



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

APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MULTICRITERIO PARA
PROYECTOS DE LA EMPRESA DE FERROCARRILES DEL ESTADO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

FRANCISCO IGNACIO MUENA LARA

PROFESOR GUÍA:

EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

RAÚL URIBE DARRIGRANDI

JOSÉ MIGUEL CRUZ GONZÁLEZ

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Centro de Finanzas del
Departamento de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Chile.

SANTIAGO DE CHILE

AÑO 2017

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial

POR: Francisco Ignacio Muenala Lara

FECHA: Año 2017

PROFESOR GUÍA: Eduardo Contreras Villablanca

APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA MULTICRITERIO PARA PROYECTOS DE LA EMPRESA DE FERROCARRILES DEL ESTADO

En este trabajo se propone una metodología de priorización de proyectos para EFE, que desarrolla negocios en transporte de pasajeros y carga (participaciones de mercado del orden del 4%). Actualmente, se encuentra en un plan de expansión en el segmento de pasajeros.

En este contexto, surge la necesidad de priorizar con más criterios además de VAN y TIR (usados como filtro de factibilidad). El tipo de proyectos justifica el uso de metodologías multicriterio, al ser necesario incorporar factores cualitativos y cuantitativos más allá de lo económico.

Se usará Analytic Hierarchy Process (AHP), que transforma mediciones y percepciones del tomador de decisiones en una única escala de comparación entre alternativas, resultando una jerarquía de criterios con el objetivo de priorizar la cartera de proyectos, en base a un puntaje obtenido con el método.

Los criterios de decisión son: seguridad y eficiencia, económico y financiero, social y viabilidad del proyecto, distribuidos en dos variantes: proyectos evaluados al mínimo costo y costo-beneficio. En ambos casos, el criterio de seguridad y eficiencia es el más relevante, lo cual es coherente con lo declarado por EFE. El modelo también captura factores operativos y tácticos, como proyectos de emergencia e incorpora como filtros de ordenamiento la antigüedad del proyecto en la cartera y la etapa en que se encuentra.

Los resultados del modelo son robustos ante variaciones en las ponderaciones de criterios estratégicos ("Social" y "Seguridad y eficiencia"). Se privilegian proyectos de reparaciones de puentes (mínimo costo) y mejoras en las condiciones de operación (costo-beneficio); los proyectos de expansión de pasajeros quedan en una segunda línea de importancia.

Finalmente, se propone utilizar el método Analytic Network Process para lograr mayor precisión, o bien, normalizar las métricas de una manera no lineal.

Dedicatoria

Esto va dedicado a todas aquellas personas que se sientan atormentadas y vean todo como un imposible.

Este trabajo es el reflejo de años de estudio, sacrificios, es un compendio de momentos tanto buenos (y buenísimos) como malos (y malísimos).

Independiente de la circunstancia, siempre hay un camino por seguir y una meta por lograr, teniendo eso en mente, no existen límites.

Dedicado a mi hermosa familia, con todo mi amor.

Agradecimientos

A mi familia y a Dios por guiarme en este camino lleno de aprendizajes.

En particular a mi mamá y papá por enseñarme a luchar por las cosas que quiero con honestidad y bondad y por sacrificarse tanto por sus mí y mi hermano. Gracias por darme todo, sin ustedes no estaría aquí.

A mi hermano Nicolás, mi gran compañero de vida y de aventuras, espero sigas siendo mi gran apoyo por siempre.

A mis amigas y amigos, que me han acompañado en distintos momentos de mi vida, tanto en las buenas como en las malas, ya sea quienes ahora están presentes como aquellos que no tanto. Guardo los mejores recuerdos de ustedes, y espero que sigamos sumando lindas experiencias de vida.

A la gente de EFE, particularmente a Darío, Viviana, Domingo, por su buena disposición para recibir mis inquietudes y otorgarme toda la información que necesité, a Enrique, quien fue mi contraparte y con quien me relacioné desde el primer día, agradecer su buena disposición y preocupación por mi trabajo. También agradecer a todos los Gerentes por el tiempo que se dieron para participar en la encuesta de percepciones.

A mi profesor guía, Eduardo Contreras, quien me dio guía segura y confiable desde el primer día de trabajo y tuvo la mejor disposición para con mi trabajo, mención especial para la profesora Sara Arancibia, quién me apoyó en una etapa importante en mi trabajo.

A los profesores de la sección de Finanzas, William, Carlos y Javier por sus aportes en la primera parte de mi memoria, y a los profesores de la sección de Evaluación de Proyectos, Gerardo, Manuel y Raúl por sus valiosos aportes en la segunda parte de mi memoria.

Al Centro de Finanzas, por financiar parte de mi trabajo.

Tabla de contenido

Índice de figuras	ix
Índice de tablas.....	x
1. Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Presentación del tema	1
1.2. Caracterización de la empresa	3
1.2.1. Antecedentes	3
1.2.2. Visión.....	4
1.2.3. Misión	4
1.2.4. Valores.....	4
1.2.5. Estructura organizacional.....	4
1.2.6. Actividades principales	5
1.2.7. Situación actual de la empresa	10
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Alcances	14
1.5. Metodología	15
2. Capítulo 2: Marco conceptual	16
2.1. Evaluación multicriterio	17
2.1.1. Aspectos importantes.....	18
2.1.2. Clasificación de técnicas multicriterio	19
2.2. Métodos de determinación de ponderadores	22
2.2.1. AHP	22
2.2.2. Método de la entropía	25
2.2.3. CRITIC	25
2.3. Métodos de agregación de ponderadores	26
2.3.1. Compromise Programming (CP).....	26
2.3.2. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)	27
2.3.3. Weighted Product Method (WPM).....	28

2.3.4.	Weighted Sum Method (WSM)	28
2.4.	Elección de métodos a utilizar	29
2.4.1.	Determinación de ponderadores	29
2.4.2.	Agregación de ponderadores	31
3.	Capítulo 3: Proyectos de EFE	32
3.1.	Ciclo de vida	32
3.2.	Gerencia de proyectos	34
3.3.	Planes trienales	34
4.	Capítulo 4: Modelo de priorización.....	37
4.1.	Elección del panel de expertos.....	37
4.2.	Consideraciones del modelo y diccionario de criterios y subcriterios a utilizar	37
4.2.1.	Modelo para proyectos evaluados al mínimo costo	41
4.2.2.	Modelo para proyectos evaluados con costo-beneficio	44
4.3.	Aplicación del modelo de priorización	47
4.3.1.	Definición de métricas e indicadores a utilizar	49
4.3.2.	Obtención de datos	56
4.3.3.	Procesamiento de datos.....	60
4.3.4.	Entregables a empresa	63
4.4.	Ponderación de criterios y subcriterios.....	64
4.4.1.	Modelo para proyectos evaluados al mínimo costo	65
4.4.2.	Modelo para proyectos evaluados con costo-beneficio	69
5.	Capítulo 5: Resultados.....	72
5.1.	Priorización para proyectos evaluados al mínimo costo	78
5.2.	Priorización para proyectos evaluados con costo-beneficio	82
5.3.	Análisis de sensibilidad	86
5.3.1.	Variante de mínimo costo	87
5.3.2.	Variante de costo-beneficio	90
6.	Capítulo 6: Conclusiones.....	94
6.1.	Conclusiones generales.....	94
6.2.	Conclusiones específicas	98
6.3.	Recomendaciones	102

7.	Capítulo 7: Glosario	104
8.	Capítulo 8: Bibliografía	105
9.	Capítulo 9: Anexos.....	108
	Anexo A: descripción empresas filiales de EFE	108
	Anexo B: valores del índice aleatorio de AHP	111
	Anexo C: comparación de ponderadores locales para cada nivel jerárquico, variante de mínimo costo.....	111
	Anexo D: resumen ponderadores locales y globales para criterios y subcriterios, variante de mínimo costo.....	112
	Anexo E: comparación de ponderadores locales para cada nivel jerárquico, variante de costo-beneficio.	112
	Anexo F: resumen ponderadores locales y globales para criterios y subcriterios, variante de costo-beneficio.	114
	Anexo G: número de proyectos según existencia de ficha IDI.	115
	Anexo H: clasificación de proyectos según RATE MDS.	115
	Anexo I: listado de proyectos a priorizar, PT 2014-2016	115
	Anexo J: resumen análisis de sensibilidad, variante mínimo costo.	117
	Anexo K: análisis de sensibilidad variante mínimo costo: criterio de seguridad y eficiencia.	118
	Anexo K.1: +1%	118
	Anexo K.2: -1%	118
	Anexo K.3: +5%	119
	Anexo K.4: -5%	119
	Anexo K.5: +10%	120
	Anexo K.6: -10%	120
	Anexo L: análisis de sensibilidad variante mínimo costo: criterio social. .	121
	Anexo L.1: +1%.....	121
	Anexo L.2: -1%.....	121
	Anexo L.3: +5%.....	122
	Anexo L.4: -5%.....	122
	Anexo L.5: +10%.....	123
	Anexo L.6: -10%.....	123
	Anexo M: variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio de seguridad y eficiencia, variante mínimo costo.	124

Anexo M.1: +1%	124
Anexo M.2: -1%	124
Anexo M.3: +5%	125
Anexo M.4: -5%	125
Anexo M.5: +10%	126
Anexo M.6: -10%	126
Anexo N: variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio social, variante mínimo costo.....	127
Anexo N.1: +1%	127
Anexo N.2: -1%	127
Anexo N.3: +5%	128
Anexo N.4: -5%	128
Anexo N.5: +10%	129
Anexo N.6: -10%	129
Anexo O: resumen análisis de sensibilidad, variante costo-beneficio.....	130
Anexo P: análisis de sensibilidad variante costo-beneficio: criterio de seguridad y eficiencia.	131
Anexo P.1: +1%	131
Anexo P.2: -1%	132
Anexo P.3: +5%	133
Anexo P.4: -5%	134
Anexo P.5: +10%.....	135
Anexo P.6: -10%.....	136
Anexo Q: análisis de sensibilidad variante costo-beneficio: criterio social.	137
Anexo Q.1: +1%	137
Anexo Q.2: -1%	138
Anexo Q.3: +5%	139
Anexo Q.4: -5%	140
Anexo Q.5: +10%	141
Anexo Q.6: -10%	142
Anexo R: variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio de seguridad y eficiencia, variante costo-beneficio.....	143

Anexo R.1: +1%	143
Anexo R.2: -1%	144
Anexo R.3: +5%	145
Anexo R.4: -5%	145
Anexo R.5: +10%	146
Anexo R.6: -10%	146
Anexo S: variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio social, variante costo-beneficio	147
Anexo S.1: +1%	147
Anexo S.2: -1%	147
Anexo S.3: +5%	148
Anexo S.4: -5%	149
Anexo S.5: +10%	149
Anexo S.6: -10%	150

Índice de figuras

FIGURA 1: ORGANIGRAMA EFE	5
FIGURA 2: PASAJEROS TRANSPORTADOS EN EL PERIODO 2012-2015 Y PROYECCIONES HASTA 2020	7
FIGURA 3: CARGA TRANSPORTADA POR EFE 2012-2015, SEGMENTADAS POR ACTIVIDAD INDUSTRIAL.....	8
FIGURA 4: ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO	21
FIGURA 5: ESCALA DE SAATY PARA COMPARACIÓN DE CRITERIOS	23
FIGURA 6: CICLO DE VIDA DE PROYECTOS DE EFE	33
FIGURA 7: ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN TRIENAL DE EFE	36
FIGURA 8: ESQUEMA DE FLUJO PARA LA PRIORIZACIÓN DE UN PROYECTO DE EFE.....	39
FIGURA 9: OBJETIVO GENERAL Y PRIMER NIVEL DE CRITERIOS PARA EL CASO DE ESTUDIO DE EFE.....	40
FIGURA 10: ESTRUCTURA CON CRITERIOS Y SUBCRITERIOS PARA EL CASO DE ESTUDIO DE EFE, VARIANTE MÍNIMO COSTO	43
FIGURA 11: ESTRUCTURA CON CRITERIOS Y SUBCRITERIOS PARA EL CASO DE ESTUDIO DE EFE, VARIANTE COSTO-BENEFICIO	47
FIGURA 12: FUNCIÓN DE NORMALIZACIÓN DE MÉTRICAS CRECIENTE.....	62
FIGURA 13: FUNCIÓN DE NORMALIZACIÓN DE MÉTRICAS DECRECIENTE.....	63
FIGURA 14: PONDERACIONES AGREGADAS PARA CRITERIOS DE VARIANTE DE MÍNIMO COSTO	68
FIGURA 15: PONDERACIONES AGREGADAS PARA CRITERIOS DE VARIANTE COSTO-BENEFICIO	71

Índice de tablas

TABLA 1: INGRESOS DE EFE EN SEGMENTO DE PASAJEROS 2015 Y VARIACIONES RESPECTO A 2014	8
TABLA 2: INGRESOS EFE SEGMENTO DE CARGA 2015 Y VARIACIONES RESPECTO A 2014 .	9
TABLA 3: INGRESOS DE INVIA 2015 Y COMPARACIÓN RESPECTO A 2014	10
TABLA 4: ASIGNACIÓN DE RECURSOS DEL PLAN TRIENAL 2014-2016 A LOS DIFERENTES TIPOS DE PROYECTOS DE EFE.	11
TABLA 5: FUENTES DE FINANCIAMIENTO DE EFE PARA EL PLAN TRIENAL 2014-2016 ...	12
TABLA 6: TOMADORES DE DECISIONES ENTREVISTADOS	48
TABLA 7: DEFINICIÓN FACTOR DE SEGURIDAD EN PROYECTOS DE EFE	50
TABLA 8: IMPACTO DE INCIDENCIAS EN PROYECTOS DE EFE.	53
TABLA 9: VALORACIONES PARA COMPLEJIDAD MEDIO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EFE.	53
TABLA 10: ESPECIALIDADES INVOLUCRADAS EN PROYECTOS DE EFE.	53
TABLA 11: DEFINICIONES PARA CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA.	54
TABLA 12: VALORES DEFINIDOS PARA KNOW-HOW DE EFE.	55
TABLA 13: DEFINICIÓN PARA TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE EFE.....	55
TABLA 14: RESUMEN DE MÉTRICAS A UTILIZAR PARA CRITERIOS TERMINALES	55
TABLA 15: ORIGEN DE DATOS Y SUPUESTOS USADOS PARA CADA MÉTRICA.	58
TABLA 16: DISTRIBUCIÓN DE PROYECTOS TIPO DE EVALUACIÓN.....	74
TABLA 17: TIEMPOS DE EJECUCIÓN PROYECTOS PT 2014-2016, CARTERA COMPLETA. ..	74
TABLA 18: CUARTILES PARA COSTOS, CARTERA COMPLETA.....	75
TABLA 19: TIEMPOS DE EJECUCIÓN PROYECTOS PT 2014-2016, VARIANTE DE MÍNIMO COSTO.	76
TABLA 20: CUARTILES PARA COSTOS, VARIANTE DE MÍNIMO COSTO.	76
TABLA 21: TIEMPOS DE EJECUCIÓN PROYECTOS PT 2014-2016, VARIANTE DE COSTO-BENEFICIO.	77
TABLA 22: CUARTILES PARA COSTOS, VARIANTE DE COSTO-BENEFICIO.	77
TABLA 23: PONDERACIONES GLOBALES, VARIANTE DE MÍNIMO COSTO	79
TABLA 24: PRIORIZACIÓN PARA PROYECTOS DE MÍNIMO COSTO, PT 2014-2016.	82
TABLA 25: PONDERACIONES GLOBALES, VARIANTE DE COSTO-BENEFICIO	83
TABLA 26: RESULTADOS PRIORIZACIÓN COSTO-BENEFICIO, PT 2014-2016	85
TABLA 27: RESUMEN ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD, RANKING VARIANTE MÍNIMO COSTO....	89
TABLA 28: RESUMEN DE VARIACIÓN DE PONDERACIONES EN CRITERIOS TERMINALES, VARIANTE MÍNIMO COSTO.	90
TABLA 29: RESUMEN ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD, RANKING VARIANTE COSTO-BENEFICIO.	92
TABLA 30: RESUMEN DE VARIACIÓN DE PONDERACIONES EN CRITERIOS TERMINALES, VARIANTE COSTO-BENEFICIO.	94

1. Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se definirán los aspectos estructurales de este trabajo, partiendo por el contexto (lo cual involucra presentar el tema y la empresa en la cual se está realizando), para luego pasar a definir los objetivos y alcances.

El presente trabajo de memoria se realizó en la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE), a través del convenio de memorias con el Centro de Finanzas del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile. Solamente se hablará de EFE, pues será el lugar en donde se generarán los impactos de este trabajo.

El presente informe será desarrollado de la siguiente manera: en el Capítulo 1 se dará el contexto del trabajo a realizar, incluyendo la caracterización de la empresa y los objetivos de trabajo; en el Capítulo 2 se abordarán las principales técnicas de evaluación multicriterio usadas y se justificará la elección de una de ellas; en el Capítulo 3 se da a conocer más en detalle el ciclo de vida de los proyectos de EFE y su clasificación de acuerdo a programas; en los Capítulos 4 y 5 se desarrolla la metodología multicriterio a los proyectos de EFE, definiendo el modelo a utilizar (Capítulo 4) y los resultados de la priorización (Capítulo 5). Finalmente, en el Capítulo 6 se muestran las conclusiones del trabajo y recomendaciones para la empresa.

Por último, en el Capítulo 7 se muestra el glosario con las siglas utilizadas a lo largo de este documento; en el Capítulo 8 la bibliografía y en el Capítulo 9 los Anexos.

1.1. Presentación del tema

La Empresa de los Ferrocarriles del Estado (Grupo EFE), es una persona jurídica de derecho público y constituye una empresa autónoma del Estado, dotada de patrimonio propio. Se rige por el DFL N° 1 del 3 de agosto de 1993, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), que fijó el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley Orgánica de la Empresa [1].

Además del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, EFE se interrelaciona con el Ministerio de Desarrollo Social (MDS), para la aprobación de sus proyectos, con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), en aquellos proyectos que requieren pasar por la etapa de impacto ambiental, a cargo del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y con el Ministerio de Hacienda, para la asignación de recursos estatales, quedando sujeta a la regulación y fiscalización del SII.

El trabajo de la empresa se guía por su visión estratégica, la cual define qué dirección deben seguir sus proyectos, en miras de cumplir su misión y visión.

EFE separa sus proyectos en planes trienales, los cuales son presentados al Estado de Chile para su aprobación. En dichos planes, se incluyen proyectos de todo tipo y en sus diferentes fases, abarcando todos los negocios de la empresa.

Naturalmente, no todos los proyectos dentro de un plan trienal pueden ser ejecutados en simultáneo, dado el escenario de escasez de recursos presente en la empresa, además de, en algunos casos, restricciones de capacidad operativa¹. Esto plantea la permanente necesidad de priorizar los recursos de la empresa.

Actualmente no existe una forma de priorizar los proyectos en EFE, los proyectos del plan trienal se ejecutan en orden de llegada (siempre y cuando tengan indicadores económicos como VAN y TIR aceptables), lo cual no es necesariamente el mejor escenario. El único principio que rige la selección de proyectos a ejecutar es el cumplimiento de las obligaciones legales de la empresa, lo cual se ve reflejado en proyectos de seguridad vial y mantención de infraestructura ferroviaria.

La amplia gama de proyectos que desarrolla EFE, hace necesaria la inclusión de variables que van más allá de lo económico y lo cuantitativo, lo cual da espacio al análisis multicriterio. A modo de ejemplo, proyectos emblemáticos

¹ Situación que se da en proyectos de gran envergadura. Por ejemplo: no se puede ejecutar el proyecto Rancagua Express y Santiago-Melipilla pues el mercado no dispone de la mano de obra especializada suficiente.

como la mantención del ramal Talca-Constitución se ejecutan debido a la fuerte componente social que tiene presente. Esto sumado a la actual manera en la cual se ordenan los proyectos a ejecutar, hace necesario el desarrollo de una herramienta que ayude a EFE a priorizar sus proyectos dentro de sus planes trienales.

La herramienta a desarrollar, por lo tanto, servirá de pauta para dar a EFE un orden al momento de ejecutar los proyectos de su cartera.

