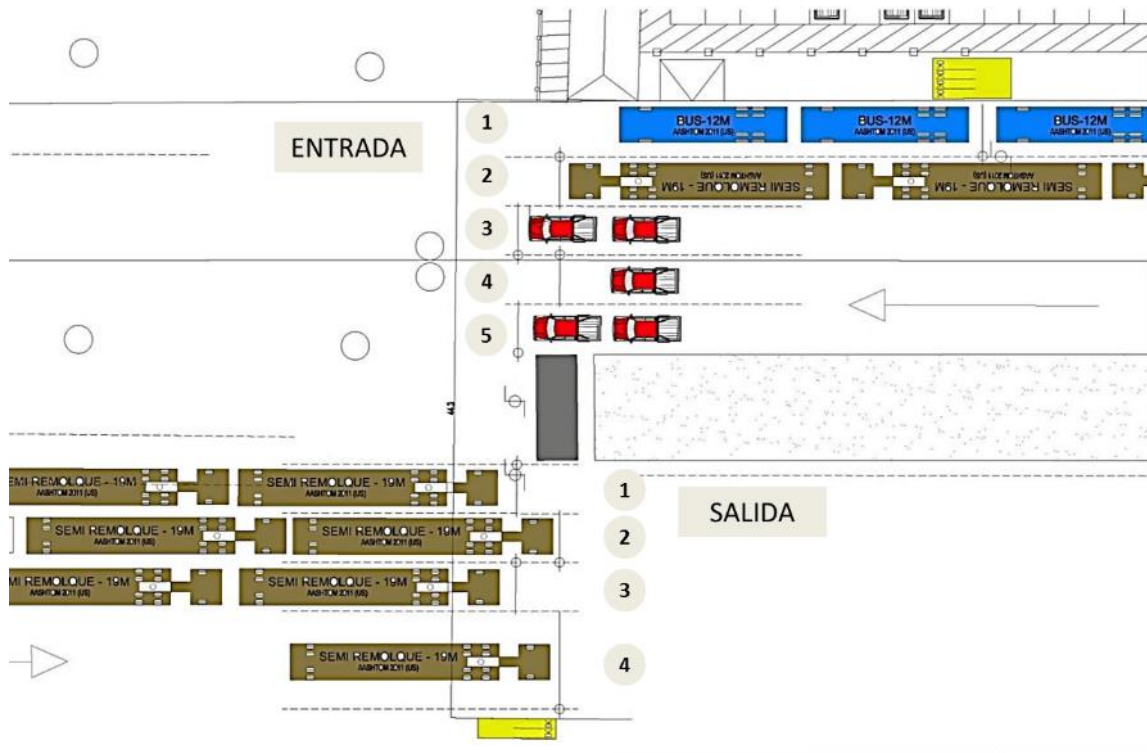
Ilustración 7.3 Alternativas de fusión Puerta 4 y acceso PMCHS



Fuente: Codelco 2018

Para la puerta 4 existen diferentes propuestas donde se estará integrando tanto el acceso a la **puerta 4** como el **acceso a PMCHS**. En la ampliación de la infraestructura se estarían realizando trabajos de habilitación de nuevas vías, pódicos, ensanche bandejón, entre otras. Actualmente existen 2 carriles de entrada y 2 carriles para la salida en la puerta 4, en esta ampliación se pretenden realizar 3 carriles más para un total de 5 carriles para la entrada y 2 carriles más para un total de 4 carriles para la salida.

Ilustración 7.4 Propuesta acceso puerta 4 y pmchs



Fuente: Codelco 2018

Según estimaciones de Codelco, la modificación de Puerta 2 y Puerta 4 tiene un presupuesto aproximado que asciende a **3.000.000 USD**.

Estas modificaciones tendrán impacto en **dos de los modelos de transporte**:

- Actual optimizado
- Troncal

En ambos casos, se considerará esta inversión ya que es necesaria para mejorar los niveles de servicio del servicio de transporte.

7.3. Definición del modelo contractual

7.3.1. Duración del contrato

Como se reseña en el *Anexo – 1 Operación Actual*, el contrato actual tiene una duración de 10 años el cual terminara en el primer trimestre del 2019. Para el próximo contrato de transporte de personal se recomienda una duración a **8 años**, dado que la experiencia internacional y mejores prácticas mundiales manejan promedios de 7 a 11 años, en los cuales duraciones de 7-8 años se adaptan al modelo óptimo para un sistema de transporte masivo.