1.2. Caracterización de la empresa

En esta sección, se caracterizará a la empresa en cuanto a sus antecedentes, aspectos estratégicos, actividades y su situación actual en términos económicos y métricas operativas.

1.2.1. Antecedentes

EFE es una empresa estatal creada en 1884, cuando se estatizaron todas las vías existentes hasta ese momento. Para la fecha de creación de la empresa, los viajes en ferrocarril tenían poco más de 30 años de data (el primer viaje fue realizado en 1851 entre Caldera y Copiapó).

Posterior a su creación, se fueron consiguiendo hitos, como la electrificación de las vías entre Santiago y Valparaíso en 1913, o la expansión natural de la empresa, que la llevó a tener más de 30.000 empleados en las décadas posteriores. Sin embargo, desde la década de 1950, la industria ferroviaria entró en un periodo de decadencia, tendencia que se mantuvo hasta mediados de la década de 1990, en donde los esfuerzos estatales se concentraron en la búsqueda del resurgimiento de EFE.

Actualmente, EFE tiene una red de aproximadamente 2.200 kilómetros de vías, y 1.300 trabajadores, y separa sus operaciones en dos grandes grupos: transporte de carga y transporte de pasajeros [1].

1.2.2. Visión

Ser apreciados por entregar la mejor experiencia de servicio y por constituirnos en un eje estructurante del transporte en la articulación de soluciones integrales, contribuyendo de manera sostenible al desarrollo social y económico del país; y así lograr una participación significativa en transporte de carga y pasajeros [1].

1.2.3. Misión

“Ser un referente en el transporte de pasajeros y carga, que conecta territorios y entrega la mejor experiencia a sus usuarios a través de un servicio seguro y confiable; comprometido con el medio ambiente y las comunidades, para contribuir de manera sostenible al desarrollo social y económico del país” [1].

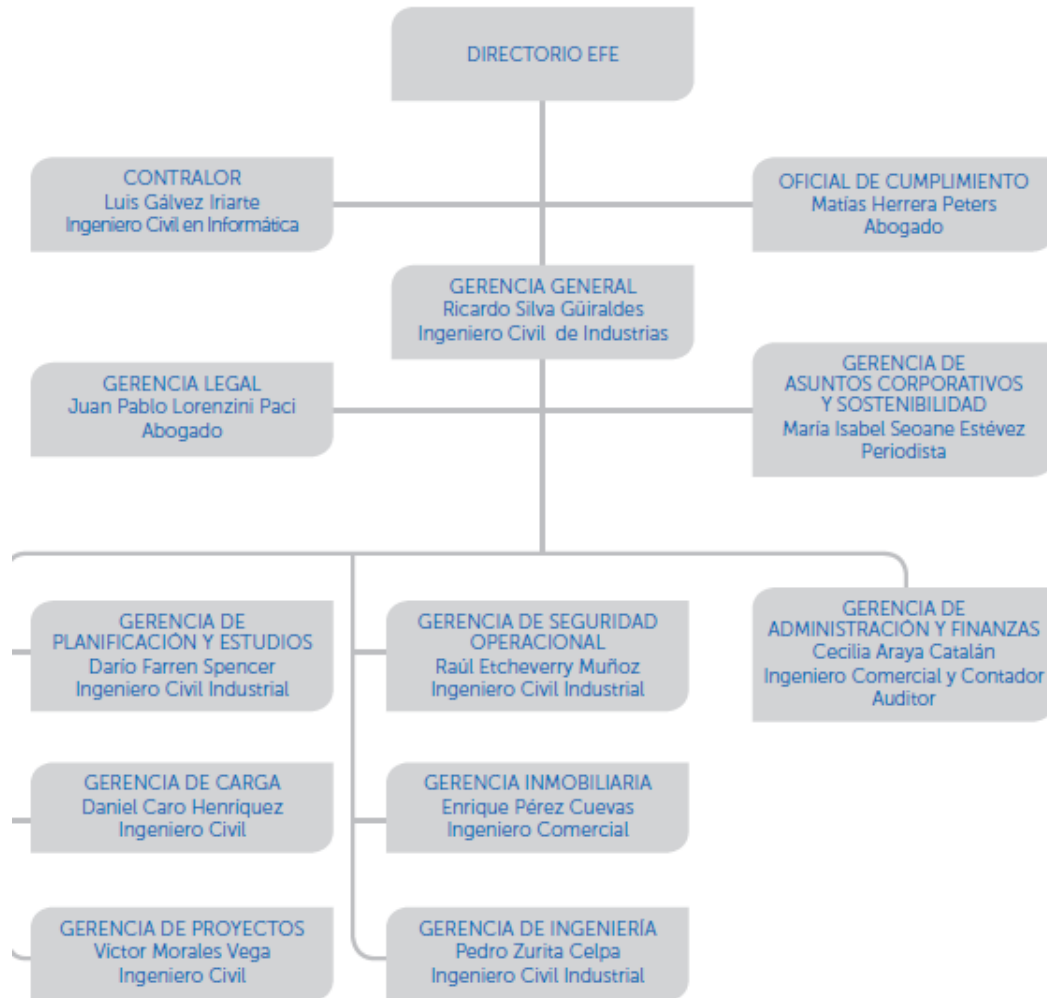
1.2.4. Valores

- Actitud de servicio con nuestros clientes, empresas de transporte de carga y de pasajeros, y también, con nuestros compañeros de trabajo.
- Responsabilidad y compromiso con la misión, los principios y el quehacer de la empresa.
- Probidad y transparencia.
- Excelencia, eficiencia y productividad.
- Creatividad e Innovación para lograr los mejores resultados [1].

1.2.5. Estructura organizacional

A nivel organizacional, EFE se rige por un directorio, del cual dependen las distintas gerencias, lo cual se puede ver con mayor claridad en la *Figura 1*. El lugar de incidencia del trabajo a realizar será la Gerencia de Proyectos, a través de Enrique Moraga, quien es el Subgerente de dicha área.

Figura 1: organigrama EFE



Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

1.2.6. Actividades principales

Las principales actividades de la empresa se separan en: transporte de pasajeros y transporte de carga.

Para el transporte de pasajeros, EFE separa sus actividades en distintas filiales, las cuales se enuncian a continuación (para más detalles, ver *Anexo A*):

1. Metro Valparaíso.
2. Tren Central.
3. Fesur.

Mientras que, para el transporte de carga, la separación es:

1. Ferrocarril Arica-La Paz.
2. Fepasa.
3. Transap.

Además, destaca la presencia de Invia, empresa mediante la cual se gestionan los bienes inmobiliarios de EFE.

Transporte de pasajeros

Este segmento es el que está concentrando los mayores esfuerzos por parte de la empresa, con un foco en el desarrollo de proyectos de conectividad suburbana en las 3 principales ciudades del país: Santiago, Concepción y Valparaíso.

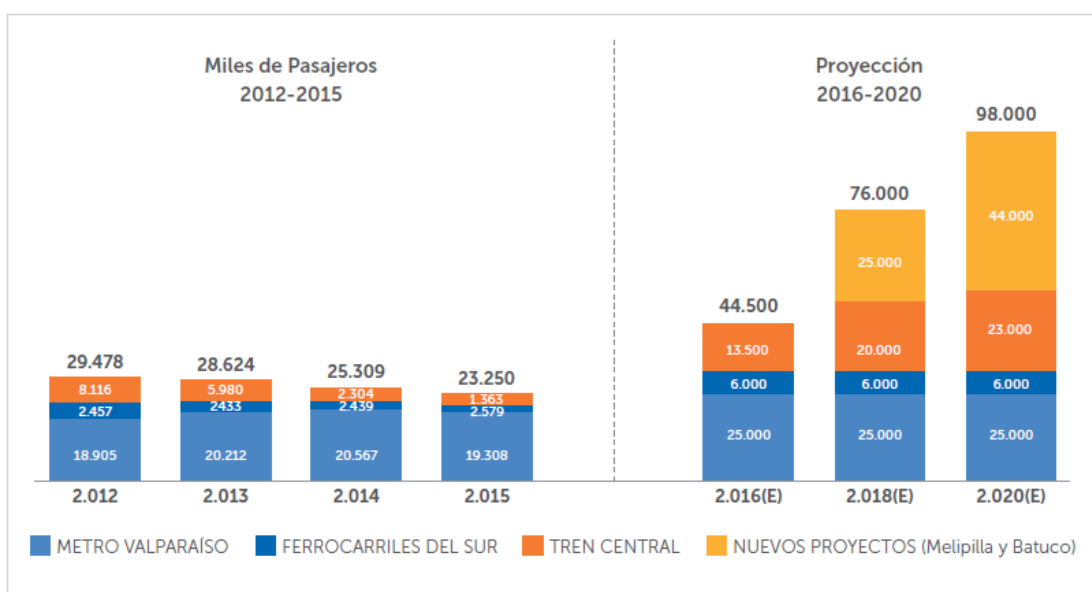
En la *Figura 2* se puede ver la evolución en el total de pasajeros transportados, en donde se nota una tendencia a la baja desde 2012, pasado de 29,5 millones de pasajeros transportados durante ese año, hasta 23 millones en 2015. Una explicación para esto es el inicio de los trabajos en las vías para los proyectos Santiago – Nos y Rancagua Express, lo que significó una menor disponibilidad de las mismas para su normal uso, traduciéndose en una menor oferta disponible.

Esta explicación se valida al ver la distribución de pasajeros transportados según filial: Metro de Valparaíso ha mantenido su cantidad de pasajeros transportados en un rango que varía entre 18 y 20 millones de pasajeros,

mientras que Tren Central ha reducido fuertemente sus cifras, pasando de 8 millones en 2012, a poco más de 1 millón de pasajeros transportados en 2015.

Las proyecciones apuntan que, para 2020, se alcanzarán 98 millones de pasajeros transportados, teniendo Tren Central la mayor expansión, con los proyectos de conectividad de Santiago con diferentes zonas cercanas (Melipilla y Batuco). Notar que Metro de Valparaíso también tiene un alza proyectada, con la extensión hasta La Calera, y Fesur también prevé un aumento de su capacidad, con la extensión del Biotren hasta Coronel.

Figura 2: pasajeros transportados en el periodo 2012-2015 y proyecciones hasta 2020



Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

En términos de ingresos, se puede ver en la *Tabla 1* una disminución del 3% en los ingresos (647 millones de pesos menos percibidos), los cuales se explican directamente por la disminución de pasajeros transportados, en especial, la disminución experimentada por Tren Central en el tramo Santiago – San Fernando, que disminuyó sus ingresos en un 42%, y la cantidad de pasajeros transportados en un 46% entre 2014 y 2015.

Tabla 1: ingresos de EFE en segmento de pasajeros 2015 y variaciones respecto a 2014

FILIAL / SERVICIO	AL 31 DE DICIEMBRE 2015 MS	AL 31 DE DICIEMBRE 2014 MS	VARIACION INGRESOS		PASAJEROS TRANSPORTADOS		INGRESO POR PASAJERO (INCLUYE SUBSIDIOS)		
			MS	VAR '15 / '14	2015 MILES	VAR '15 / '14	2015 S	VAR '15 / '14	
TOTALES	20.476.905	21.124.468	(647.563)	-3%	23.250	-8%			
TREN CENTRAL	Santiago - Chillán	2.263.884	2.409.152	(145.269)	-6%	227	-10%	9.963	4%
	Talca - Constitución	398.731	405.839	(7.108)	-2%	62	-4%	6.456	2%
	Santiago - San Fernando	1.339.064	2.316.482	(977.418)	-42%	1.074	-46%	1.247	7%
	Trenes Turísticos	271.962		271.962					
METRO VALPARAÍSO	Merval	13.151.018	13.066.797	84.221	1%	19.308	-6%	681	7%
FESUR	Corto Laja	2.145.798	2.014.580	131.219	7%	611	10%	3.512	-3%
	Fesur	626.111	575.479	50.632	9%	1.466	11%	427	-2%
	Victoria - Temuco	280.337	336.139	(55.802)	-17%	502	-10%	558	-7%

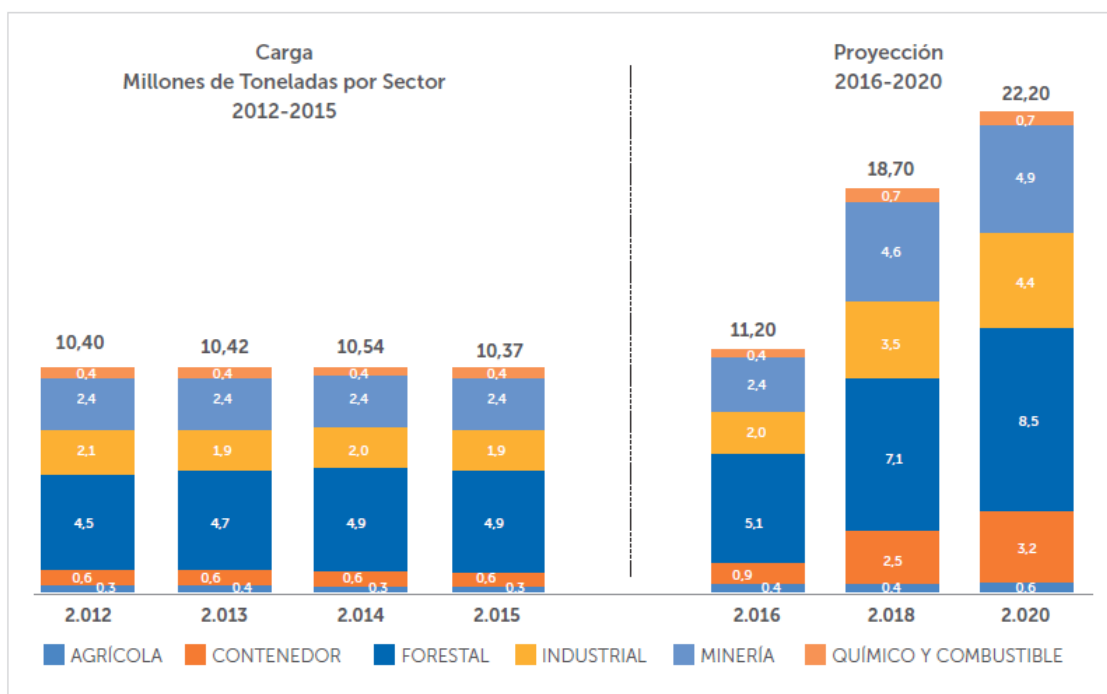
Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

Transporte de carga y negocio inmobiliario

Este segmento de negocios también tiene aspiraciones de ampliación en cuanto a capacidad de carga transportada, buscando duplicarla de aquí a 2020. Las principales actividades productivas que requieren este servicio son: forestal, minería e industrial (ver *Figura 3*), las cuales han mantenido su participación en el total de carga transportada.

A nivel de ingresos, es el segundo en importancia, totalizando entre Fepasa y Transap un poco más de CLPMM 11.000 durante 2015 (aumento de 6% respecto a 2014), derivados de los cobros por peaje y cobros fijos (ver *Tabla 2*).

Figura 3: carga transportada por EFE 2012-2015, segmentadas por actividad industrial



Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

Tabla 2: ingresos EFE segmento de carga 2015 y variaciones respecto a 2014

SERVICIO	AL 31 DE DICIEMBRE 2015 M\$	AL 31 DE DICIEMBRE 2014 M\$	VARIACION		MM TKBC	
			M\$	%	2015	VAR '15 / '14
TOTAL OPERADORES	11.345.239	10.741.618	603.621	6%		
Peaje Variable	6.032.860	5.729.370	303.490	5%	3.348	-3%
Fepasa	4.442.547	4.237.424	205.123	5%	2.436	-4%
Transap	1.590.313	1.491.946	98.367	7%	912	-1%
Canon+Peaje Fijo+Pacios	5.312.379	5.012.248	300.131	6%		
Fepasa	3.617.195	3.357.103	260.092	8%		
Transap	1.695.184	1.655.145	40.039	2%		

Fuente: Memoria anual 2015, EFE

Además de los segmentos de carga y pasajeros, EFE tiene su negocio inmobiliario, basado en el manejo de ese tipo de bienes, los cuales arrienda a terceros. En la *Tabla 3* se puede ver el desglose de los ingresos para el año

2015, en donde se aprecia como principal fuente de ingresos a los arriendos, con poco más de CLPMM 3.000 (disminución del 1% respecto al año anterior).

Los ingresos totales de Invia (filial que maneja este negocio) sin embargo, experimentaron un crecimiento del 3% respecto a 2014, explicados principalmente por el aumento en los ítems "Atraviesos y Paralelismos" (en particular, un contrato con Claro para la ampliación de su red de fibra óptica) y "Otros ingresos", en donde se incluye arriendo de maquinarias y cobros por energía eléctrica a portadores (ver *Tabla 3*).

Tabla 3: ingresos de Invia 2015 y comparación respecto a 2014

CONCEPTO	AL 31 DE DICIEMBRE 2015 M\$	AL 31 DE DICIEMBRE 2014 M\$	VARIACION INGRESOS	
			M\$	%
Total Inmobiliarios y Otros Ingresos	5.991.460	5.815.533	175.926	3%
Ingresos Inmobiliarios	5.057.796	5.126.067	(68.271)	-1%
Arriendos	3.226.056	3.466.458	(240.402)	-7%
Paseo Estación	436.786	418.517	18.269	4%
Arriendos	2.789.270	3.047.941	(258.671)	-8%
Atraviesos y Paralelismos	1.831.740	1.659.609	172.131	10%
Otros Ingresos	933.664	689.466	244.198	35%

Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

1.2.7. Situación actual de la empresa

Actualmente, EFE se encuentra ejecutando el plan trienal 2014-2016 y, a la vez, preparando el plan de 2017-2019. El plan trienal en curso "se orienta principalmente a fortalecer el desarrollo del transporte ferroviario, enfocado en mejorar la seguridad, la confiabilidad, la cobertura y la capacidad de la infraestructura de la red ferroviaria, tanto para carga como para pasajeros.

Asimismo, este programa de inversiones está enfocado en incentivar el aumento en el transporte de carga, duplicando los volúmenes actuales, junto con desarrollar nuevos proyectos de transporte de servicios de pasajeros suburbano en la zona sur-poniente de la Región Metropolitana” [1].

Los principales proyectos incluidos fueron:

1. Proyecto Santiago – Nos.
2. Proyecto Rancagua Express.
3. Proyecto Santiago – Batuco.
4. Extensión del Biotren de Concepción hasta Coronel.
5. Nuevos trenes para el metro de Valparaíso.
6. Proyectos de seguridad operacional.

La asignación de recursos otorgada por el Ministerio de Hacienda en sus presupuestos anuales se puede ver en la *Tabla 4*, en donde se ve una mayor asignación de recursos para el año 2015, teniendo el 43% del total del presupuesto para el plan trienal.

Naturalmente, la mayor parte del presupuesto se va en los proyectos de aumento en el transporte de carga (29% del total del plan trienal) y pasajeros (43% del total del plan trienal), totalizando más de MMUSD 900 entre 2014 y 2016).

Tabla 4: asignación de recursos del plan trienal 2014-2016 a los diferentes tipos de proyectos de EFE.

PROGRAMA	MMUSD 2014	MMUSD 2015	MMUSD 2016	MMUSD Total
1. Continuidad Operacional	60,2	69,7	74,5	204,4
2. Productividad Operacional	44,2	60,3	42,5	147,0
3. Aumento Transporte de Carga	95,5	143,4	136,9	375,8
4. Aumento Transporte de Pasajeros	115,6	278,2	164,9	558,7
PROGRAMA	315,5	551,6	418,8	1.285,9

Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

En cuanto al origen de los recursos, en la *Tabla 5* se puede apreciar que el aporte fiscal directo apenas sobrepasa el 15% del aporte total para los 3 años del plan, y que las principales fuentes de financiamiento son la ley espejo para pasajeros y cruces (22,4% del total), y la deuda 100% garantizada (27,9% del total).

Tabla 5: fuentes de financiamiento de EFE para el plan trienal 2014-2016

FINANCIAMIENTO	MMUSD 2014	MMUSD 2015	MMUSD 2016	MMUSD Total
Aporte Fiscal	65,5	65,5	65,5	196,5
Deuda - Ley Espejo para Pasajeros y Cruces	107,8	87,0	93,3	288,1
Deuda 100% Garantizada	45,2	207,6	104,9	357,7
Deuda respaldada con Flujos futuros de				
Proyectos de Pasajeros	24,6	28,0	40,2	92,8
Recuperación de IVA	23,7	4,8	11,6	40,1
Deuda Bancaria Privada	3,8	80,4	49,6	133,8
Deuda con Aporte de Privados	40,0	57,3	53,7	151,0
Recursos Internos	4,9	21,0	0,0	25,9
Total Plan Trienal 2014 - 2016	315,5	551,6	418,8	1.285,9

Fuente: Memoria anual 2015, EFE.

Si bien, EFE se encuentra dentro de un programa de expansión a mediano y largo plazo, se debe tener en consideración que en la actualidad su participación en el mercado es baja (3,6% en carga, y 3% en pasajeros) [1],

por lo que, para que sus programas tengan impacto en este, deberá pasar mucho tiempo.

Las ventajas que otorga este modo de transporte son claras: la seguridad, la eficiencia (al transportar una cantidad mayor de personas por servicio de pasajeros), y los tiempos de viaje (inexistencia de tacos).

1.3. Objetivos

En esta sección, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos que guiarán este trabajo.

1.3.1. Objetivo general

Priorizar los proyectos de EFE a través de una metodología que considere los factores más importantes para los tomadores de decisión al interior de la empresa, de tal manera de hacer la asignación más eficiente de recursos.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la situación actual de EFE, en particular sus proyectos, de manera de poder establecer criterios y subcriterios que reflejen sus prioridades y preferencias.
2. Caracterizar las principales metodologías de análisis multicriterio y definir el uso de alguna de ellas para el presente caso de estudio.
3. Acordar una estructura jerárquica de criterios y subcriterios con los principales tomadores de decisiones al interior de EFE.
4. Procesar la información de los proyectos de EFE y priorizarlos de acuerdo a la metodología multicriterio propuesta.

5. Analizar el desempeño del ordenamiento generado por la metodología respecto a los resultados esperados por los tomadores de decisiones de EFE.

1.4. Alcances

El presente trabajo tendrá los siguientes alcances:

1. Será elaborado de tal manera de ser directamente aplicable para los proyectos del plan trienal 2017-2019. Sin perjuicio de ello, la empresa podrá disponer del modelo para planes trienales futuros, o grupos de proyectos más pequeños, para lo cual deberá hacer una revisión de los criterios y ponderadores asignados en el modelo original. Esto es importante de considerar, pues los juicios de los tomadores de decisiones son variables en el tiempo (además que los mismos tomadores de decisiones van cambiando dentro de la empresa).
2. La efectiva aplicación de la metodología en el plan trienal 2017-2019 dependerá de la disponibilidad de los proyectos y la información necesaria para el memorista dentro de los plazos regulares de trabajo. En caso de no cumplirse esto, se hará una aplicación piloto sobre los proyectos del plan trienal 2014-2016 o bien, sobre un subconjunto de proyectos del plan trienal 2017-2019.
3. Servirá como herramienta informativa y comparativa para los tomadores de decisión de EFE, pues entregará un listado de proyectos priorizados respecto a los intereses de este grupo, el cual será comparado con los proyectos escogidos por la empresa en el último recorte presupuestario experimentado, bajando de USDMM\$800 a USDMM\$576 para toda la cartera. En base a esas comparaciones, surgirán análisis respecto a los criterios utilizados y ponderadores asignados.
4. La priorización de proyectos será previa al envío de estos MDS para su aprobación.

5. El presente trabajo no constituirá un rediseño de procesos de la empresa, en particular, de la formulación de proyectos en EFE. Basta recordar que el objetivo principal es desarrollar una metodología de priorización para proyectos de la empresa.

1.5. Metodología

El análisis multicriterio que se desarrollará en el presente trabajo, se enmarca dentro de la labor realizada por una empresa dependiente del estado, caso en el cual, se sugiere desarrollar las siguientes etapas [9]:

1. Identificar objetivos: descritos en la sección 1.3 del presente documento.
2. Identificar opciones para alcanzar los objetivos: en este caso, las opciones corresponderán a los proyectos pertenecientes al plan trienal 2014-2016 o 2017-2019 de EFE, lo cual dependerá de la disponibilidad de datos al momento de aplicar el modelo.
3. Identificar los criterios a utilizar para comparar las opciones: para lograr esto, se deberá analizar la información disponible en:
 - a. Documentos internos sobre los proyectos de la empresa, de manera de saber qué aspectos son relevantes para formular un proyecto, y obtener datos de los mismos.
 - b. Estudios de metodologías multicriterio realizados en proyectos de inversión pública chilenos, para detectar qué criterios se utilizan en estos casos, y así analizar la factibilidad de replicar parte de esa estructura para el caso de EFE.
 - c. Documentos sobre proyectos ferroviarios en el extranjero, los cuales podrán entregar antecedentes sobre trabajos similares al que se realizará para EFE.

- d. Adicionalmente, y más importante, estarán las reuniones con diferentes tomadores de decisiones al interior de la compañía, los cuales darán su visión sobre los criterios que se les presenten.
4. Análisis de las opciones: la revisión bibliográfica sobre metodologías multicriterio dará como resultado la elección de una técnica en particular para este trabajo, la cual se aplicará sobre los proyectos del plan trienal 2014-2016 de EFE.
5. Elección de alternativas: la aplicación de la técnica de análisis multicriterio elegida, dará como resultado un listado de proyectos priorizados de acuerdo a las necesidades y preferencias de EFE, lo cual se verá reflejado en los criterios y subcriterios utilizados.
6. Feedback: al ser un proceso de largo plazo que implica, en este caso, la obtención de conclusiones respecto a la aplicación del modelo de priorización de proyectos en la realidad, queda fuera del alcance del presente trabajo.

2. Capítulo 2: Marco conceptual

En este capítulo se caracterizarán las principales metodologías de análisis multicriterio, para posteriormente hacer la elección justificada de una de ellas para ser aplicada en el presente trabajo.

El trabajo a realizar se enmarca dentro de la evaluación social de proyectos, dada la necesidad de un cambio de enfoque en la forma de priorizar los proyectos de EFE, considerando otros criterios que actualmente no son parte del mecanismo de decisión.

Con lo anterior se busca ejecutar en primer lugar aquellos proyectos que realmente son más relevantes para el país desde un punto de vista social. Una de las herramientas de la evaluación social de proyectos es el análisis

multicriterio, el cual apunta a considerar distintos aspectos al momento de elegir alternativas.

2.1. Evaluación multicriterio

Es un proceso de decisiones (universalmente conocido como MCDM) y se define como el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión y a incrementar el conocimiento de los mismos (Moreno-Jiménez, 1996). Tiene como objetivo original y central el ayudar a la toma de decisiones en el mundo de la empresa [22], en donde muchas veces existe incompatibilidad entre los diferentes objetivos que se plantean (Simon, 1955).

La justificación para el uso del análisis multicriterio pasa por la necesidad de incorporar criterios de decisión alternativos, que sirvan de complemento a los utilizados en la evaluación privada de proyectos, que tienen un enfoque altamente racionalista, asumiendo la maximización de utilidades de agentes individuales. Hay quienes afirman que este enfoque termina siendo un obstáculo para una real discusión, pues sólo se enfoca en criterios y variables cuantificables, y, por lo tanto, todos aquellos que no lo sean corren el riesgo de no ser considerados, sin haber pasado por un proceso de cuestionamiento respecto a su importancia [2].

Por otra parte, el problema básico que se debe enfrentar es la asignación de recursos económicos, generalmente escasos, a una diversidad de posibilidades de acción para obtener los objetivos deseados [7].

A nivel de inversiones públicas², las decisiones tomadas pueden considerar diversas dimensiones y variables, que pueden ser de distinta naturaleza, por ejemplo: cuantitativas o cualitativas, tangibles o intangibles. Esto es particularmente importante en decisiones que involucran recursos públicos, pues al buscar el bienestar de la sociedad en su conjunto se requiere de una

² Que es donde se enmarca la asignación de recursos para los programas de proyectos de EFE.

evaluación multidimensional, incorporando la mirada de distintos actores, objetivos y variables, que incluso podrían estar en diferentes escalas de medida [7].

2.1.1. Aspectos importantes

De acuerdo a Arancibia y Contreras, una herramienta de priorización de proyectos públicos debe ser capaz de cumplir satisfactoriamente con los siguientes puntos [7]:

1. Incorporar criterios de evaluación de diversa naturaleza (información mixta, de tipo cuantitativa, cualitativa y en escalas).
2. Priorizar proyectos a nivel nacional, lo que implica potencialmente un gran número de proyectos.
3. Ser compensatorios, vale decir, que un mal desempeño en un criterio pueda ser compensado con un buen desempeño en otro.
4. Ser simple en su formulación y operatoria.
5. Incorporar las preferencias de los tomadores de decisión.

La técnica de evaluación (o análisis) multicriterio es aplicable en las siguientes etapas del ciclo de vida de un proyecto [2]:

1. Identificación de ideas.
2. Análisis de alternativas, en cualquier etapa de pre-inversión (perfil, prefactibilidad, factibilidad).
3. Priorización de carteras (post evaluación de proyectos con VAN – caso de aplicación de la presente memoria).
4. Para evaluar propuestas en procesos de licitaciones.
5. Para programas de inversión en el sector público.

6. Para la construcción de indicadores de desempeño del personal a cargo de los proyectos.

2.1.2. Clasificación de técnicas multicriterio

Una manera de clasificar los métodos de comparación de alternativas es [2]:

1. Métodos cuantitativos puros.
 - a. Métodos simples: elección en base a VAN y TIR.
 - b. Métodos complejos.
 - i. Dominancia entre proyectos: si A y B son proyectos, habrá dominancia de A sobre B si es que el peor resultado esperado de A, supera al mejor resultado de B. Esta característica es la que se busca con este método.
 - ii. Programación lineal: el menos factible de aplicar, pues se basa en la maximización del VAN de varios proyectos pequeños que sean parte de un programa de inversiones, para lo cual se requiere de mucha información que, en muchos casos, es inexistente.
2. Métodos cualitativos puros.
 - a. Métodos simples.
 - i. Lista de verificación: en base a los objetivos del tomador de decisiones, se define un *checklist* con los elementos que debe cumplir un proyecto. Por lo tanto, sólo es aplicable para filtrar proyectos, mas no para jerarquizarlos.
 - ii. Aporte a metas: en base a los resultados esperados del proyecto, se mide su aporte individual a la meta que tenga el tomador de decisiones. Presenta grandes dificultades para estimar el aporte.

- iii. Q-sorting: se ordenan las alternativas en base a juicios de los tomadores de decisiones, separando aquellos de alta prioridad y baja prioridad, primero de manera individual, y luego, discutiendo grupalmente hasta llegar a un consenso.
- b. Métodos complejos: método Delphi, el cual consiste en la realización de encuestas anónimas a un panel de expertos en una primera etapa, con tal de descubrir posibles divergencias en las opiniones. Luego, se debate iterativamente hasta llegar a un consenso.
- c. Métodos mixtos: capaces de recolectar, analizar y vincular datos cualitativos y cuantitativos. Hay 2 principales:
 - i. Modelos de puntuación: es una extensión del modelo de aporte a metas, que agrega un método para estimar los ponderadores de dicho modelo.
 - ii. AHP: consiste en establecer una base jerárquica para valorar alternativas, estableciendo prioridades para estas, y buscando que los juicios empleados en la construcción de las jerarquías sean consistentes.

Dependiendo del tamaño del conjunto de alternativas de elección, se hace la siguiente clasificación:

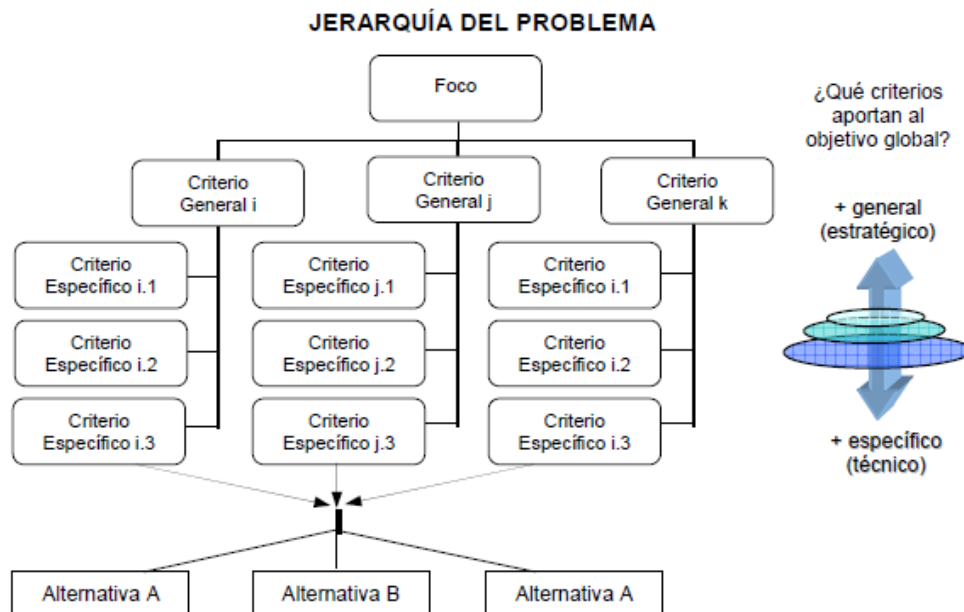
1. Toma de decisiones multi-atributo, para un conjunto limitado y definido de alternativas.
2. Toma de decisiones multi-objetivo, para un conjunto ilimitado y continuo de alternativas de decisión.

Al ser el caso de EFE a trabajar uno en donde las alternativas pertenecen a un conjunto finito, se trabajará con los métodos de decisión multi-atributo.

Al tener que establecer una jerarquía para las alternativas a elegir, los métodos de decisión multi-atributo desarrollan 2 grandes etapas: elegir la manera en la cual se incorporarán las valoraciones y comparaciones entre los criterios (estimación de ponderadores) y, luego de eso, elegir de qué manera se agruparán los datos obtenidos (ponderación). Destacar que, para llegar a estas etapas, se debe armar una estructura jerárquica (ver *Figura 4*) que parta desde el objetivo general, y luego descienda al primer nivel de criterios, los que serán comparados y valorados con respecto a su aporte al objetivo general. Posteriormente, para cada criterio del primer nivel, se deben definir subcriterios, los cuales serán comparados y valorados respecto al criterio del nivel inmediatamente superior.

Ese último paso se repetirá hasta completar todos los subniveles definidos y, luego de eso, se podrá hacer la evaluación completa de todas las alternativas, lo que entregará un resultado que las hará comparables y ordenables de acuerdo a los intereses del tomador de decisiones (reflejados en los objetivos, criterios y subcriterios de la estructura jerárquica).

Figura 4: estructura jerárquica de métodos de análisis multicriterio



Fuente: Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos (Pacheco y Contreras, ILPES, 2008).

2.2. Métodos de determinación de ponderadores

2.2.1. AHP

Analytic Hierarchy Process es un método que fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty, que se basa en 3 principios fundamentales [2]:

- **Construcción de jerarquías**

En esta etapa es en donde se define la estructura de elementos importantes a considerar para el tomador de decisiones de acuerdo a un objetivo, bajo el cual se guiará la toma de decisiones; posterior a la definición del objetivo, el tomador de decisiones, apoyado de un equipo de expertos, debe definir los criterios que consideren claves para el cumplimiento del objetivo³; también para cada criterio estratégico se pueden definir criterios específicos⁴ y así sucesivamente, teniendo en cuenta que cualquier modelo de toma de decisiones debe ser de simple formulación y operatoria [7]. A continuación, se dan las definiciones para objetivo y criterios.

Objetivo: son aspiraciones que indican direcciones de perfeccionamiento de los atributos⁵ seleccionados, están asociados con los deseos y preferencias del decisor [10].

Criterios: parámetros, directrices y puntos de referencia que van a permitir evaluar opciones o alternativas que se presenten en el proceso de decisión [10].

- **Establecimiento de prioridades**

³ También llamados criterios estratégicos.

⁴ También llamados subcriterios.

⁵ Características que se usan para describir cada una de las alternativas disponibles. Pueden ser cuantitativas (atributos objetivos) o cualitativos (atributos subjetivos), cada alternativa puede ser caracterizada por un número de atributos (escogidos por el decisor).

Se hace una comparación entre pares de criterios dentro de un mismo nivel, respecto al criterio del nivel inmediatamente superior u objetivo, en caso de ser criterios estratégicos. Para hacer la comparación se usa la escala de Saaty, mostrada en la *Figura 5*, en la cual se asigna un puntaje que mide cuántas veces más importantes es un criterio respecto al otro. Si hay más de un experto haciendo las comparaciones, AHP establece que se debe calcular la media geométrica de todas las valoraciones para un mismo par de criterios, consolidándose en una única matriz de comparaciones, la cual será objeto de todos los análisis posteriores.

Una vez obtenida la matriz, se deben calcular el vector con los valores propios, los que representarán el peso de cada criterio respecto al nivel inmediatamente superior.

Figura 5: escala de Saaty para comparación de criterios

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	2 actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes
Recíprocos	$a_{ij}=1/a_{ji}$	Hipótesis del método

Fuente: Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos (Pacheco y Contreras, ILPES, 2008).

- **Consistencia lógica**

Al ser un método que toma en cuenta juicios expertos para la comparación entre criterios, AHP se constituye como un método subjetivo. Es por eso que se hace necesario medir la consistencia de dichos juicios.

Hay 2 principios que aseguran la consistencia lógica de un juicio: transitividad y proporcionalidad. Sean A, B y C tres alternativas distintas. Habrá transitividad si, por ejemplo, A es mejor que B, y B es mejor que C, entonces A es mejor que C. Por otra parte, habrá proporcionalidad si, por ejemplo, A es 2 veces mejor que B, y B es 3 veces mejor que C, entonces A será 6 veces mejor que C [2].

Para medir esto, AHP plantea la relación de consistencia, que dependerá de la dimensión del problema analizado (rango de la matriz de criterios) y del índice de consistencia, el cual se calcula con el máximo valor propio asociado a una matriz fila, que es la suma de todos los elementos de una columna de criterios.

El método resuelve la siguiente ecuación:

$$\lambda_{Max} = V * B$$

Donde λ_{Max} es el máximo valor propio, V es la matriz de ponderaciones para cada criterio, y B es la matriz fila definida previamente.

Finalmente, el índice de consistencia (CI) se calcula como:

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1}$$

En donde n es el rango de la matriz. La relación de consistencia será el cociente entre CI y el índice aleatorio (ver *Anexo B*), cuyo valor no puede ser superior a 0,1. En ese caso, los juicios deberán ser revisados debido a su alta inconsistencia.

Tampoco es recomendable tener un valor de inconsistencia igual a cero, porque sería signo de extrema rigidez en los criterios importantes para el tomador de decisiones, descartando cualquier opción de modificar sus preferencias en el futuro [23].

2.2.2. Método de la entropía

Es una técnica que mide la incertidumbre en la información entregada en base a una distribución de probabilidad.

Toma como base a la matriz de información con las métricas de cada criterio para cada alternativa (debe estar normalizada para que los resultados sean comparables). El elemento genérico x_{ij} (valor de la alternativa i para el criterio j) pasa a ser p_{ij} (normalizado).

Luego, se calcula el índice de entropía para el criterio j , y su posterior peso con las siguientes fórmulas:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

$$E_j = -\left(\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})\right) / \ln(m) \quad j = 1, \dots, n$$

$$w_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{i=1}^n (1 - E_k)} \quad j = 1, \dots, n$$

Donde E_j es el índice de entropía del criterio j , y w_j es el peso de dicho criterio [5].

2.2.3. CRITIC

Este método es utilizado para medir divergencias entre valoraciones para criterios, a través del análisis de correlaciones.

El primer paso es obtener el vector r_j , el cual representa las ponderaciones del criterio j para las n alternativas de elección. Luego de esto, se construye una matriz simétrica de $m \times m$ (donde m es el total de criterios) con un elemento

genérico l_{jk} , que representa el coeficiente de correlación lineal entre los vectores r_j y r_k [5].

Se define el nivel de conflicto del criterio j como:

$$\sum_{k=1}^m 1 - l_{jk}$$

En donde, a menor correlación entre los vectores de criterios, mayor discordancia existirá.