Las empresas de transporte de personal deben satisfacer los siguientes puntos importantes:

- Cumplir con los tiempos de traslado del personal.
- Dar las comodidades necesarias para el confort de los pasajeros.
- Poseer el número y tipo de vehículos adecuados al servicio a prestar.
- Contar con la tecnología adecuada para el monitoreo y control de la flota.
- Dotar a los vehículos de las medidas de seguridad necesarias para preservar la integridad de los pasajeros.
- Contar con conductores calificados y en número suficiente para cumplir con el servicio sin exceder las horas de conducción máximas permitidas.

- Realizar una adecuada mantención de los vehículos para prevenir fallas mecánicas y preservar la seguridad de estos.
- Dotar al servicio de un vehículo de emergencia de asistencia en ruta para fallas mecánicas de los buses.
- Sus costos del servicio no deben escapar del mercado.
- Mejorar su servicio constantemente.
- Flexibilizar su servicio y flota.
- Trasparentar la información del servicio.
- Mejorar la eficiencia en todos los ámbitos de la empresa.

7.3.2. Estrategia con los oferentes

Teniendo presente el modelo actual del sistema de transporte y las características relevantes obtenidas del benchmarking se presentan algunas recomendaciones para enfrentar la nueva licitación de transporte.

Los **requisitos técnicos y administrativos** recomendados para cumplir los oferentes son los siguientes:

- Contar con flota propia de a lo menos 1000 buses, esto para garantizar al menos la flota disponible necesaria para operar al sistema actual de servicio de transporte de personal.
- Deseable contar con certificación ISO 39.001 en Seguridad Vial
- Tener al menos 30 años de experiencia con empresas, considerando que en base al benchmarking en promedio las empresas de buses tienen del orden entre 20 y 40 años de antigüedad.
- Contar con todas las comodidades en sus buses disponibles en el mercado.
- Utilizar tecnología de vanguardia en el monitoreo de buses y de sus choferes.
- Manejar un porcentaje de buses accidentados al año menor a 0,1%
- Considerando la experiencia única del operador para el actual servicio de Transporte de personal de la DCH, se preferirá que exista más de una empresa operando el sistema, para lo cual, dentro de la licitación se deberá separar la operación por módulos y licitar por separado, generando incompatibilidades entre adjudicaciones.
- Se recomienda especial atención a los criterios de evaluación de los participantes en la licitación.
- Se recomienda hacer periódicamente estudios de mantención a la flota de buses y que esta información esté disponible para gestión de Codelco.

7.3.3. Fórmula de pago

La operación del servicio se pagará, en general, en forma mensual de acuerdo con la cantidad de equipos operados medidos de acuerdo con los kilómetros recorridos y a los servicios realizados.

Los servicios, según la modalidad de precios unitarios, se medirán y pagarán mensualmente de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 7.1. Turnos supervisores

Unidad Tarifaria	Ítem	Forma de Pago
\$/Mes	Gastos General	
\$/Mes	Bus Carry-all / Minibuses Carry-all / Minibuses (salacuna) Suburban Taxibuses escolar Camionetas	Buses y Carry-all/Minibuses se pagan según <i>peak</i> efectivamente utilizado. Resto de los equipos se pagan según flota contratada (N° equipos-mes)
\$/Día	Bus Carry-all/Minibuses Taxibuses escolar	Tarifa para servicios ocasionales

\$/Kilómetro	Bus Carry-all / Minibuses Carry-all / Minibuses (salacuna) Suburban Taxibuses escolar Camionetas	Tarifa por kilómetros efectivamente realizados
--------------	---	--

Fuente: Codelco

- *Tarifa Mensual por Gastos Generales*
Corresponde a un monto fijo mensual referido a los Gastos Generales en los términos y condiciones establecidas en el contrato.
- *Tarifa Mensual por Vehículo*
Es un precio por cada vehículo, por cada mes calendario en que este preste servicio, diferenciado por tipo de vehículo.
- *Tarifa Diaria por Vehículo*
Es un precio unitario diario por vehículo, mientras realice un Servicio Ocasional. Consecuentemente existirá una tarifa diferenciada por tipo de vehículo: Bus, Carry-all/Minibuses, Taxibuses escolar.
- *Tarifa por Kilómetro*
Corresponde a un precio unitario por cada kilómetro efectivamente recorrido por la flota de vehículos. Asimismo, se establecen algunas recomendaciones asociado a los componentes de costo, su evolución y la reajustabilidad a lo largo del tiempo.

Análisis – componentes de costos

- Los costos de inversión por tipo de bus deberían ser estimados considerando una buena predicción de tamaño de flota y características de vehículo, esto dentro del horizonte de operación planificado, así como los factores de ajustes relevantes y significativos.
- Dentro de las variables que influyen en el costo de transporte, se puede mencionar el costo de combustible, mano de obra, mantención y otros, así como la reajustabilidad en un periodo de tiempo.
- Costos por pasajero transportado efectivamente 'loggeado' (registrado en el sistema) así como los km vacío-registrados dentro del sistema.

Análisis – evolución Modelo de Pago

- El actual modelo de pago de Codelco ha mantenido la estructura básica de sus componentes, costos fijos y variables, siendo más representativo el costo fijo. Esto ha ocurrido debido a que el proveedor actual genera una estructura de precios con una alta componente fija y un variable mucho menor. Se recomienda solicitar a los nuevos oferentes mayor transparencia a los costos fijos y efectivamente declarar en el variable el kilometraje, choferes, gasolina, mantención etc.

Análisis – Reajustabilidad en el tiempo

- El modelo de pago puede sufrir reajustes en el tiempo, básicamente asociados a eventualidades que puedan afectar a la operación del servicio de transporte del personal, tales como incremento en la demanda que implique incorporación de nueva flota, variación en precios de combustibles y precio del dólar. Todo ello puede repercutir en el diseño de la fórmula de pago.

7.3.4. Modelo de multas

Dependiendo de las características, gravedad y lo reiteradas infracciones cursadas, el administrador de contrato de la división estará facultado para aplicar amonestación o multas al contratista. La división aplicara la siguiente cantidad de UF dependiendo de la gravedad:

- Infracciones Menores Graves: 1, 2 y 3 UF.
- Infracciones Mediana Graves: 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 UF.
- Infracciones Graves: 11, 12, 14, 16, 18 y 20 UF.

Así mismo se aplicará un **factor de multa** que se aplicara si la empresa contratista sea infraccionado en meses consecutivos indistintamente si la multa no es la misma. El rango de factor es el siguiente:

- Primer mes de incumplimiento. Factor = 1
- Segundo mes consecutivo de incumplimiento. Factor = 1,5
- Tercer mes consecutivo de incumplimiento. Factor = 2
- Cuarto mes y siguientes consecutivos de incumplimiento Factor = 3

Se aplicarán **multas por incumplimiento** excesivo en el horario del servicio, es decir, por retrasos mayores a los 10 minutos, verificado por GPS, en el inicio de cualquiera de los servicios contratados, salvo que éste se deba a un caso fortuito o fuerza mayor, según calificación exclusiva de Chuquicamata. Las multas serán equivalentes al triple del costo de un hombre/día de trabajo por cada persona atrasada, Si no existiese reloj control en algún punto terminal, la multa operará conforme a evidencias objetivas que recabará Chuquicamata en su oportunidad.

El costo de un hombre/día será equivalente en moneda de curso legal a US\$ 55 (dólar estadounidense observado) para el caso de los supervisores Rol "A" y de US\$ 15, misma moneda, para el caso de cualquier otro pasajero que no sea Rol "A", teniéndose como base el valor que la citada divisa tenga en moneda nacional al cambio de referencia promedio del mes en que ocurra el atraso. La multa por atraso se descontará automáticamente de la liquidación de pagos del mes siguiente al del mes en que éste se produjo.

Se aplicarán multas por las siguientes causales:

- a) Falsear datos de importancia relevante en el manifiesto correspondiente al viaje, especialmente cantidad de pasajeros.
- b) No cumplir con las especificaciones del viaje, tales como: punto inicio del recorrido, paraderos y/o recorridos.
- c) Maltrato comprobado de choferes a pasajeros.
- d) No cerrar el manifiesto con el número final de boleto cortado en los lugares establecidos por DCH en el caso del Servicio Principal.
- e) No inicializar el conductor el sistema de control de acceso.
- f) No iniciar/cerrar viaje en consola de control de flota.

Estas multas serán equivalentes al producto de multiplicar el triple de la cantidad de kilómetros en el servicio cuestionado, por la tarifa variable por kilómetro vigente en el mes de ocurrencia del evento, más un treintavo de la tarifa fija mensual vigente, ambos correspondientes al vehículo sancionado, en el caso del Servicio Principal y en los servicios denominados regulares del Complementario, o la tarifa fija diaria, en el caso de servicio ocasionales del Complementario.