Luego de esto, se define la cantidad de información comunicada por el criterio j como.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^m (1 - l_{kj})$$

En donde σ_j es la desviación estándar del vector r_j . A mayor valor de C_j , mayor es la importancia relativa del criterio. Se definirá su ponderación definitiva w_j como la normalización de C_j respecto al total de criterios [5].

$$w_j = C_j \left[\sum_{k=1}^m C_k \right]^{-1}$$

2.3. Métodos de agregación de ponderadores

2.3.1. Compromise Programming (CP)

Este método define la mejor solución como aquella que tiene una menor distancia respecto de un punto "ideal" [3]. Dicha distancia se mide con la siguiente fórmula:

$$L_p(a) = \sum_{j=1}^J w_j^p |f_j^* - f(a)| / |M_j - m_j|$$

En donde la métrica $L_p(a)$ es la distancia de la alternativa a respecto al óptimo, la cual depende de $f(a)$, que es el valor del criterio j para la alternativa a , y f_j^* , valor máximo que puede tomar dicho criterio. Además, depende de M_j , máximo valor del criterio j en todo el set de alternativas, y m_j , mínimo valor que toma.

Finalmente, w_j es el peso del criterio j , y p es un parámetro que refleja la disposición del tomador de decisiones para compensar desviaciones muy grandes [3].

2.3.2. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)

Este método compara diferentes alternativas a través de las diferencias en las valoraciones que estas tienen (por lo tanto, al comparar un par de alternativas es capaz de decir por cuánto supera una a la otra).

Para estimar estas diferencias, se usan funciones de preferencia $P_j(a, b)$, las cuales dependen de la distancia d_j entre 2 alternativas (en este caso, a y b) para algún criterio j . Es decir, $d_j = f(a, j) - f(b, j)$ [3], donde f es una función generalizada de criterios, la cual puede presentarse en diferentes formas [4].

Para cada tipo de función existirán umbrales q^* y p^* , los cuales determinarán si, para un determinado criterio, las alternativas a comparar son indiferentes entre sí (cuando d_j no excede a q^*), o si hay preferencia estricta (d_j mayor que p^*). Luego, se define el índice de preferencia multicriterio entre 2 alternativas a y b como un promedio ponderado entre las funciones de preferencia de todos los criterios.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^J w_j P_j(a, b)}{\sum_{j=1}^J w_j}$$

$$\phi^+(a) = \sum_A \pi(a, b)$$

$$\phi^-(a) = \sum_A \pi(b, a)$$

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

En donde w_j es el peso para el criterio j , $\Phi^+(a)$ es el *outranking index* para la alternativa a (cuanto es mejor a que b), y $\Phi^-(a)$ es el *outranked index* para la alternativa a (cuanto es mejor b que a). La diferencia entre ambos es el ranking definitivo de la alternativa a [3].

2.3.3. Weighted Product Method (WPM)

Este método entrega la comparación entre 2 alternativas en función del cociente entre sus respectivas valoraciones (es decir, cuántas veces es mejor una alternativa que la otra).

Se calculan los cocientes entre las valoraciones de las 2 alternativas a comparar para todos los criterios a considerar, y se agrega su peso relativo de acuerdo a la siguiente expresión.

$$R(A_K/A_L) = \sum_{j=1}^N (a_{kj}/a_{lj})^{w_j}$$

Donde R es la valoración de la alternativa A_K respecto a la alternativa A_L , con a_{kj} y a_{lj} los valores de las alternativas k y l respecto al criterio j y, w_j es el peso específico del criterio j [2].

2.3.4. Weighted Sum Method (WSM)

Este método es el más utilizado, en especial en problemas de una dimensión, dada la simplicidad de su uso. Si existen M alternativas, y N criterios de decisión, la mejor alternativa será aquella que satisface la siguiente expresión:

$$A_{WSM}^* = \text{Max} \sum_j^j a_{ij} w_j \quad \text{for } i = 1, 2, 3, \dots, M$$

En donde A_{WSM}^* es el puntaje de la mejor alternativa, a_{ij} es el valor de la alternativa i para el criterio j , y w_j es el peso del criterio j [3].

2.4. Elección de métodos a utilizar

2.4.1. Determinación de ponderadores

De los tres métodos presentados, AHP es el que mejor se adapta al trabajo que se está desarrollando, pues incorpora con facilidad elementos subjetivos de análisis, permitiendo que las comparaciones se puedan traducir como un valor numérico gracias a la escala de Saaty [2].

Tanto el método de entropía como CRITIC requieren de variables numéricas para la determinación de los ponderadores, lo cual presenta dos dificultades: la primera, es que todas las variables (criterios) definidos deben poder medirse, lo que no siempre es posible, y la otra, es que hay ocasiones en que no está toda la información disponible, y en ese caso, estos dos últimos métodos podrían dejar fuera a un criterio por falta de información, por lo que el análisis queda fuertemente limitado a la información disponible.

Además, los proyectos de EFE a considerarse como alternativas estarán en distintas etapas de su ciclo de vida (por ejemplo: perfil, estudio de prefactibilidad) y serán de distinta tipología (por ejemplo: pasajeros y seguridad operacional). En estos casos, no es fácil ni intuitivo definir distancias entre alternativas (tal y como se hace en el método CRITIC), por lo que se recomienda utilizar el método AHP [7].

El método AHP es de los más utilizados en el análisis multicriterio [7], teniendo aplicaciones en diversos ámbitos, entre los cuales destacan:

- Evaluación de la gestión de Centros de Salud Familiar en la Región Metropolitana en base a la construcción de un índice [15].
- Evaluación de propuestas de proyectos para fondos concursables del Instituto Nacional del Deporte (IND) [16].
- Apoyo a la toma de decisiones en las instituciones bancarias en Asia [17].
- Evaluación de alternativas de transporte [18], [19].
- Evaluación de mejores rutas para transporte ferroviario en Estambul [20].
- Selección de carteras de proyectos de mantención ferroviaria en España [8].
- Priorización de proyectos de transporte multinacionales [12].

Dada la elección, hay que considerar que, además de los principios de proporcionalidad y transitividad ya enunciados, es de vital importancia considerar los siguientes axiomas momento de plantear la estructura con el objetivo y criterios [14].

- Reciprocidad: sean A1 y A2 dos alternativas cualesquiera a ser comparadas con respecto a un criterio C cualquiera y sea P12 la intensidad de la preferencia de la alternativa 1 por sobre la alternativa 2, de la misma manera, P21 será la intensidad de la preferencia de la alternativa 2 por sobre la alternativa 1. Bajo este axioma se cumple que:
 $P_{21} = 1/P_{12}$.
- Homogeneidad: dada una jerarquía cualquiera, la cual contiene un conjunto determinado de niveles, se deberá cumplir que todos los elementos pertenecientes al mismo nivel deben ser comparables entre sí.
- Independencia: dada una jerarquía cualquiera, la cual contiene un conjunto determinado de niveles, se deberá cumplir, para cualquier nivel, que todos los elementos de un nivel deben ser dependientes del nivel inmediatamente superior. Al mismo tiempo, los elementos dentro

del mismo nivel deberán ser dependientes entre sí y no deberá existir dependencia entre los elementos de un nivel con respecto al nivel inmediatamente inferior dentro de la jerarquía.

- Cumplimiento de expectativas: este axioma dice que cuando se toma una decisión, siempre se supone que la estructura jerárquica está completa. Esto es, que todas las alternativas y los criterios considerados relevantes para la resolución del problema están representadas en la jerarquía. No se supone la racionalidad del proceso, ni tampoco que solamente se pueda acomodar a una interpretación racional. La gente tiene muchas expectativas que son irracionales.

2.4.2. Agregación de ponderadores

De los métodos presentados, Compromise Programming es el más difícil de aplicar, dada la dificultad de establecer los máximos y mínimos valores para cada criterio, además de lo difícil y subjetivo de la determinación del parámetro p . Al ser un método en donde se minimizan funciones, la exacta definición de estas es vital, lo cual involucra también a las métricas asociadas a la valoración de alternativas. En este caso de estudio en particular, la amplia gama de proyectos a priorizar involucra métricas de distinto tipo, lo cual dificulta de sobremanera el proceso planteado por CP.

Un análisis similar se hace para PROMETHEE, dado que se debe definir la función de preferencia f . Otro problema de este último método es la dificultad para establecer los umbrales q^* y p^* , sobre todo considerando que el conjunto de alternativas a evaluar para la presente aplicación es muy elevado.

Por otro lado, los dos últimos presentados son los más simples de aplicar, y en particular, el método de promedios ponderados (WSM). Además, esta es la forma de agregación que típicamente se utiliza en el AHP.

3. Capítulo 3: Proyectos de EFE

En este capítulo, se explican y caracterizan los proyectos de EFE, para lo cual se da a conocer el detalle de su ciclo de vida con los actores clave a lo largo de este, para finalmente hacer la clasificación de estos en distintos programas.

3.1. Ciclo de vida

Todos los proyectos de EFE cumplen el mismo ciclo de vida (ver *Figura 6*). El Ministerio de Desarrollo Social (MDS) aprobará los proyectos y el Ministerio de Hacienda, a través de la Dirección de Presupuestos (DIPRES) identificar sus respectivos recursos.

EFE prepara los respectivos documentos para enviar al MDS según la etapa en la que se encuentre el proyecto a evaluar:

- Estudio básico: EFE envía un informe con el perfil del proyecto y MDS entrega los resultados del análisis técnico económico.
- Prefactibilidad: EFE envía el informe de estudio técnico y MDS entrega los resultados del análisis técnico económico.
- Factibilidad: EFE envía el informe de prefactibilidad y MDS entrega los resultados del análisis técnico económico.
- Diseño: EFE envía un informe de ingeniería básico y MDS entrega los resultados del análisis técnico económico.
- Ejecución: EFE envía informe de ingeniería y MDS entrega los resultados del análisis técnico económico.

- Puesta en marcha: EFE envía un informe de ejecución del proyecto y, posteriormente, inspecciona los estándares del mismo y hace la evaluación expost.

Mientras que la relación con la DIPRES consiste en: el envío por parte de EFE de una solicitud de decreto exento y, en caso de no haber problema, la emisión del decreto exento de identificación de presupuesto por parte de la DIPRES. Esto aplica para:

- Auditoría de estudios, asociada a la etapa de prefactibilidad.
- Auditoría de ingeniería, asociada a la etapa de factibilidad.
- Auditoría de ingeniería, asociada a la etapa de diseño.
- Inspección técnica de obras, asociada a la etapa de ejecución.

Figura 6: ciclo de vida de proyectos de EFE



Fuente: elaboración propia, EFE.

3.2. Gerencia de proyectos

En EFE, existe una gerencia encargada de la gestión de los proyectos. El objetivo principal de la Gerencia es planificar, monitorear, y administrar los proyectos y recursos de las Gerencias dependientes: Rancagua Express, Tren del Maipo y Batuco, asegurando que sus proyectos se concreten dentro de los plazos, costos y alcances definidos por la administración.

Así, la Gerencia de Proyectos es la encargada de diseñar, ejecutar y dar inicio a la operación de las líneas suburbanas de pasajeros, actualmente definidas por Grupo EFE:

1. Proyecto Rancagua Express, con sus servicios Rancagua – Alameda y Nos – Alameda.
2. Proyecto Tren del Maipo, con sus servicios Alameda – Ciudad Satélite, Alameda – Malloco y Alameda – Melipilla.
3. Proyecto Tren a Batuco, con sus servicios Santiago – Las Industrias y Santiago – Batuco.

Para ello cuenta con equipos de trabajo con experiencia en el manejo y conducción de megaproyectos [6].

3.3. Planes trienales

Todos los planes trienales, que agrupan a un conjunto de proyectos a desarrollar por EFE en un plazo de 3 años tienen la secuencia mostrada en la *Figura 7*.

El primer paso es la elaboración del plan estratégico de la empresa, que da cuenta de los objetivos y metas de la empresa a largo plazo, a continuación, está el levantamiento de necesidades de inversión, o cual deriva a la

elaboración del plan trienal, con los distintos programas que apuntan a satisfacer las necesidades de inversión detectadas. A su vez, dichos programas contemplan una serie de proyectos cuya puesta en marcha supone el cumplimiento de las necesidades que se desean cubrir.

A continuación, se muestran los programas que tiene EFE para el plan trienal 2014-2016⁶:

- Programa de seguridad y continuidad operacional: tiene por objetivo resguardar la integridad de la infraestructura de la red ferroviaria de EFE y filiales, asegurando las condiciones necesarias para el desarrollo del transporte ferroviario establecidos en la normativa vigente, garantizando así la seguridad, la confiabilidad y la disponibilidad de canales de circulación para la operación ferroviaria, de esta manera también se fomenta la explotación comercial en el transporte de carga y de pasajeros por lo que se aseguran las condiciones necesarias para el desarrollo del transporte ferroviario establecido en la normativa vigente [11].
- Programa de productividad operacional: este programa de inversiones está dirigido a aumentar la productividad de las operaciones ferroviarias mediante las mejoras de los procesos de negocios ferroviarios y modernizando las plataformas de explotación de este negocio [11].
- Programa de aumento en transporte de carga: tiene por objetivo construir un fondo de inversiones que permita desarrollar un portafolio de estudios y proyectos de inversión que contribuyan a incrementar el transporte de carga dentro de la red ferroviaria de EFE, enmarcado en un proceso de planificación estratégica alineado con la visión de negocio de EFE.

Este portafolio de proyectos de inversión, está enfocado a dar solución a problemas de capacidad y liberar restricciones de operación que presenta la actual red ferroviaria, con el objeto de que la red esté en condiciones de transportar más de 24 millones de toneladas al año 2020 [11].

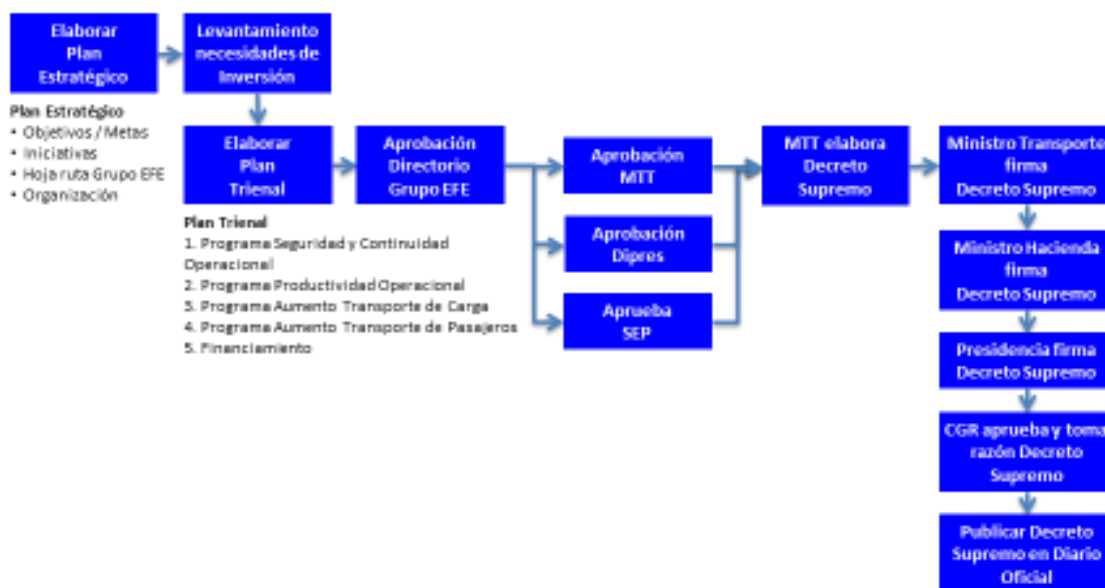
⁶ Último disponible hasta el momento de redacción del presente documento.

- Programa de aumento en transporte de pasajeros: tiene por objetivo desarrollar aquellos proyectos que contribuyan a entregar una mejor calidad de vida a los usuarios de estos servicios, centrados en servicios suburbanos de corta distancia que aportan ahorros de tiempo de alrededor de una hora por pasajeros por día, todos ellos enmarcados en un proceso de planificación y desarrollo estratégica, que se encuentra alineado con la visión de negocio de EFE [11].

De acuerdo a los lineamientos del plan estratégico de EFE, que tiene relación con el crecimiento del transporte de pasajeros suburbanos, se han realizado los estudios necesarios para desarrollar proyectos con los cuales se espera llegar a transportar cerca de 100 millones de pasajeros al año 2020 [11].

Luego de elaborado el plan trienal, este debe ser aprobado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), la Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda (DIPRES) y el Sistema de Empresas del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (SEP). Una vez aprobado por estas tres dependencias, es el MTT quien elabora el Decreto Supremo, el cual debe contar con las firmas de los Ministros de Transporte y Hacienda, además del Presidente de la República. Finalmente, la Contraloría General de la República (CGR) aprueba y toma razón del Decreto Supremo, para su posterior publicación en el Diario Oficial.

Figura 7: etapas para el desarrollo de un plan trienal de EFE



Fuente: documentos proporcionados por EFE.

4. Capítulo 4: Modelo de priorización

En el presente capítulo se aborda toda la ejecución del modelo de priorización multicriterio planteado en el capítulo 2. Se da inicio con la definición del panel de expertos, el cual incluye personas de distintas áreas al interior de EFE, luego, se da paso a definir las particularidades del modelo, entendiendo que será mucho más que un simple cálculo de puntajes, para posteriormente pasar a la definición de criterios con sus respectivas métricas e indicadores y el proceso de obtención de ponderadores definido por el método AHP. El capítulo termina con la jerarquía a utilizar con los respectivos ponderadores para cada criterio.

4.1. Elección del panel de expertos

De acuerdo a diversas conversaciones sostenidas con EFE, en particular con Enrique Moraga, Subgerente de Proyectos y Darío Farren, Gerente de Planificación y Estudios, se llegó a la conclusión de que las personas que son más importantes en el proceso de toma de decisiones dentro del ciclo de vida de los proyectos de EFE son:

- Gerentes de las filiales (Fesur y Metro de Valparaíso).
- Gerente de Proyectos.
- Gerente de Finanzas.
- Gerente de Planificación.
- Gerente de Seguridad y Operaciones.

4.2. Consideraciones del modelo y diccionario de criterios y subcriterios a utilizar

Dentro de la cartera de proyectos de EFE hay dos maneras para evaluarlos económicamente. Los proyectos del programa de seguridad y continuidad operacional se evalúan al mínimo costo, dado que deben ejecutarse ante

cualquier escenario, esto incluye a obras civiles y reforzamiento en puentes, construcción de defensas fluviales, mejoras de señalética, mantenciones a la vía, entre otros. Los demás proyectos son evaluados mediante la modalidad de costo-beneficio.

Esta particularidad plantea un problema al momento de valorizar los proyectos desde el punto de vista económico, el cual será uno de los criterios a utilizar en el modelo de priorización. Para resolver esto, se tendrán dos variantes del modelo de priorización: uno para los proyectos del programa de continuidad y seguridad operacional y otro para los proyectos pertenecientes a los demás programas.

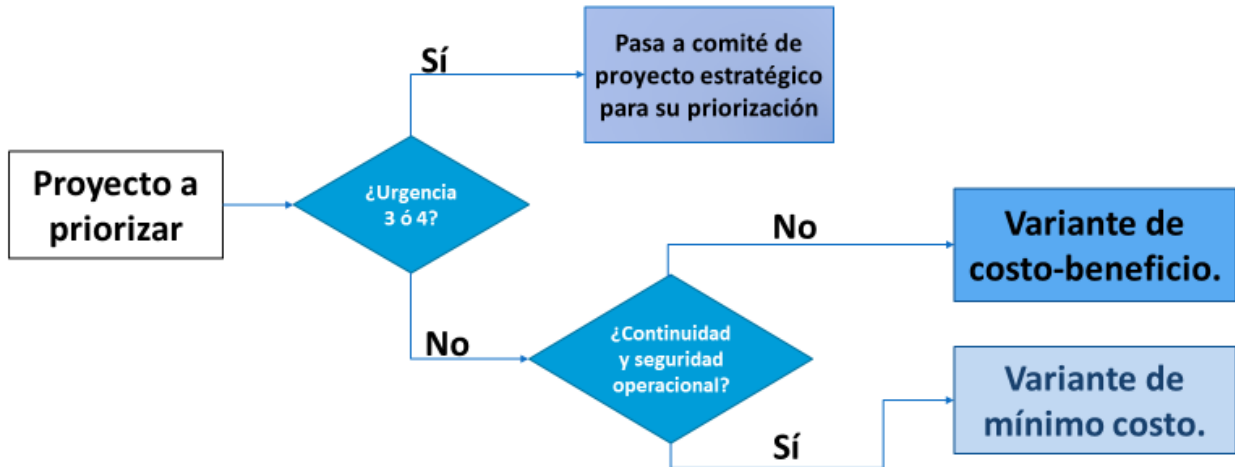
Dado que el objetivo del presente trabajo es priorizar todos los proyectos de la cartera de EFE, se debe resolver la manera en que ambos modelos se juntarán.