Las multas serán descontadas al Transportista automáticamente de la liquidación de pagos del mismo mes.

7.3.5. Elaboración de Bases Técnicas

En este apartado se puede observar el índice que contempla las Bases Técnicas para el servicio de transporte de personal de la DCH.

Ilustración 7.5 Índice Bases Técnicas

1. Introducción
2. Objetivos
3. Glosario
4. Alcances y modelo de servicio
- ▷ 5. Antecedentes generales
- ▷ 6. Infraestructura de operación actual
- ▷ 7. Demanda actual
- ▷ 8. Operación actual de la empresa de transporte
- ▷ 9. Operación propuesta
- ▷ 10. Descripción técnica de los equipos
- ▷ 11. Personal para la operación
- ▷ 12. Seguridad, medio ambiente y calidad para el servicio
- ▷ 13. Control documental
- ▷ 14. Forma de pago
- ▷ 15. Seguros

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 8

8. Análisis de otras alternativas

Como aproximación a otros sistemas de transporte para el traslado de personal de la División, se ha realizado un análisis de otras opciones de medios de transporte factibles como son: el modo tren y teleférico cuyas características relevantes se resume a continuación.

8.1. Ferrocarril

En el contexto de este estudio, se considera como alternativa un tren de cercanías, un **ferrocarril de corto alcance** que transporte diariamente a los trabajadores, entre el centro de la ciudad y la DCH. Para estos servicios de cercanías se utilizan trenes diseñados especialmente para ello. Disponen de un gran número de puertas, de mayor anchura y doble hoja. El espacio interior es preparado para acoger a un gran número de viajeros de pie y sin espacio especialmente dedicado al equipaje.

Ilustración 8.1. Tren de cercanías, España



Fuente: renfe.com

El análisis de transporte de personas a través de un sistema ferroviario considera las siguientes características:

- Capacidad máxima: depende del número de vagones, los que suelen ser hasta 12. Por tanto cada tren puede transportar de 1000 a 2200 pasajeros.
- Velocidad promedio de operación: 45 a 65 km/h. El recorrido Calama – Puerta 2 (15kms) se realizaría en aproximadamente 20 minutos, similar al transporte por carretera.
- Vida útil proyectada: Superior a 40 años.
- Costo de inversión: En infraestructura 20.000.000 US\$/km y 6.000.000 US\$ por vehículo. En el caso de DCH, actualmente ya existe una línea férrea que conecta la ciudad con la División, pero que está dedicada al transporte de carga. En el caso de que se implementara infraestructura ferroviaria nueva de estas características su costo podría ascender a 300 millones de dólares. Sin embargo, la infraestructura viaria actual pudiera llegar a reutilizarse con una readecuación de su estándar, cuyo dimensionamiento requiere de un análisis de ingeniería mayor.
- Costo de operación y mantenimiento: el costo de operación de este sistema ronda a 3 US\$/km recorrido y el de mantenimiento asciende a los 1.200.000 USD\$/año.
- Considerando un promedio de 40 viajes diarios de 25 kilómetros, el ferrocarril recorrería 365.000 kms al año, con un costo de operación de 1.100.000 USD\$/año.

Por lo tanto, dados los elevados costes de implementación de vía nueva, si el acceso se realiza por Puerta 2 no resulta atractiva la inversión. En caso de implementarse un sistema de transporte para **mina subterránea, se debe realizar una evaluación de detalle** para mejorar el estándar de la vía.

Los costos de inversión inicial serían de al menos 6.000.000 USD para el tren y un costo anual de 2.300.000 USD\$/año para su operación. Esto no considera inversión ni mantención en infraestructura, lo cual pudiera amplificar enormemente la inversión necesaria y que debiera ser revisado en un estudio de factibilidad de mayor alcance.

8.2. Teleférico

El teleférico es un sistema de transporte aéreo constituido por **cabinas colgadas y fijas** a una serie de cables que se encargan de hacer avanzar a las unidades a través de las estaciones, puntos donde se realiza la subida y bajada de los usuarios.