Para lograr lo anterior, se propone destinar una parte del presupuesto a proyectos de continuidad y seguridad operacional y dejar el resto para los demás proyectos. Destacar que la decisión de cuánto otorgar a cada tipo de proyecto pasará por la misma empresa y escapa de los alcances de este trabajo.

Otro aspecto importante que debe capturar el modelo de priorización es el caso de proyectos cuya ejecución sea urgente e imprevista (por ejemplo, urgencias como las del puente sobre el río Tolten), lo cual se resolverá con un filtro previo al modelo, explicado en la *Figura 8*. Ahí se puede ver que, para cualquier proyecto en la cartera de EFE se evaluará si nivel de urgencia. Si es muy urgente⁷, no pasará por el mecanismo de priorización y, en su lugar, pasará directamente a un comité que decidirá qué hacer. En caso contrario, el proyecto será sometido a la evaluación que comprende la metodología de priorización, en alguna de sus dos variantes, de acuerdo al programa al cual pertenezca dicho proyecto.

⁷ Los detalles sobre los niveles de urgencia se detallan en la sub-sección: "Definición de métricas e indicadores a utilizar" del presente documento.

Figura 8: Esquema de flujo para la priorización de un proyecto de EFE



Fuente: elaboración propia.

Otro aspecto importante surgido durante el desarrollo del presente trabajo, ha sido la manera en que el modelo va a capturar la etapa en que se encuentra el proyecto, en particular, si este se encuentra en ejecución.

La postura de la empresa⁸ es dar prioridad a todos los proyectos que se encuentran en ejecución, pues estos fueron iniciados por alguna razón y, por lo tanto, tendrán mayor prioridad que aquellos proyectos que estén en fases previas (cualquiera sea).

La manera en que se va a incorporar esta postura será la siguiente: se seguirá el proceso descrito en la *Figura 8* y, al momento de llegar a una de las dos variantes, se ordenarán los proyectos de ejecución y luego los demás (en ambos casos, de acuerdo al puntaje AHP que arroje el modelo). Lo anterior dará lugar a que el peor proyecto en ejecución (en términos de puntaje) esté por sobre el mejor proyecto que no esté en ejecución (en términos de puntaje).

El detalle del primer nivel de criterios se muestra a continuación, este será común para ambos modelos. De acuerdo a la *Figura 9*, los criterios que

⁸ Representada por Viviana Vergini, Subgerente de Planificación y estudios, persona a cargo de preparar la formulación de los Planes Trienales de EFE.

ayudarán a cumplir el objetivo general de asignar los recursos para proyectos de manera eficiente, mediante el modelo planteado, son:

- Seguridad y eficiencia: criterio que refleja el aporte que un proyecto puede hacer a la seguridad en las operaciones de EFE, en particular, a la seguridad en la vía; también se considera a la eficiencia de las mismas operaciones en cuanto al uso de recursos humanos, materiales o digitales.
- Económico y financiero: se relaciona con el aporte o beneficio que puede traer la ejecución de un proyecto a la empresa, ya sea en términos brutos o en términos de eficiencia en el uso de recursos.
- Social: dada la cartera de proyectos de EFE, hay muchos de ellos que tienen directa incidencia en la sociedad en general, especialmente los proyectos relacionados con pasajeros, desde los proyectos de conectividad vial hasta otro tipo de proyectos, como los mismos de seguridad, que mejoran las condiciones de *confort* para los beneficiarios. También se considera el impacto positivo que pueden tener sobre el patrimonio del país.
- Viabilidad: por más beneficioso que pueda ser un proyecto, EFE debe asegurarse que cuenta con todas las capacidades para poder realizarlo de acuerdo a los estándares deseables para la empresa, por lo tanto, se deben tomar en consideración factores como experiencias previas o nivel de complejidad de los proyectos. Es por eso que el criterio de viabilidad representa las dificultades que puede enfrentar EFE al momento de elegir un proyecto a ejecutar.

Figura 9: objetivo general y primer nivel de criterios para el caso de estudio de EFE



Fuente: elaboración propia.

4.2.1. Modelo para proyectos evaluados al mínimo costo

En esta variante del modelo, se evaluarán todos los proyectos pertenecientes al programa de continuidad y seguridad operacional.

En secciones previas se hizo hincapié en que las diferencias entre ambas variantes del modelo de priorización pasaban por la evaluación económica involucrada (mínimo costo versus costo-beneficio). Además de esto, al tener una separación entre cómo se evaluarán proyectos pertenecientes a distintos programas (en particular, esta variante será exclusiva para un programa de proyectos), se plantearán criterios que expliquen específicamente la realidad de los proyectos de continuidad y seguridad operacional, por lo cual ambos modelos tendrán algunas diferencias (en particular, los criterios de esta variante serán un subconjunto de aquellos de la variante de costo-beneficio).

En la *Figura 10* se puede ver la estructura jerárquica con los criterios y subcriterios a utilizar para la variante de proyectos evaluados al mínimo costo.

Seguridad y eficiencia

Los subcriterios que soportan al criterio de seguridad y eficiencia son los siguientes:

- Aumento en capacidad operativa: este subcriterio hace referencia al impacto que tendrá el proyecto a analizar en la capacidad de la empresa para realizar distintas operaciones. Este aumento puede provenir desde mejoras en la eficiencia de sus procesos o por aumento de recursos (tanto físicos como humanos).
- Mejoras SEC: toma en consideración todas aquellas mejoras que se puedan realizar a la señalización, electrificación y/o comunicaciones, lo cual considera a la red vial y su infraestructura (lo que incluye la calidad y condiciones de seguridad del tendido eléctrico y los transformadores del mismo), además de los sistemas de comunicación entre diferentes puntos de la red y las mejoras que se puedan hacer al sistema de señalización y la seguridad en los cruces. Se estima que el riesgo de un

accidente en el ferrocarril se localiza en un 44,9% en los pasos a nivel [8], lo cual ejemplifica la importancia de la seguridad a nivel de cruces.

- Reducción en el número de incidencias: esto incluye a incidentes y accidentes, la ocurrencia de alguno de ellos significa un costo de oportunidad de personal, el cual debe desplazarse al sitio de la incidencia, saliendo de su función preventiva y quedando sin disponibilidad ante otra acción correctiva, por lo tanto, la reducción en las incidencias permitirá mejorar la productividad en las labores preventivas [8].

Económico y financiero

Para este caso, al no haber evaluación costo-beneficio, no existen indicadores como el VAN y la TIR para medir el desempeño económico del proyecto, en su lugar, se propone usar el siguiente subcriterio:

- Costo Anual Equivalente (CAE): representa el costo de un proyecto normalizado por unidad de tiempo (en este caso, un año), recordando que en la evaluación de costo mínimo no hay un cálculo de beneficios. La ventaja de usar CAE es que elimina las diferencias que puedan existir entre los tiempos que dure cada proyecto (además, el tiempo de ejecución es otro subcriterio del modelo, por lo que ya está considerado), haciendo que sean directamente comparables. Se usará CAE por proyecto y no CAE por beneficiario porque en los subcriterios sociales se compensará esta situación al considerar directamente la cantidad de beneficiarios de un proyecto.

Social

Para esta variante, se considerará un subcriterio:

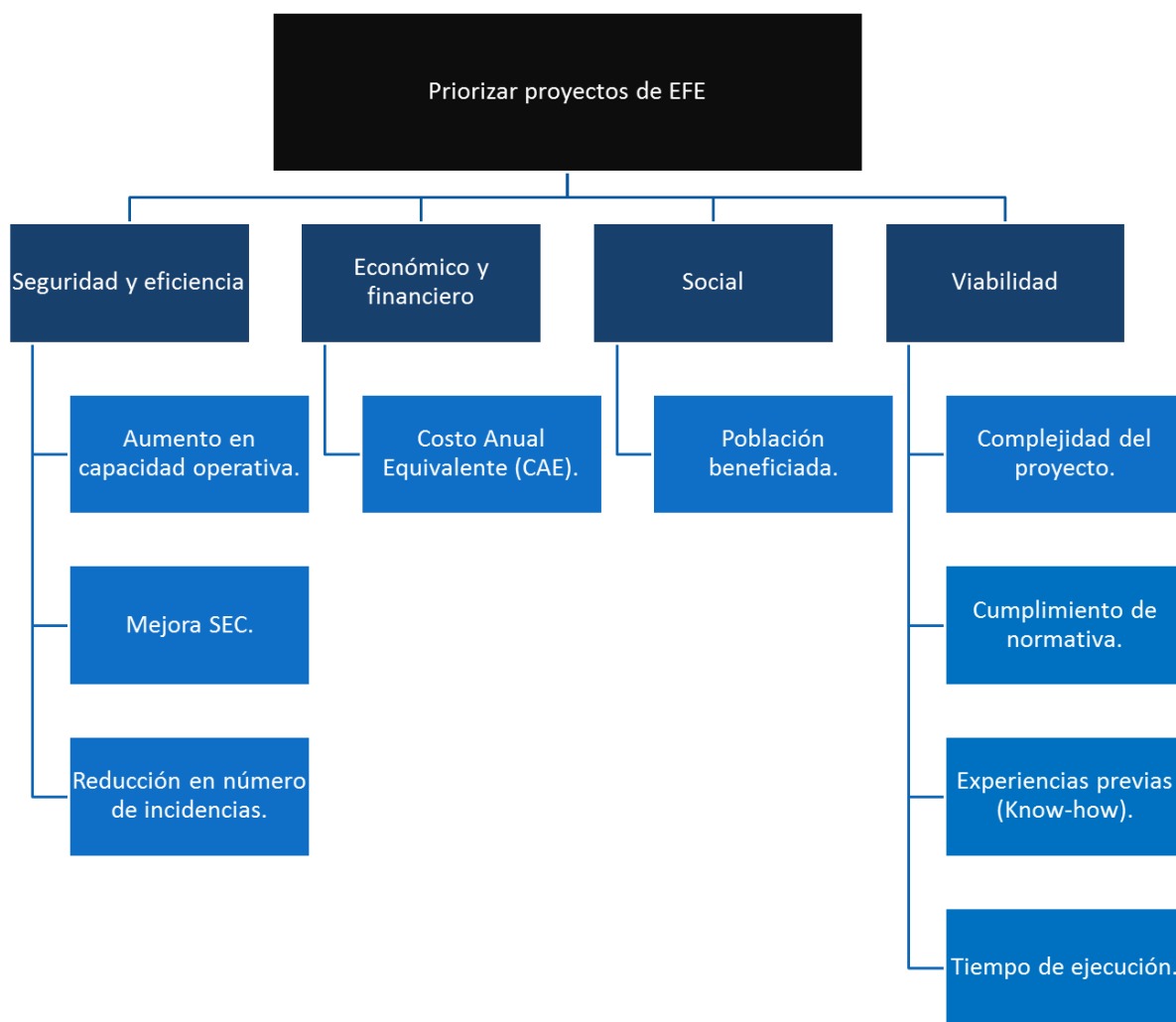
- Población beneficiada: es el total de personas que se estima puedan verse beneficiadas con la implementación del proyecto a analizar.

Viabilidad

Para analizar la viabilidad de un proyecto, se acordó usar los siguientes subcriterios:

- Complejidad del proyecto: el nivel de complejidad del proyecto involucra aspectos como la cantidad de áreas de la empresa que estarán involucradas, la cantidad de recursos (de todo tipo) que demandará, complejidad técnica, impacto en las operaciones durante la ejecución del proyecto y dificultades burocráticas (políticas) que se puedan enfrentar. No se incluye el tiempo de ejecución porque se considera en un subcriterio independiente.
- Urgencia del proyecto: indica cuando un proyecto debe ser implementado. Usualmente, los proyectos más urgentes son aquellos que generan mayores perjuicios económicos si es que son pospuestos [12]. Para este caso de estudio, también se considerará como urgente a aquel proyecto cuya implementación sea obligatoria por ley o de cuya ejecución dependan proyectos subsecuentes.
- Experiencias previas (*know-how*): tiene que ver con el conocimiento y experiencia que tenga EFE realizando proyectos de similar tipo al que se está analizando, un mayor grado de experiencia supone una mayor probabilidad de éxito, evitando retrasos e ineficiencias durante las diferentes etapas del proyecto.
- Tiempo de ejecución: dado que el objetivo es asignar los recursos de la forma más eficiente posible, el tiempo es una variable clave, ya que supone el uso de recursos de todo tipo, lo que en algunos casos podría suponer un alto costo de oportunidad.

Figura 10: estructura con criterios y subcriterios para el caso de estudio de EFE, variante mínimo costo



Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Modelo para proyectos evaluados con costo-beneficio

Dado que los criterios de la variante de mínimo costo se repiten en este modelo, solamente se explicarán los nuevos criterios a incluir.

En la *Figura 11* se muestra la estructura con criterios y subcriterios para esta variante de proyectos evaluados con la modalidad de costo-beneficio.

Seguridad y eficiencia

- Mejoras en eficiencia: se relaciona con todos los sistemas de gestión y soporte tecnológico que ayuden a realizar las operaciones de la empresa de una manera más eficiente y eficaz, reduciendo el riesgo de errores humanos, pudiendo aumentar en algunos casos los niveles de seguridad.

Económico y financiero

- VAN privado: Valor Agregado Neto o Valor Presente Neto (VPN), representa el aporte del proyecto medido en dinero del periodo inicial sobre la mejor alternativa de uso del capital invertido en un proyecto de igual riesgo. El VPN indica la cantidad de dinero que habría que entregarles a los dueños del proyecto hoy para que fueran indiferentes entre esa cantidad y los flujos futuros del proyecto [13]. En la práctica se calcula como la suma de todos los flujos futuros del proyecto, traídos a valor presente.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

En donde:

- F_t = flujo que entrega el proyecto en el periodo t.
- r = tasa de descuento del proyecto, representa el costo de oportunidad a igual riesgo.
- n = horizonte de evaluación del proyecto.

No se consideran VAN y TIR en simultáneo porque una de las condiciones que se exige al momento de estructurar criterios y subcriterio es que haya independencia entre ellos, lo cual no se cumple para estas dos métricas, ya que la TIR se deriva del VAN y, si es que el orden de los flujos de un proyecto no cumple con la secuencia "inversión inicial-beneficios", el análisis va a variar respecto a ese caso.

Otro problema que presenta, es que la TIR en el caso general no es un indicador único para cada proyecto. Matemáticamente, las TIR son las raíces del polinomio que llamamos VAN (donde la variable del polinomio es $d = 1/(1+r)$). El teorema fundamental del álgebra indica que un polinomio de grado n tiene a lo más n raíces reales y exactamente n raíces complejas.

Lamentablemente, el hecho de que la TIR no siempre sea única hace que no sea un indicador tan robusto como el VAN [13].

Social

Mantiene el subcriterio de población beneficiada, agregando los siguientes 3 subcriterios:

- Población perjudicada: es el total de personas que se estima puedan verse perjudicadas con la implementación del proyecto a analizar.
- VAN social: para el caso de la cartera de proyectos de EFE, el VAN social considera dentro de la determinación de costos y beneficios: el impacto en las personas a nivel de población perjudicada y beneficiada, impacto en accidentabilidad y externalidades medio ambientales positivas. Teniendo en cuenta que la población beneficiada siempre será mucho mayor que la perjudicada, existirá una correlación entre esta con el valor final del VAN social, la cual se supondrá que no afectará al axioma de independencia entre criterios para un mismo nivel jerárquico⁹.

El mismo análisis del apartado anterior se hace para justificar la no inclusión de la TIR en los subcriterios sociales.

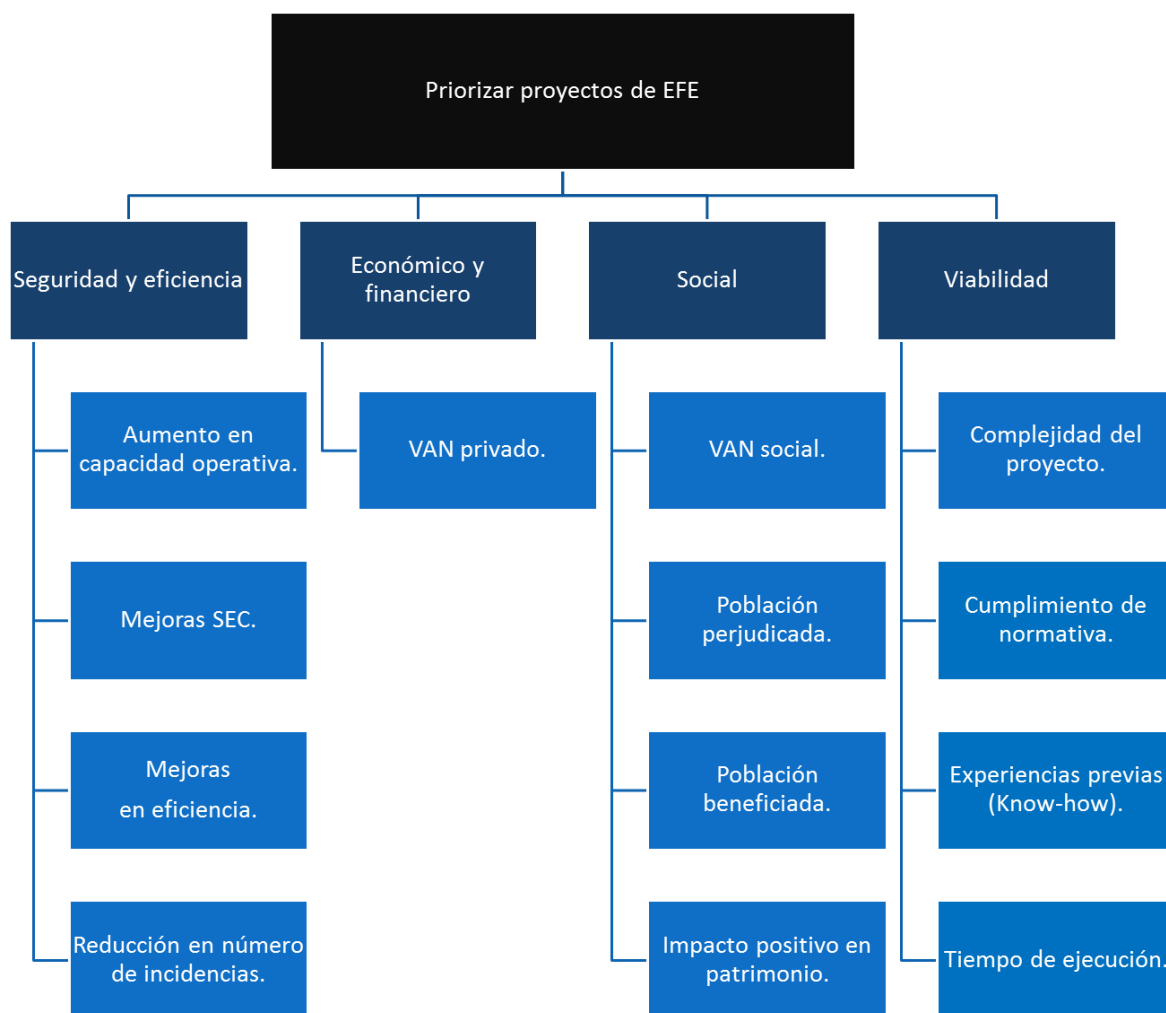
- Impacto en positivo en patrimonio: hace referencia a los impactos (beneficios) que pueda generar un proyecto en el patrimonio del sitio de intervención. Por patrimonio se entiende aquello que es considerado como herencia física o histórica por el país [12], lo cual incluye sitios/estructuras que resulten beneficiados por alguno de los proyectos de EFE.

Viabilidad

Idénticos a los utilizados en la variante de mínimo costo.

⁹ Lo cual se validará analizando la correlación entre los valores de VAN social y población beneficiada para los proyectos del plan trienal 2014-2016.

Figura 11: estructura con criterios y subcriterios para el caso de estudio de EFE, variante costo-beneficio



Fuente: elaboración propia.

4.3. Aplicación del modelo de priorización

Una vez consensuada la estructura con los criterios y subcriterios relevantes para el tomador de decisiones, se realizarán entrevistas individuales con cada uno de los integrantes del panel de expertos, de manera de ir midiendo sus preferencias de acuerdo a la estructura ya acordada y, al mismo tiempo, ir definiendo cuáles son las mejores métricas para cada uno de los criterios

terminales¹⁰, con lo cual se podrán valorar todas las alternativas y generar el *ranking* definitivo de proyectos priorizados.

En la *Tabla 6* se muestran los tomadores de decisión considerados para la obtención de los ponderadores con la respectivas fechas y horas de las entrevistas. Destacar que pertenecen a cargos gerenciales relacionados con las áreas más importantes en el ciclo de vida de los proyectos (Proyectos, Planificación) de la empresa y las áreas más relevantes de la misma (Seguridad Operacional, Ingeniería, Finanzas).

Para ver las preferencias de este conjunto de tomadores de decisiones, expresados como ponderadores para la estructura jerárquica presentada previamente, dirigirse a la sección "Ponderadores de criterios y subcriterios", en donde se desagrega según las dos variantes definidas (es decir, proyectos evaluados al mínimo costo y proyectos evaluados con la modalidad de costo-beneficio). Los detalles de las preferencias individuales de cada tomador de decisiones se encuentran disponibles en los anexos del presente documento.

Tabla 6: tomadores de decisiones entrevistados

Nombre y apellido	Cargo en EFE	Fecha entrevista	Hora entrevista
Víctor Morales	Gerente de Proyectos	2/5/2017	12:00
Darío Farren	Gerente de Planificación	8/5/2017	11:30
Raúl Etcheverry	Gerente de Seguridad Operacional	9/5/2017	10:00
José Miguel Obando	Gerente General Metro de Valparaíso	10/5/2017	11:00
Nelson Hernández	Gerente General Fesur	10/5/2017	11:00
Cecilia Araya	Gerente de Finanzas, Administración y Control de Gestión	15/5/2017	12:30

Fuente: elaboración propia.

¹⁰ En este caso, es sinónimo de subcriterio.

4.3.1. Definición de métricas e indicadores a utilizar

Dado que la metodología AHP requiere de una comparación de a pares entre criterios en un mismo nivel de la jerarquía y la posterior definición de métricas con sus respectivos indicadores¹¹, es necesario tener en cuenta las definiciones de medida relativa y medida absoluta¹².

Medida relativa es el establecimiento de un orden de alternativas de acuerdo a una comparación entre ellas mismas. Dada una estructura jerárquica, para cada criterio terminal se hace la comparación entre pares de alternativas, asignando para su valoración una escala común con valores entre 0 y 1. Al tener las ponderaciones de todo el árbol de criterios, se puede sintetizar en un valor para cada alternativa, también entre 0 y 1 [21]. El gran problema que presenta esta forma de medida es que pierde validez cuando se introduce una nueva alternativa, pues ello implica realizar todas las comparaciones otra vez, modificando las valoraciones para cada alternativa.

Por otra parte, la medida absoluta se usa para establecer un orden de las alternativas independientemente una de otra, en términos de una clasificación de intensidades para cada criterio. En este caso, todos los criterios terminales tienen una escala de medida con la cual se valorará cada una de las alternativas, a través de una escala que estará entre 0 y 1 [21].

Para este caso de estudio, se utilizará la medida absoluta, dada la gran cantidad de alternativas a comparar (lo que hace que una comparación por medidas relativas sea extremadamente compleja) y la variabilidad de ellas a través del tiempo, pues los proyectos del siguiente plan trienal podrían no ser los mismos, variando en tipo y cantidad, lo cual invalidaría todos los resultados previos.

Tal y como se mostró previamente, habrá un filtro para proyectos que sean muy urgentes para EFE, los cuales no serán evaluados con esta metodología

¹¹ Los cuales permitirán definir los niveles óptimos y mínimos para las métricas que se definan en los criterios terminales.

¹² De acuerdo a estudios psicológicos [21], las personas son capaces de hacer dos tipos de comparaciones: absolutas y relativas. En las primeras se comparan alternativas contra un patrón o estándar definido por la experiencia, mientras que en las relativas se compara alternativas semejantes de acuerdo a un rasgo común.

de priorización, sino que pasarán directamente a la evaluación del comité de inversiones. Este criterio de urgencia estará directamente relacionado con el nivel de seguridad, recogido en el factor de seguridad definido en la *Tabla 7*.

Valores de 3 y 4 para el factor de seguridad significarán un alto nivel de urgencia para el proyecto, por lo que en esos casos se pasará directamente al comité de inversiones. Notar que los proyectos de alta urgencia involucran grandes riesgos medio ambientales y para la vida de las personas, situaciones ante las cuales es esperable un proceder distinto del tradicional.

Tabla 7: definición factor de seguridad en proyectos de EFE

FACTOR SEGURIDAD		
EVALUACIÓN		DESCRIPCION
4	Alto	El no realizar implica un alto peligro en la vida de las personas
3	Medio	Alto impacto Medioambiental y/o moderado peligro en las personas
2	Bajo	Peligro a las personas o impacto medioambiental débil
1	Nulo	Lejana probabilidad de peligro o impacto social en las personas

Fuente: documentos proporcionados por EFE.

En la *Tabla 14* se muestra el resumen con los criterios terminales y sus respectivas métricas.

1. Aumento en capacidad operativa: será medido en toneladas que aporte cada proyecto. A mayor cantidad de toneladas, mayor será el aporte.
2. Mejoras SEC: serán medidas en cantidad de trenes afectados (beneficiados) anualmente, es decir, cuántas circulaciones de trenes adicionales a la situación sin proyecto aportan este tipo de mejoras. A mayor valor de la métrica, más beneficioso será.
3. Mejoras en eficiencia: medida en reducción de horas hombre al año gracias al proyecto en particular. A mayor valor de la métrica, mayor será la mejora en eficiencia. Cualquier correlación que pueda existir

entre esta métrica y el VAN privado, será considerada irrelevante para el presente trabajo.

4. Reducción en incidencias: también será medido en cantidad de trenes afectados al año, entendiendo que una reducción en el número de incidencias genera que haya mayor disponibilidad de material rodante para circulaciones, por lo tanto, a mayor valor de la métrica, más deseable será. Esto hace que surja un problema, ya que al medir 2 subcriterios pertenecientes al mismo nivel con la misma métrica se está violando el principio de independencia entre criterios.

Para solucionarlo se deben considerar los siguientes elementos:

- Que las mejoras SEC y la reducción de incidencias se midan con la misma métrica no implica que todos los proyectos vayan a tener ese valor para ambos criterios, pues esto dependerá del tipo de proyecto, pudiendo haber casos en que solamente uno de estos criterios le sean aplicables, por lo cual la correlación no será máxima.
- En segundo lugar, para reducir aún más este factor, se tomará en cuenta el impacto en la incidencia, que capturará la influencia del aspecto de seguridad en los proyectos de EFE¹³. En particular, proyectos que tengan impacto directo las circulaciones serán más relevantes para la empresa. La incorporación de este factor se hará por medio de un ponderador sobre la cantidad de trenes afectados por año. En la *Tabla 8* se muestran los tres niveles usados: crítico, para proyectos que afecten directamente las circulaciones de trenes en la vía; medio, para proyectos que estén relacionados con aspectos SEC y bajo para el resto de los proyectos.

5. Costo Anual Equivalente (CAE): medido en miles de pesos chilenos, a menor CAE, más deseable será el proyecto según esta métrica.

¹³ Entendiendo que, por ejemplo, el impacto de un proyecto de mejora de comunicaciones entre trenes y la reparación de un puente afectan de distinta manera, siendo este último el que más directamente puede afectar a los pasajeros.

6. VAN privado: medido en miles de pesos chilenos, a mayor VAN privado, más rentable (y por tanto más deseable) será el proyecto bajo esta métrica.
7. Población perjudicada: medida en cantidad de personas, sin distinguir por otras características como condición socioeconómica, género, lugar de residencia u origen étnico. A menor población perjudicada, mejor será el proyecto bajo esta métrica.
8. Población beneficiada: medida en cantidad de personas, sin distinguir por otras características como condición socioeconómica, género, lugar de residencia u origen étnico. A mayor población beneficiada, mejor será el proyecto bajo esta métrica.
9. Impacto positivo en patrimonio: si el proyecto presenta algún impacto positivo en el patrimonio, se le asignará un 1 al indicador y, en caso contrario, se le asignará 0.
10. VAN social: medido en miles de pesos chilenos, a mayor VAN social, más rentable (y por tanto más deseable) será el proyecto bajo esta métrica.
11. Complejidad del proyecto: el nivel de complejidad del proyecto dependerá de dos grandes factores: complejidad a nivel medio ambiental y cantidad de especialidades del negocio de EFE involucradas.

La complejidad a nivel medio ambiental tiene 3 niveles, ordenados de mayor a menor complejidad: requerimiento de estudio de impacto ambiental, requerimiento de declaración de impacto ambiental y sin requerimiento de ningún tipo. En la *Tabla 9* se muestra la asignación de puntaje para cada nivel, los cuales van descendiendo desde el 3 hasta el 1, ordenando de mayor a menor dificultad.

La cantidad de especialidades influirá directamente sobre el nivel de complejidad: a mayor número, mayor el puntaje, en donde cada especialidad aportará 1 punto, las cuales se enlistan en la *Tabla 10*.

El valor final para esta métrica estará dado por el producto de ambos factores, por lo que sus valores estarán en el intervalo [1,18]. A mayor valor de complejidad, menos deseable será el proyecto.

Tabla 8: impacto de incidencias en proyectos de EFE.

IMPACTO DE LA INCIDENCIA		
EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	
10	Crítica	Asociada a proyectos que estén directamente vinculados con la circulación de trenes.
2	Media	Asociada a proyectos SEC.
1	Baja	Asociada al resto de los proyectos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9: valoraciones para complejidad medio ambiental en proyectos de EFE.

COMPLEJIDAD MEDIO AMBIENTAL		
EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	
3	Alta	Se requiere desarrollar un estudio de impacto ambiental.
2	Media	Se requiere desarrollar una declaración de impacto ambiental.
1	Baja	No existe obligación de desarrollar ninguno de los anteriores.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10: especialidades involucradas en proyectos de EFE.

Especialidad	Descripción
Puentes	Relacionado con la mantención de estas estructuras.
Superestructuras	Relacionado con estructuras en la vía como durmientes, rieles, terraplenes y obras civiles.
Señalización	Relacionado con la tecnología de señalización en la vía.

Comunicaciones	Relacionado con intervenciones que mejoren la comunicación de los trenes en la vía con las centrales de control.
Electrificación	Relacionado con la infraestructura eléctrica que garantiza un normal funcionamiento en la vía.
Material rodante	Relacionado con vagones y locomotoras.

Fuente: elaboración propia.

12. Cumplimiento de normativa: se definieron los valores en la escala mostrada en la *Tabla 11*, los cuales están relacionados con la necesidad legal que tiene la empresa de desarrollar el proyecto, por lo tanto, a mayor valor de esta métrica, más deseable será el proyecto para EFE bajo este enfoque.

Tabla 11: definiciones para cumplimiento de normativa.

NORMATIVA LEGAL		
EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	
4	Alta	Existe obligatoriedad legal. EFE está en incumplimiento legal.
3	Media	Existe obligatoriedad legal, EFE deberá cumplir la normativa.
2	Baja	No existe obligatoriedad legal, pero es recomendable por el organismo competente.
1	Nula	No existe obligatoriedad legal.

Fuente: documentos proporcionados por EFE.

13. Experiencias previas (*know how*): también definido en una escala, presentada en la *Tabla 12*, en la cual se valora más la experiencia previa en proyectos de similares características.

Tabla 12: valores definidos para know-how de EFE.

KNOW HOW		
EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	
1	Nulo	No se han realizado proyectos similares y no se tienen fuentes de conocimiento interno, por lo que se requeriría una asesoría externa.
2	Bajo	Se tiene un bajo conocimiento interno o sólo se ha realizado un proyecto de similares características.
3	Medio	Se han realizado proyectos de iguales características y se tiene un alto nivel de conocimiento interno.
4	Alto	Se han realizado proyectos de iguales características internamente.

Fuente: documentos proporcionados por EFE.

14. Tiempo de ejecución: medido en meses, a menor valor de esta métrica, más deseable será el proyecto desde este punto de vista. También se definió una escala, mostrada en la *Tabla 13*.

Tabla 13: definición para tiempos de ejecución de proyectos de EFE.

TIEMPO DE EJECUCIÓN	
EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Mayor a 24 meses
2	12 a 24 meses
3	6 a 12 meses
4	Menor a 6 meses

Fuente: documentos proporcionados por EFE.

Tabla 14: resumen de métricas a utilizar para criterios terminales

Nombre criterio	Variante en la cual se usará	Métrica asociada
Aumento en capacidad operativa	Ambas	Toneladas
Mejoras SEC	Ambas	Número de trenes afectados anualmente

Mejoras en eficiencia	Costo-beneficio	Reducción en horas hombre al año
Reducción en el número de incidencias	Ambas	Número de trenes afectados anualmente*Impacto de la incidencia.
Costo Anual Equivalente (CAE)	Mínimo costo	Miles de pesos chilenos
VAN privado	Costo-beneficio	Miles de pesos chilenos
Población perjudicada	Costo-beneficio	Número de personas
Población beneficiada	Ambas	Número de personas
Impacto positivo en patrimonio	Costo-beneficio	Variable binaria
VAN social	Costo-beneficio	Miles de pesos chilenos
Complejidad del proyecto	Ambas	Complejidad = número de especialidades ¹⁴ * ponderador de complejidad ambiental ¹⁵
Cumplimiento de normativa	Ambas	Escala de importancia ¹⁶
Experiencias previas (<i>know how</i>)	Ambas	Escala de importancia ¹⁷
Tiempo de ejecución	Ambas	Meses ¹⁸

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Obtención de datos

Para obtener los datos con los cuales se harán las valoraciones de las alternativas¹⁹, se recurrirá a los datos proveniente de las fichas IDI²⁰, complementadas con documentos elaborados por la misma empresa (resúmenes, descripciones de los proyectos, mediciones, etc.) y que forman parte de la carpeta de cada proyecto, la cual es enviada al MDS.

El modelo multicriterio planteado tiene la característica de ser compensatorio, es decir, que, para cualquier alternativa, un mal desempeño en un criterio

¹⁴ Ver Tabla 10.

¹⁵ Ver Tabla 9.

¹⁶ Ver Tabla 11.

¹⁷ Ver Tabla 12.

¹⁸ Ver Tabla 13.

¹⁹ Aquellas alternativas que serán sometidas a evaluación en alguna de las dos variantes del modelo de priorización.

²⁰ Facilitadas por la empresa en algunos casos y, en otros, obtenidas desde el portal del Banco Integrado de Proyectos (BIP).

debe verse compensado con un buen desempeño en otro. Para este caso de estudio, se tiene que habrá proyectos de diferentes programas que la empresa debe llevar a cabo, los cuales tienen diferentes objetivos y, por lo tanto, generará que a sus respectivos proyectos no les sean aplicables todos los criterios²¹.

A nivel práctico, esto significa que existirán proyectos a priorizar que tendrán un valor de 0 en las métricas asociadas a los criterios que no le sean aplicables. Paralelamente, si el criterio es aplicable pero no está el dato, se le asignará un valor de 1²².

Lo anterior hace sentido si se piensa en un proyecto al que le sean aplicables todos los criterios del modelo (en alguna de sus variantes), en ese caso, debería tener un valor distinto de cero en todos ellos, lo cual hace que se propenso a ocupar una mejor posición en el *ranking*. La justificación para esta situación pasa porque cumplir con todos los criterios refleja un mayor nivel de importancia para la empresa, al ser un aporte en las distintas dimensiones que son capturadas en los programas de proyectos ya mencionados.

Para aquellos indicadores cuya medición no sea directa, se recurrirá al juicio experto, apoyándose en la construcción de medidas absolutas para objetivar dichos juicios. En particular, será a través de Viviana Vergini, Subgerente de Planificación de EFE.

En la *Tabla 15* se muestra el resumen con la fuente de datos utilizada para cada métrica y los supuestos utilizados en aquellos casos en que los datos no se presentaban directamente en las fichas IDI y diferentes documentos facilitados por la empresa. De estas, destacar que las métricas asociadas al criterio de viabilidad fueron obtenidas en base a juicios expertos (salvo el tiempo de ejecución) y las demás en base a datos disponibles en las fichas IDI o en las carpetas con la documentación asociada a cada proyecto.

²¹ Dada la explicación del concepto de compensatorio, esto no será un inconveniente para el modelo, pues en su planteamiento se considera esta situación.

²² Como se podrá ver en este capítulo, los criterios que podrían ser no aplicables para los proyectos de EFE llevan asociadas métricas económicas, de capacidad y eficiencia, estas dos últimas medidas anualmente, por lo tanto, es imposible que el valor real de estas pueda ser 1.

Hubo muchos casos en los cuales no se podían obtener las métricas directamente, como fue el caso de las toneladas movilizadas anualmente y los trenes afectados por año (en ambos casos se debió recurrir a estimaciones). Similar situación se dio para las métricas económicas (CAE y VAN), en donde se debieron hacer supuestos para poder estimar valores, en particular, para el CAE se asumieron periodos de evaluación de 5 años y una tasa de descuento del 6%.

Tabla 15: origen de datos y supuestos usados para cada métrica.

Métrica	Origen de datos/supuestos utilizados
Toneladas anuales	Fichas IDI, plantillas Excel de respaldo. En estas se podía encontrar el dato directamente o podía calcularse de acuerdo a la zona de influencia del proyecto (siempre se usaron datos de 2016 o los más actuales para cada proyecto). Hubo algunos casos en los que se debió estimar a partir de los TKBC ²³ asociados al proyecto.
Horas-hombre anuales	En pocos casos se reportaba esta métrica directamente y en otros se estimó en base a la cantidad de descarrilamientos y las HH ²⁴ ocupadas en cada uno de ellos.
Nº de trenes afectados al año	En todos los casos se debió hacer una estimación de esta métrica de acuerdo a la zona de influencia de un proyecto ²⁵ . Hubo dos maneras de estimarlos: con las frecuencias diarias por semana ²⁶ y con la cantidad de pasajeros movilizados al año ²⁷
Impacto de la incidencia CAE	Determinado en base a juicio experto. Una parte importante de los proyectos de Continuidad y Seguridad Operacional contaban con este indicador

²³ Toneladas kilómetro brutas completas, es una unidad usada en el transporte ferroviario para dimensionar el tonelaje movilizado en la red ferroviaria (ya sea completa o una parte de ella). Se relaciona con los costos operacionales de un proyecto. En base a datos históricos de la empresa, la cantidad de TKBC dividido en 2,1 da una aproximación al número de toneladas movilizadas.

²⁴ HH: Horas Hombre, según datos de EFE, cada descarrilamiento ocupa en promedio 30 HH.

²⁵ Para aquellas zonas con tráfico de carga y pasajeros, se usó el tráfico de pasajeros como estimador, ya que la cantidad de trenes de carga por año era una parte marginal del total (mucho menor al 1%).

²⁶ Se asumieron 52 semanas en el año y 16 horas diarias de operación (11 fuera de punta y 5 de punta) para aquellos proyectos sin información.