Ilustración 8.2. Teleférico de Caracas, Venezuela



Fuente: digital58.com.ve

El análisis de transporte de personas a través de un sistema teleférico considera las siguientes características:

- Capacidad máxima, depende del tipo de cabina y su frecuencia. Los teleféricos de mayor capacidad alcanzan una cadencia de una cabina cada 12 segundos, con capacidad de hasta 10 personas por unidad. Esto permite una capacidad máxima de 3.000 pax / hora y sentido.
- Longitud: para identificar como referencia, uno de los teleféricos más largos del mundo tiene 13 kms de longitud (Venezuela – Mukumbarí). La distancia en línea recta que separa Calama (Recrea tu Vida) hasta la Puerta 2 es de 13,4 kms, que considerando el ajuste del trazado a la orografía pudiera ascender a los 15-16 kms de longitud.
- Velocidad de operación: hasta 20 kms / hora, el recorrido Calama – Puerta 2 (15kms) se realizaría en aproximadamente 45 minutos.
- Diferencia de cota: Los teleféricos son más adecuados cuando se utilizan para salvar grandes diferencias de altura, recomendados desde al menos 300 metros para un teleférico de gran capacidad
- Costo de inversión: Los costos de inversión en un teleférico de gran capacidad se sitúa en torno a los 6.000.000 USD / km. En el caso de Chuquicamata, un teleférico de estas características pudiera llegar a costar en torno a los 90 millones de dólares
- Costo de mantenimiento: el costo de mantenimiento para un teleférico de estas características (alta capacidad) asciende a los 2.000.000 USD / km, que en el caso de Chuquicamata ascendería a 30 millones de dólares anuales.

Por lo tanto, dada la gran distancia existente entre Calama y la zona industrial, los elevados tiempos de traslado (velocidad de 20 kms / h) y los elevados costos de inversión y mantención debido a su longitud, **la alternativa de teleférico se descarta** como medio de movilización para el personal de la DCH.

9. Conclusión

Codelco y la división Chuquicamata están en un proceso de cambio, que hace que nos volvamos a plantear la gestión de los contratos transversales de servicios, en esta tesis, se ha revisado el modelo actual del servicio de transporte de personal y se puede concluir que el modelo actual, no es el más eficiente, para esto se ha revisado las diferentes propuestas, y recomiendo, a largo plazo que el mejor Modelo Técnico de Operación, es el de Terminal Único, ya que es el que mayor aporte genera en valor agregado a la División (mejor evaluación multicriterio), mejor beneficio deja como inversión y es el más dinámico para adaptarse a la nueva demanda de la mina subterránea.

Sin embargo, hasta la fecha de habilitación del terminal único, se recomienda partir con el Modelo de Situación Actual Optimizada, para lo cual se requiere como herramienta fundamental los sistemas tecnológicos de control, operación y supervisión, que optimicen los contratos asociados al servicio de transporte de personal para la DCH, incorporando la Mina Chuquicamata Subterránea y considerando un ahorro en este servicio.

Durante el proceso de esta tesis se logró recabar la información de la operación actual con el detalle requerido, así como las cantidades de vehículos de personal de empresas colaboradoras (buses, camionetas y minibuses).

Para cuantificar la demanda futura se utilizó el plan de negocios y desarrollo de la DCH, se incluyó al equipo de la mina subterránea para una mejor proyección, sin embargo durante el proceso de esta tesis hubo cambios del vector dotacional que no afectaron el análisis realizado, además se tomó en consideración las flexibilidades del modelo respecto de los cambios dotacionales.

El mercado ofrece variadas alternativas para el transporte de personal, son relevantes las tecnologías respecto del control de flota, de personal al subir a los buses y las de control de fatiga y somnolencia, las que combinadas logran dar solución a muchas actividades que se realizan con personal propio, encontrando otra oportunidad de optimizar la organización que presta el servicio actualmente. Las funcionalidades recomendadas de este sistema tecnológico se enumeran a continuación:

1. Identificación y control de los trabajadores.
2. Planificación de la operación.
3. Monitorización de la operación.
4. Gestión de incidencias.
5. Gestión de Estados de Pago.
6. Aplicación móvil.

Durante esta tesis se analizaron catorce escenarios de operación, incluyendo dos alternativas con medios de transporte diferentes, dejando en claro que el mejor medio de transporte para el personal de la DCH, son los buses, los escenarios que mayor beneficio aportan a la organización son los que incorporan la demanda de las empresas colaboradoras. Para lograr la incorporación de las EECC al servicio, se propone que durante el proceso de licitación del nuevo servicio, la dirección de abastecimiento incorpore en todos los procesos de licitación de servicios permanentes, la valorización del servicio de transporte, de modo que podamos ir incorporando al servicio los contratos que por este ítem tengan mayor costo que el podemos ofrecer nosotros.