²⁷ Se asumió un promedio de 200 personas por tren.

	directamente en sus fichas IDI o en los documentos de respaldo (informes o planillas). Hubo algunos casos en que solamente se reportaba el Valor Actualizado de los Costos (VAC) y lo que se hizo fue calcular el CAE ²⁸ con una tasa del 6% ²⁹ a un periodo de 5 años ³⁰ . Si algún proyecto no disponía del VAC, se usó el costo del proyecto como aproximación del VAC ³¹ .
VAN privado	No a todos los proyectos les correspondía hacer una evaluación privada, por lo que en esos casos se asignó un valor de \$0. Para los casos en que sí correspondía, se usó el valor (en miles de CLP) reportado en el documento más reciente.
Población perjudicada	No declarado en ningún proyecto ³² .
Población beneficiada	Casi todos los proyectos declaraban un valor de población afectada (beneficiada) en sus fichas IDI. En los pocos casos en que así no fue, se le asignó el valor de la población en la zona de influencia o el de un proyecto de similares características que sí tuviera un valor asignado.
VAN social	Explícitamente declarado en algunos proyectos. En aquellos casos en que no, se usó el valor de VAN social del proyecto complementario declarado en la ficha IDI. Para los demás casos ³³ , se asignó un valor de \$1 (miles de CLP).
Impacto en patrimonio	Declarado explícitamente en los documentos de aquellos proyectos con algún impacto.
Complejidad Ambiental	Declarado explícitamente en algunas carpetas de proyectos. En caso de no

²⁸ Con la función PAGO de Excel, en donde se ingresa el VAC, tasa y periodo de evaluación como parámetros. Se aplicó valor absoluto al resultado para obtener un CAE positivo.

²⁹ Equivalente a la Tasa Social de Descuento (TSD), ya que todos los valores de CAE corresponden al CAE social.

³⁰ Periodo de evaluación típico para un proyecto de costo mínimo.

³¹ Teniendo claro que esto constituye una sobreestimación del CAE, pues este costo no está siendo descontado a la TSD durante el periodo de evaluación del proyecto.

³² Al no estar declarado, se asumió un valor de 0 para todos los proyectos, lo cual planteó un problema matemático, ya que la fórmula usa la diferencia entre los máximos y mínimos de cada métrica para todos los proyectos. En este caso particular, al ser la diferencia nula, la función se indeterminaba, por lo que se definió un máximo de 1 y un mínimo de 0 para no afectar el resultado de la función. De esta manera, se garantizó que todos los proyectos tuvieran una valoración final de 0 en esta métrica, lo cual no afecta los análisis, pues no existen diferencias en los puntajes debido a este factor.

³³ Todos los proyectos evaluados con costo-beneficio deben tener un VAN social asignado.

	estar el dato, se asumió que todos los proyectos de construcción requerían de un Estudio de Impacto Ambiental.
Número de especialidades	Disponibles en la plantilla Excel resumen de los proyectos del PT ³⁴ , en donde los valores posibles eran 1 y 6 (correspondiente a Sistemas Ferroviarios).
Cumplimiento de normativa	Determinado en base a juicio experto.
Know-how	Determinado en base a juicio experto.
Tiempo de ejecución	Siempre se obtuvo directamente de las fichas IDI de cada proyecto.

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Procesamiento de datos

Todas las comparaciones se obtendrán en entrevistas individuales con cada tomador de decisiones y serán analizadas con el *software* Expert Choice, obteniendo así las ponderaciones para la estructura de criterios y subcriterios, mientras que para valorar las alternativas y generar el *ranking* se utilizará Microsoft Excel, ya que Expert Choice solamente permite hacer comparaciones entre alternativas a través de medidas relativas, lo cual no aplica para este caso, ya que se usarán medidas absolutas.

A continuación, se entrega el detalle de la normalización de las métricas definidas en la sección anterior, de manera de poder hacer que estas sean comparables entre sí.

1. Aumento en capacidad operativa: sólo se definirá un umbral desde el cual se le asignará un valor de 1 (máximo nivel de satisfacción), el cual serán 500.000 toneladas. Para valores entre 0 y 500.000, será un crecimiento lineal, ya que, a mayor valor de toneladas, más valorado será el proyecto.
2. Mejoras SEC: se le asignará un valor de 0 al proyecto con menor valor en trenes afectados y 1 al proyecto con un valor mayor. Los valores intermedios serán calculados con una función lineal creciente.

³⁴ Plan Trienal.

3. Mejoras en eficiencia: análogo a las mejoras SEC.
4. Reducción en el número de incidencias: análogo a mejoras SEC.
5. Costo Anual Equivalente (CAE): análogo a mejoras SEC, pero con una función lineal decreciente, en donde el menor CAE tendrá un 1 asignado.
6. VAN privado: análogo a mejoras SEC.
7. Población perjudicada: análogo a CAE.
8. Población beneficiada: análogo a mejoras SEC.
9. Impacto positivo en patrimonio: variable binaria, por lo tanto, no hay transformación que realizar.
10. VAN social: análogo a mejoras SEC.
11. Complejidad del proyecto: al máximo valor (18), se le asignará un 0 y al mínimo valor (1), se le asignará un 1. Valores intermedios serán interpolados linealmente en una función decreciente.
12. Cumplimiento de normativa: análogo a la complejidad del proyecto y sus valores definidos, salvo que esta vez resultará una función lineal creciente.
13. Experiencias previas (*know how*): análogo al cumplimiento de normativa.
14. Tiempo de ejecución: análogo al cumplimiento de normativa.

Haciendo una generalización, se tendrán dos casos posibles para las funciones de normalización: creciente y decreciente.

Para el caso creciente, visible en la *Figura 12*, se tendrá que los valores de la métrica estarán en el intervalo $[x_{\min}, x_{\max}]$ y los valores de la escala normalizada, en el intervalo $[0,1]$. Al ser una transformación lineal, solamente se requiere obtener la ecuación de la recta, para lo cual son necesarios dos puntos conocidos.

En este caso, los puntos corresponden a los pares ordenados $(x_{\min}, 0)$ y $(x_{\max}, 1)$. Utilizando la forma "punto-pendiente" de la ecuación de la recta, se obtienen las siguientes expresiones.

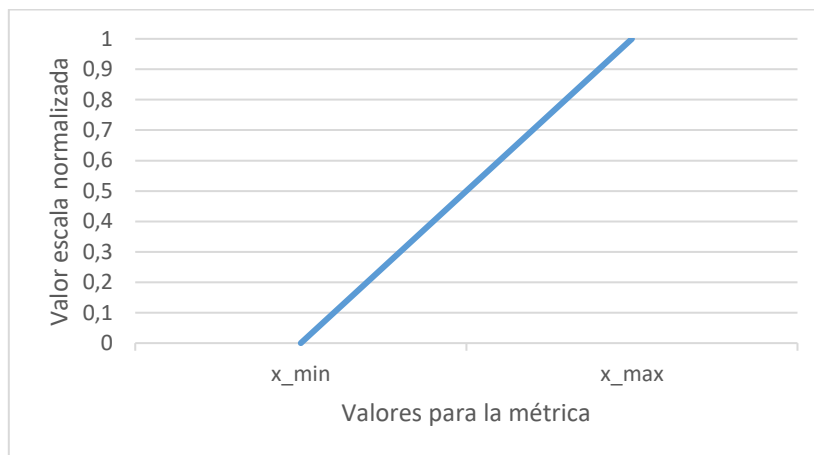
$(y - y_0) = m(x - x_0)$ Ecuación "punto-pendiente", en donde m es la pendiente de la recta y el par ordenado (x_0, y_0) es un punto conocido en la recta.

$m = \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}$ En donde (x_1, y_1) y (x_0, y_0) son puntos conocidos en la recta.

Para este caso en particular, la ecuación de la recta queda planteada de la siguiente manera:

$$y = \frac{(x - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}$$

Figura 12: función de normalización de métricas creciente

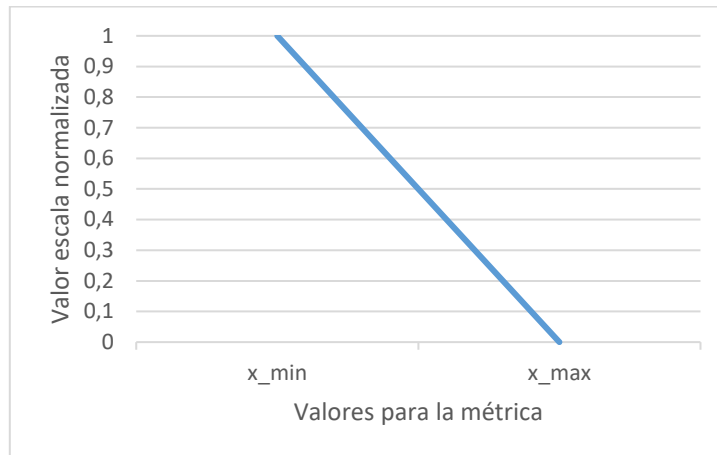


Fuente: elaboración propia.

En la *Figura 13* se muestra el caso para aquellas métricas cuyas funciones de normalización sean decrecientes. Siguiendo un desarrollo análogo al caso creciente, en este caso con los pares ordenados $(x_{\min}, 1)$ y $(x_{\max}, 0)$ como puntos conocidos sobre la recta, la expresión final es la siguiente:

$$y = \frac{(x - x_{\max})}{(x_{\min} - x_{\max})}$$

Figura 13: función de normalización de métricas decreciente



Fuente: elaboración propia.

Una vez definidas y obtenidas todas las métricas en su versión normalizada, se aplicará el método de promedios ponderados (WSM) con los valores de los ponderadores, obtenidos de las encuestas a los expertos, resultando un puntaje en el intervalo $[0,1]$ para cada proyecto del Plan Trienal 2014-2016.

Destacar que los datos, incluyendo su normalización y ponderación mediante el método WSM, serán trabajados en una plantilla de Microsoft Excel, en donde los valores para los ponderadores en las dos variantes del modelo serán un parámetro fijo.

4.3.4. Entregables a empresa

Dentro de la documentación que quedará en manos de EFE se cuenta.

- Una copia del presente documento.
- Una plantilla en Microsoft Excel con el *ranking* de proyectos del plan trienal 2014-2016 priorizados y las respectivas indicaciones para futuras modificaciones.

4.4. Ponderación de criterios y subcriterios

Tal como se mencionó en la sección anterior, las ponderaciones para los criterios de la jerarquía se obtuvieron con el *software* Expert Choice.

Para todos los tomadores de decisiones se siguió el siguiente protocolo:

- Se les contextualizó sobre el trabajo realizado, a través de una presentación, la cual incluía.
 - Objetivos: consensuar la estructura de criterios y subcriterios, para posteriormente obtener las percepciones a través de las matrices de comparación de a pares.
 - Resumen de metodologías de análisis multicriterio, con especial foco en AHP.
 - Consideraciones del caso de estudio de EFE: variantes del modelo y sus respectivas estructuras jerárquicas.
 - Diccionario de criterios.
- Se les consultó su opinión sobre la estructura propuesta. En caso de decir que sí, se procedió al siguiente paso; en caso de tener reparos, se tomó nota de ellos y se re-agendó la reunión.
- Se procedió a mostrarles el programa Expert Choice, explicando brevemente su funcionamiento. Los siguientes pasos aplican para todas las matrices de comparaciones de a pares en ambas variantes del modelo.

- Para cada par de criterios, se formularon las preguntas: ¿Cuál de los siguientes dos criterios es más importante?³⁵ ¿Por cuánto?³⁶
- Una vez respondidas las preguntas, el memorista registró el valor reportado en el programa.
- Una vez finalizadas las comparaciones en una matriz, se verificó el índice de inconsistencia. En caso de tener valores superiores a 0,1, se le indicó al entrevistado que existía una inconsistencia que debía ser corregida, actualizando la matriz en ese mismo momento.
- Una vez finalizadas todas las matrices, se le mostró al entrevistado el gráfico de barras con las ponderaciones asociadas a cada matriz.
- El entrevistado revisó los gráficos y, en caso de tener reparos, se procedió a revisar nuevamente la matriz de comparaciones de a pares asociadas; en caso contrario, se dio término a la entrevista, agradeciendo su participación.

Las preferencias, a nivel agregado, se muestran en las siguientes dos secciones (una para cada variante del modelo).

4.4.1. Modelo para proyectos evaluados al mínimo costo

En este caso, el criterio económico y financiero se refleja mediante el Costo Anual Equivalente (CAE), dado que los proyectos representados en esta estructura se evalúan con análisis de costo eficiencia. Estos proyectos corresponden a aquellos del programa de seguridad y continuidad operacional.

³⁵ Hubo ocasiones en las que se debió dar algún ejemplo concreto con proyectos de EFE que relacionara ambos criterios en cuestión.

³⁶ La mayoría de las veces, los entrevistados expresaron el nivel de predominancia mediante una proporción o porcentaje (ejemplo: 70%-30%, lo cual es equivalente a 2,33 (aprox.)) en la escala de Saaty.

Recordando que la ponderación agregada se obtiene aplicando una media geométrica a las ponderaciones individuales de cada tomador de decisiones, en la *Figura 14* se muestran los ponderadores locales para cada criterio y subcriterio. Para más detalles sobre los resultados arrojados por el *software* Expert Choice para esta variante del modelo, ver *Anexos C y D*.

A nivel de criterios estratégicos (primer nivel), el de seguridad y eficiencia es el de mayor relevancia para el conjunto de expertos (42,5% del total), lo cual es coherente con los lineamientos estratégicos actuales de la empresa, en donde se declara la seguridad como el factor más relevante al momento de realizar sus distintas operaciones.

En un segundo orden de relevancia, aparecen los criterios "Social" y "Viabilidad" (22,2% y 20,8% de relevancia respectivamente). El segundo lugar del criterio social también es coherente con la estrategia de la empresa, que declara en su misión la preocupación por el bienestar de sus usuarios y las comunidades en las cuales intervienen sus proyectos. Mientras que la ponderación para la viabilidad, interpretada como la dificultad que podría enfrentar la empresa al momento de ejecutar un proyecto, refleja que para la empresa no es tan relevante si un proyecto es complicado, en la medida que esa complejidad signifique una mejora en las condiciones de las comunidades involucradas y por, sobre todo, de la seguridad y eficiencia en las operaciones.

El último lugar en este nivel es ocupado por el criterio "Económico y financiero" (14,5%), lo cual refleja que a la empresa le importa poco si los réditos económicos no son los mejores si es que son un aporte en las demás dimensiones.

Notar que, si bien existen diferencias entre los ponderadores, ninguno de los 4 tiene un valor demasiado pequeño (el menor es de un 14,5%, correspondiente al criterio "Económico y financiero"), lo cual refleja que las 4 dimensiones propuestas son importantes para la empresa. La de seguridad y eficiencia y la social por ser parte de los pilares estratégicos de la empresa, y las económicas y de viabilidad por los aspectos de sostenibilidad en el tiempo involucrados.

A nivel de subcriterios (segundo nivel de jerarquía), se hará el análisis de acuerdo a cada criterio estratégico.

Seguridad y eficiencia.

El subcriterio que se lleva una mayor ponderación dentro de este nivel es "Reducción en el número de incidencias" (46,3%), seguido por "Mejoras SEC" (29,3%) y finalmente está "Aumento en capacidad operativa" (24,4%), lo cual refleja que, para los proyectos de seguridad eficiencia, los aspectos de seguridad y mejoras que contribuyan a este aspecto son mucho más importantes que aumentar la capacidad operativa (ya sea en proyectos de carga o pasajeros), lo cual es coherente, porque para tener una buena operación y buscar crecimiento en capacidad, se debe asegurar que las operaciones actuales se lleven a cabo dentro de los estándares de seguridad que la empresa busca.

Viabilidad.

En este caso, el subcriterio de mayor ponderación es "Cumplimiento de normativa" (41,6%), seguido por "Tiempo de ejecución" (22,4%), "Experiencias previas (*know-how*)" (21%) y "Complejidad del proyecto" (15%).

El orden de importancia de los criterios es coherente con el quehacer de la empresa, pues el aspecto más importante al momento de ejecutar un proyecto es ver que este cumpla con la normativa vigente (especialmente en aspectos de seguridad en las operaciones), es decir, un proyecto será viable siempre y cuando cumpla con la normativa, por lo que era esperable tener una mayor ponderación de este subcriterio.

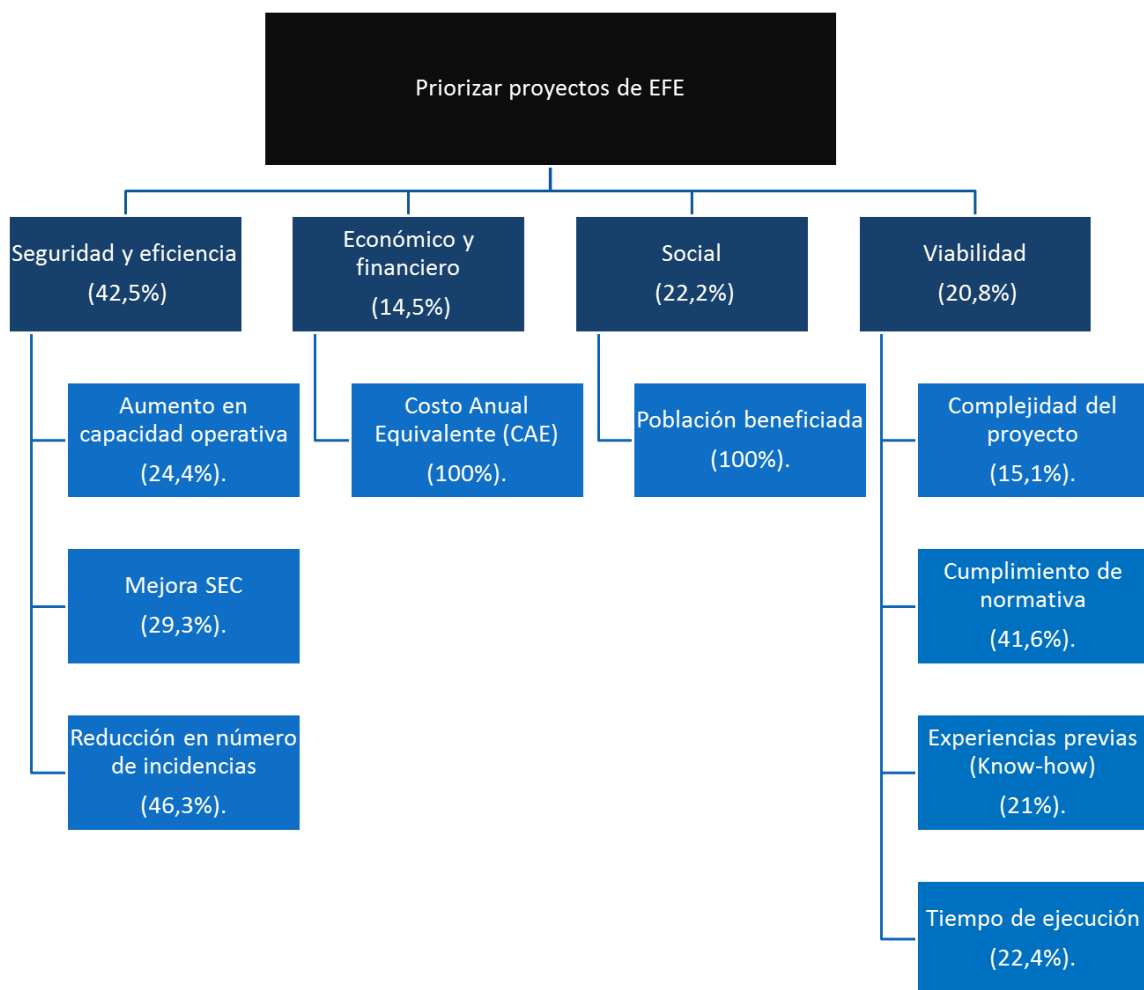
Luego, el tiempo de ejecución y el *know-how* de la empresa ponderan prácticamente lo mismo, con un nivel de importancia no menor, lo cual refleja que para EFE el costo de oportunidad de los recursos (de cualquier tipo) involucrados en el desarrollo de un proyecto (capturados en el tiempo de ejecución) es tan importante como las experiencias previas en proyectos de

similares características (es decir, la ejecución de un proyecto en el que no hay *know-how* no es algo trivial para EFE).

Finalmente, el nivel de complejidad del proyecto es el subcriterio que menos pesa, lo cual refleja que la empresa está dispuesta a ejecutar proyectos de alta complejidad en cuanto sean necesarios, es decir, la complejidad no es una restricción relevante al momento de decidir si ejecutar un proyecto o no.

En los criterios "Económico y financiero" y "Social", solamente hay un subcriterio, por lo que no hay análisis que hacer, ya que estos se llevan el 100% de la ponderación en cada caso.