De la valorización de los escenarios también se desprende que la incorporación de tecnología al contrato por sí sola, agregaría solo un poco más de 1,3 millones de dólares en ocho años, respecto de la situación actual.

Se descubrió que la base de direcciones del personal propio no correspondía a la realidad, y un registro depurado es necesario para asegurar que los recorridos sean los óptimos, para esto se propone lanzar campaña de actualización de las direcciones de todos los trabajadores sumado a la incorporación de aplicación móvil y la identificación y control de los trabajadores, que en conjunto aportarán información necesaria para optimizar la base con que se desarrollarán y perfeccionarán continuamente los recorridos.

La propuesta efectuada en esta tesis, corresponde al análisis técnico y económico de los escenarios propuestos, considerando las condiciones inherentes a la DCH. Los análisis realizados indicaron que el

escenario de troncales presentó un mejor VAN (29 millones de dólares respecto del modelo actual), no obstante el análisis económico no incorpora condiciones de borde como la distancia que deberían recorrer los trabajadores para llegar a los paraderos, que en algunos casos llegó a ser superior a 600 metros. Dada la relevancia que es asignada por los usuarios del servicio y las condiciones climáticas de la ciudad de Calama, se desestima continuar con este escenario. Finalmente el escenario propuesto es el de Terminal único con acercamiento, que presenta un VAN de 19 millones de dólares respecto del modelo actual, evaluado con una tasa de ocho por ciento (utilizada en Codelco) y a un horizonte de 8 años, que corresponde a la duración propuesta para el contrato de este servicio. La TIR no fue considerada en el análisis, debido principalmente que al ser este un servicio que la DCH debe prestar por convenio colectivo, se buscó agregar valor respecto de la situación actual.

Las evaluaciones de las motorizaciones indica la adquisición de vehículos diésel, que cumplan con las especificaciones mínimas del ECF 21 y que incorporen los nuevos estándares de seguridad presentes en el mercado, sin embargo la electromovilidad es más rentable en el modelo actual optimizado, donde los kilometrajes recorridos por los buses son suficientes para amortizar la inversión inicial más elevada de los vehículos. En el caso del modelo de terminal único, el kilometraje está en el límite de la rentabilidad, pero si los vehículos parten en modelo actual optimizado es posible sobrepasar el límite de la rentabilidad positiva. Respecto de los vehículos autónomos, estos se encuentran aún en un estado tecnológico muy incipiente, con desarrollos en fases de prueba y vehículos de tamaño menor. Además, la infraestructura urbana presenta aún carencias importantes para apoyar en la seguridad de su operación. Esta tecnología podría estar más madura para el siguiente periodo de operación.

Por lo tanto, para materializar la propuesta realizada, se recomienda iniciar los procesos de licitación para los servicios de arriendo, operación y de sistemas tecnológicos, además de extender los contratos actuales para asegurar la continuidad del servicio. Los contratos de arriendo y operación tienen plazos mayores de implementación, por lo que iniciar el servicio de sistemas tecnológicos antes que los otros dos, generará una transición pausada entre los servicios actuales y futuros. Además permitirá realizar los modelos técnicos para la incorporación de los trabajadores de empresas colaboradoras al servicio, hecho fundamental para aumentar la productividad y la rentabilidad de este proyecto.

10. Bibliografía

1. Codelco, Memoria anual año 2017.
2. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, Estrategia de electromovilidad en Chile, documento en consulta, año 2017.
3. Richard B. Chase, Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros 13ava edición, McGraw-Hill, año 2013.
4. Aristo Consultores Ltda., Construcción Terminal Rodoviario, ciudad de Cañete, año 2015.
5. J. Current, M. Daskin and D. Schilling. "Discrete Network Location Models". En Facility Location: Application and Theory, editado por Z. Drezner and H.W. Hamacher, Springer Verlag, Berlin, pp. 81-118. 2002.
6. J.-F. Cordeau, G. Laporte, M.W.P. Savelsbergh and D. Vigo. "Vehicle Routing". En Transportation, editado por C. Barnhart, G. Laporte. Handbooks in Operations Research and Management Science. Vol. 14. North Holland, Amsterdam, pp. 367-428. 2007.
7. Juan de Dios Ortúzar Salas, Modelos de Demanda de Transporte, Eds. Universidad Católica de Chile, año 2012.
8. Sociedad Concesionaria Intermodal La Cisterna S.A., Memoria anual año 2016.