Figura 14: ponderaciones agregadas para criterios de variante de mínimo costo



Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Modelo para proyectos evaluados con costo-beneficio

En esta variante se incluyen todos los proyectos que cuentan con VAN privado (y que, por tanto, tienen calculado su respectivo VAN social). Ambos indicadores son utilizados, estando el VAN privado como criterio económico y financiero y el VAN social como criterio social (debido a que considera externalidades sobre las comunidades y el medio ambiente). En la *Figura 15* se muestran las ponderaciones agregadas. Para más detalles sobre los resultados arrojados por el *software* Expert Choice para esta variante del modelo, ver *Anexos E y F*.

Como los criterios estratégicos son los mismos de la primera variante y no se hizo distinción entre los tipos de proyectos al momento de realizar las comparaciones que dieron lugar a los ponderadores, se pasará directamente a hacer los análisis respecto a los subcriterios.

Seguridad y eficiencia.

Dentro de los 4 subcriterios definidos, "Reducción en número de incidencias" es el de mayor importancia (38%), seguido de "Mejoras SEC" y "Aumento en capacidad operativa" (25,2% y 20,2% respectivamente), quedando en último lugar "Mejoras en eficiencia" (16,6%).

Nuevamente, al igual que en la variante de proyectos evaluados al mínimo costo, la reducción en el número de incidencias resulta ser el subcriterio más importante, lo que es coherente con la preocupación existente en EFE por la seguridad en sus operaciones. La mayor importancia de este subcriterio también se puede interpretar desde un punto de vista mediático, pues un accidente generará mala reputación para EFE, por lo cual, al reducir el número de incidencias, se está lidiando con este potencial problema.

La diferencia de 5 puntos porcentuales entre las mejoras en seguridad, comunicaciones y electrificación y el aumento en la capacidad operativa confirman el análisis realizado previamente, pues las mejoras SEC terminan

siendo un aporte a la seguridad en la vía (y, por lo tanto, ponderan más que el aumento en la capacidad operativa), lo cual es más valorado por la empresa que las mejoras que se puedan hacer en aspectos de eficiencia.

Lo anterior es ratificado por el último lugar que ocupan las mejoras en eficiencia. La lógica para esto es: no tiene sentido operar con mayor eficiencia si es que las condiciones mínimas de seguridad no se están cumpliendo.

Social.

Para los subcriterios sociales, el de mayor importancia, de acuerdo a las percepciones de los expertos, fue "Población beneficiada" (38,5%), seguido por "VAN social" (26,2%) y "Población perjudicada" (25,5%), dejando en último lugar a "Impacto en patrimonio" (9,7%).

La mayor ponderación para la población beneficiada tiene que ver con la misión y visión de EFE, relacionadas con llegar a la mayor cantidad de personas posible, generando impactos positivos en las comunidades, lo cual hace que este resultado esté dentro de lo esperado.

En un segundo orden de relevancia aparece el VAN social, que refleja los efectos de un proyecto sobre la población y otros efectos, por lo tanto, la correlación que pudiera existir entre este subcriterio y los dos de población se considerará irrelevante. Ponderando casi lo mismo que el VAN social, aparece la población perjudicada, lo cual refleja que a EFE le preocupará más la cantidad de personas que se verán beneficiadas con sus proyectos que aquellos que se verán perjudicados, lo cual es coherente si se toma en cuenta que la tendencia es que la población beneficiada sea mucho mayor en número que la población perjudicada.

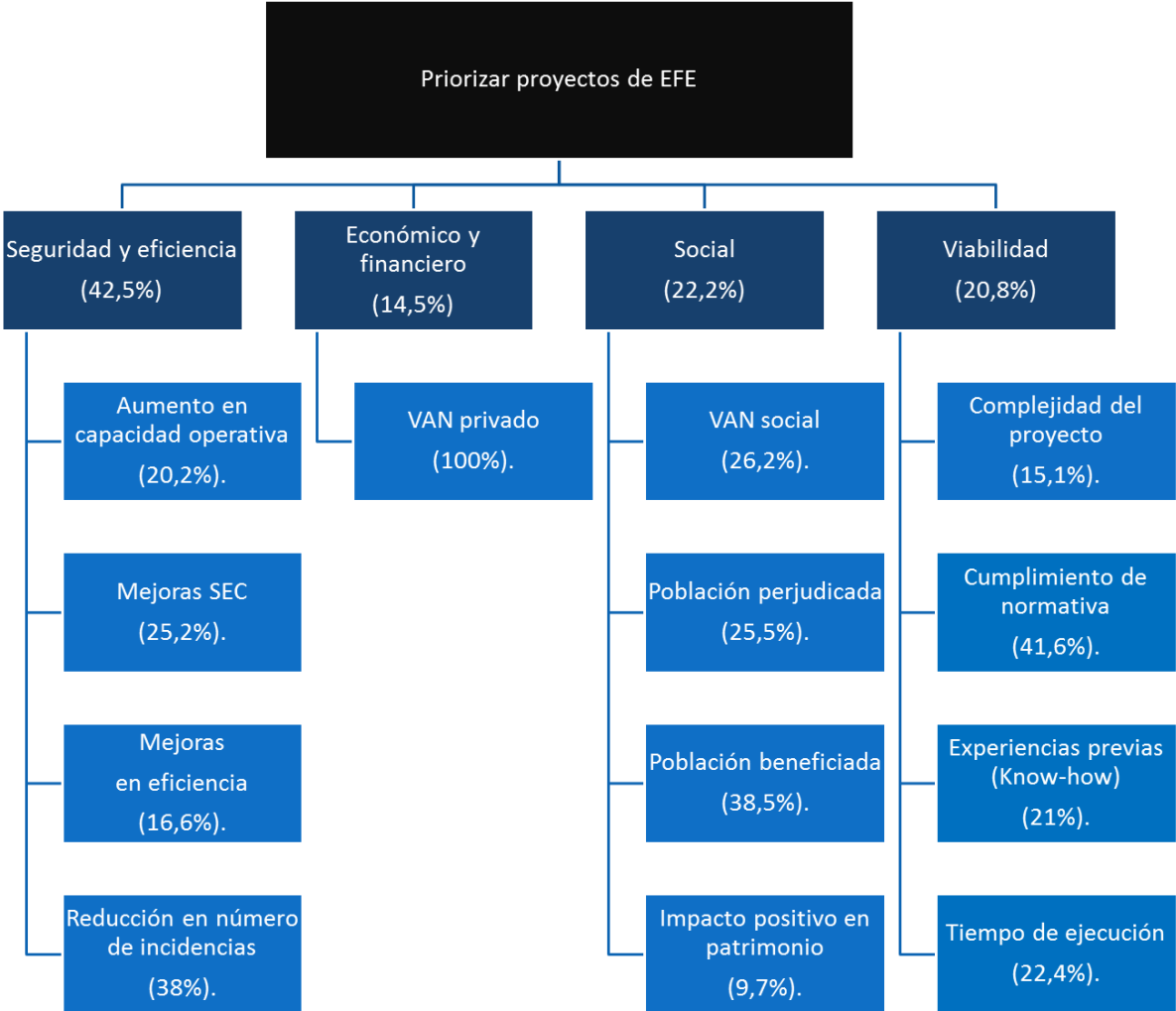
Finalmente, el impacto positivo en el patrimonio del país es un aspecto de baja relevancia para la empresa. En las conversaciones con los expertos se llegó a la conclusión de que el impacto positivo en patrimonio termina siendo una consecuencia de los proyectos realizados, pero no es usado como un elemento para decidir si ejecutar un proyecto o no.

Viabilidad.

Al tener en ambas variantes los mismos subcriterios, el análisis realizado es el mismo hecho en el modelo para proyectos evaluados bajo la modalidad de mínimo costo.

Para el criterio "Económico y financiero" existe un único subcriterio, que corresponde al VAN privado de cada proyecto, el cual se lleva la ponderación del 100% en este nivel, no habiendo análisis que realizar.

Figura 15: ponderaciones agregadas para criterios de variante costo-beneficio



Fuente: elaboración propia.

5. Capítulo 5: Resultados

En este capítulo, se presentan los resultados del modelo de priorización de proyectos separados de acuerdo a la modalidad de evaluación usada y, finalmente, se entrega el listado definitivo de la priorización de la cartera de proyectos del plan trienal 2014-2016 de EFE, dado el recorte presupuestario explicado en la sección "Alcances" de este informe.

Dicho recorte provocó que se debieran priorizar de manera automática aquellos proyectos que la empresa considerara más relevantes, haciendo que el modelo pueda aplicarse definitivamente sobre el plan trienal 2020-2022. Para evaluar la consistencia del modelo, se utilizarán los proyectos del plan trienal 2014-2016, de manera de generar un contraste entre los resultados mostrados en esta sección y las decisiones realmente tomadas por la empresa.

Para obtener el listado de proyectos priorizados, en cualquiera de las dos variantes, se llevó a cabo el procedimiento descrito a continuación³⁷:

- Para ambas variantes del modelo³⁸, se enlistaron todos los proyectos correspondientes a cada categoría, asignándole una ID (correspondiente al código BIP) a cada uno de ellos y valorándolos de acuerdo a las métricas ya definidas.
- Luego, se hizo la transformación de los valores brutos de las métricas a valores normalizados en la escala $[0,1]$, tal como indica la metodología AHP.
- Posteriormente, con los valores de los ponderadores ingresados en un recuadro de la plantilla, se calculó el puntaje de cada proyecto según el modelo planteado.
- Finalmente, se ordenó el listado en orden decreciente de acuerdo a su puntaje, obteniendo la priorización definitiva según el modelo³⁹. Además

³⁷ Realizado en un documento de Microsoft Excel.

³⁸ Por lo tanto, para cada paso de esta lista se crearon dos hojas, una para cada variante.

³⁹ Además, se incluyó dentro de la información la etapa del ciclo de vida del proyecto, de manera de dejar todas las ejecuciones en primer lugar y luego al resto. Además, dentro de cada sub-grupo se dejaron en primer orden aquellos que venían ejecutándose en Planes Trienales anteriores (llamados proyectos de arrastre).

de eso, se agregó una columna con la inversión necesaria para ejecutar dicho proyecto y su respectivo valor acumulado, para poder asignar una restricción presupuestaria que entregue el punto de corte para estos tipos de proyectos.

Respecto a los 94 proyectos que conforman el PT 2014-2016 a priorizar, se tomaron las siguientes consideraciones previas:

- En primer lugar, solamente se consideraron aquellos proyectos que tuviesen una ficha IDI asociada (y, por lo tanto, disponible en la base de datos del BIP). Esto provocó que la cantidad definitiva de proyectos a priorizar se redujera a 88 (detalle en *Anexo G*).
- Como segundo filtro, se dejaron fuera aquellos proyectos en cuyo Resultado de Análisis Técnico Económico (RATE) apareciera el valor OT (Objetado Técnicamente). Para este caso particular, un proyecto quedó fuera del análisis por estar con este resultado (para más detalles sobre los distintos RATE, ver *Anexo H*), por lo que la cartera definitiva a priorizar contará con 87 proyectos.
- Como último filtro, se tomó en cuenta la calidad de los datos de la métrica de población afectada para cada proyecto, en varios casos esta no resultaba representativa, considerando valores incluso superiores a la población total del país o de la zona de influencia del proyecto en cuestión. Para solucionar esta inconsistencia, se excluyeron todos los proyectos con valores de población afectada mayores a la población total en la zona de influencia del mismo, quedando la cartera reducida a 57 proyectos (listado completo disponible en el *Anexo I*).

Una vez hechos los filtros, se muestra una breve caracterización de la cartera a priorizar (*Tabla 16*), en donde 19 de los 57 proyectos fueron evaluados al mínimo costo (por lo que pertenecen al programa de Continuidad y Seguridad Operacional) y los restantes 38 utilizaron evaluación costo-beneficio, resultado que es esperable, pues hay 3 programas involucrados en este último caso. Otro argumento a favor es el momento actual de expansión de la empresa en los segmentos de carga y pasajeros, lo cual ha significado una mayor cantidad de proyectos asociados a esos programas.

Tabla 16: distribución de proyectos tipo de evaluación.

Proyectos evaluados con mínimo costo	19
Proyectos evaluados con costo-beneficio	38
Total proyectos	57

Fuente: elaboración propia.

Otras dos variables que ayudan a conocer un poco más en profundidad a la cartera sin entrar en detalles muy técnicos son el tiempo de ejecución esperado y el costo asociado a cada proyecto. Las *Tablas 17 y 18* muestran la clasificación de los proyectos de acuerdo a la escala de tiempos de ejecución definida en la sección de métricas a utilizar y la distribución de los costos en cuartiles respectivamente para la cartera completa.

En los tiempos de ejecución, se puede ver que la mayoría de los proyectos (32) está en el rango de 6 a 12 meses, mientras que apenas 4 tienen plazos de ejecución menores a 6 meses. Los proyectos con altos tiempos de ejecución (mayor a 24 meses) suman 13.

En los costos, se aprecian órdenes de magnitud diametralmente opuestos, teniendo proyectos inferiores a 100 millones de pesos y, por otra parte, mega proyectos que se acercan al billón⁴⁰ de pesos. Esta situación se debe a que se priorizarán conjuntamente proyectos operacionales (de menor costo) y estratégicos, pues lo que busca la empresa es saber en dónde invertir primero el dinero de su presupuesto. Sin embargo, si se observan los valores de los cuartiles, se puede ver que la mitad de ellos no supera los 1.654 millones de pesos en costo, y el 75% no supera los 4.400 millones, por lo que hay un grupo reducido que tiene altos costos y podría ocupar una gran parte del presupuesto (si es que no todo) en caso de tener un buen puntaje de acuerdo al modelo de priorización.

Tabla 17: tiempos de ejecución proyectos PT 2014-2016, cartera completa.

Tiempo de ejecución (meses)	Cantidad de proyectos
Menor a 6	4

⁴⁰ Entendiendo billón como miles de miles de millones.

[6-12]	32
[13-24]	8
Mayor a 24	13
Total	57

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18: cuartiles para costos, cartera completa.

Cuartil	Monto (Miles de CLP)
Mínimo	\$ 75.306
1	\$ 735.153
2	\$ 1.653.689
3	\$ 4.370.728
Máximo	\$ 712.243.336

Fuente: elaboración propia.

En las *Tablas 19 y 20* se muestran los mismos datos, desagregados para los proyectos evaluados al mínimo costo.

En los tiempos de ejecución, se visualiza un comportamiento idéntico al de la cartera completa, con una predominancia de proyectos con plazos en el intervalo de entre 6 y 12 meses (11), mientras que hay solo 3 que demoran 2 años o más como plazo esperado. Notar que para este grupo no hay proyectos con tiempos de ejecución inferiores a 6 meses

En los costos, se aprecian rangos más acotados para los proyectos⁴¹, lo cual obedece a que pertenecen a un programa específico. Al analizar los valores para los cuartiles, se tiene que los tres son mayores que en la cartera en general, por lo cual se puede inferir que estos proyectos son más costosos de realizar, lo cual es coherente al estar relacionados con la seguridad, que tiende a ser uno de los aspectos más costosos.

⁴¹ Pese a ellos se siguen apreciando costos en órdenes de magnitud distintos.

Tabla 19: tiempos de ejecución proyectos PT 2014-2016, variante de mínimo costo.

Tiempo de ejecución (meses)	Cantidad de proyectos
Menor a 6	0
[6-12]	11
[13-24]	5
Mayor a 24	3
Total	19

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20: cuartiles para costos, variante de mínimo costo.

Cuartil	Monto (Miles de CLP)
Mínimo	\$ 281.626
1	\$ 988.093
2	\$ 2.143.735
3	\$ 7.421.114
Máximo	\$ 23.165.343

Fuente: elaboración propia.

En las *Tablas 21 y 22* se hace el mismo análisis, pero ahora para los proyectos evaluados con costo-beneficio.

En cuanto a los tiempos de ejecución, se ve un comportamiento similar en cuanto a la predominancia de proyectos que duran entre 6 y 12 meses (21), pero para este caso, se aprecian 10 proyectos con duraciones mayores a 24 meses (versus los 7 que suman los otros dos intervalos), lo cual es esperable, pues en este grupo entran todos los proyectos estructurales de la empresa⁴².

En los costos asociados, se da la situación inversa a los proyectos de Continuidad y Seguridad Operacional, pues acá los 3 cuartiles presentan valores inferiores, lo cual apunta a que la mayoría de los proyectos de los

⁴² Por ejemplo, los mega proyectos de pasajeros, que es esperable tengan un mayor tiempo de ejecución.

demás programas representan un costo menor para la empresa, al tratarse en muchos casos de iniciativas puntuales.

Pero al mismo tiempo, se ve un rango de valores mucho mayor (de hecho, es equivalente al de la cartera completa), ya que junto a los proyectos de menor costo están aquellos de carácter estructural, que representan grandes montos de inversión para EFE.

Tabla 21: tiempos de ejecución proyectos PT 2014-2016, variante de costo-beneficio.

Tiempo de ejecución (meses)	Cantidad de proyectos
Menor a 6	4
[6-12]	21
[13-24]	3
Mayor a 24	10
Total	38

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22: cuartiles para costos, variante de costo-beneficio.

Cuartil	Monto (Miles de CLP)
Mínimo	\$ 75.306
1	\$ 644.589
2	\$ 1.606.778
3	\$ 4.210.439
Máximo	\$ 712.243.336

Fuente: elaboración propia.

La priorización definitiva finalmente no obedecerá a un único *ranking*, sino que a dos (uno para cada variante), cada uno con una parte del presupuesto total asignado. Al no haber una regla de decisión por parte de la empresa al momento de elaboración del presente documento⁴³, se hará el análisis de cada

⁴³ Decisión que escapa a los alcances del presente trabajo, ya que involucra la intervención de distintas Gerencias y Filiales al interior de EFE.

variante por separado, dejando en poder de la empresa todo lo concerniente a la asignación de montos para los distintos programas⁴⁴.

5.1. Priorización para proyectos evaluados al mínimo costo

Esta priorización corresponde a los proyectos pertenecientes al programa de continuidad y seguridad operacional de EFE. En la *Tabla 23* se puede ver el ponderador global para cada criterio terminal, en donde se aprecia que el criterio de población beneficiada es el de mayor ponderación, seguido por la reducción de incidencias y las mejoras SEC, sumando entre las 3 casi un 55% del puntaje total para cada proyecto.

Es por ello que cobra relevancia el filtro realizado para aquellos proyectos con valores de población al menos cuestionables, ya que una sobreestimación en esta métrica constituye una sobreestimación del proyecto, pudiendo afectar significativamente a los resultados del modelo.

Un análisis similar se hace para la correcta estimación/medición en la cantidad de trenes que circulan por una zona determinada, ya que está involucrada en dos métricas que suman poco más del 30% del puntaje total, y también para el CAE (14,5% del total).

El aumento de capacidad operativa, que pondera un 10,4% no debiera generar mucha diferencia entre proyectos en los cuales este criterio sea aplicable, ya que tiene definido un indicador óptimo en torno a un valor de 500.000 toneladas. Esto hace que varias iniciativas terminen siendo valoradas de igual manera por el modelo.

Los demás criterios tienen pesos específicos marginales respecto a los ya mencionados, y corresponden en su mayoría a los basados en juicios expertos.

⁴⁴ En esta parte es de vital importancia tener presente que la herramienta provista en el presente trabajo es de carácter informativo, siendo responsabilidad de EFE su correcta aplicación.

Tabla 23: Ponderaciones globales, variante de mínimo costo

Criterio terminal	Ponderación⁴⁵
Aumento en capacidad operativa	0,104
Mejoras SEC	0,125
Reducción en el número de incidencias	0,197
CAE	0,145
Población beneficiada	0,222
Complejidad del proyecto	0,031
Cumplimiento de normativa	0,087
Experiencias previas	0,044
Tiempo de ejecución	0,047
Suma de ponderadores	1

Fuente: elaboración propia.

En la *Tabla 24* se muestran los resultados arrojados por el modelo para esta variante, recordando que los elementos definitivos de priorización fueron respectivamente⁴⁶:

- Etapa del ciclo de vida del proyecto, privilegiando las ejecuciones por sobre el resto.
- Estado del proyecto, privilegiando aquellos “de arrastre” (es decir, que iniciaron en Planes Trienales anteriores).
- Puntaje AHP, ordenado decrecientemente.

Por temas de confidencialidad⁴⁷, en la *Tabla 24* la única información individual de los proyectos a mostrar será su etapa y estado (“de arrastre” o “nuevo”), además de los respectivos nombres, para facilitar el análisis⁴⁸.

⁴⁵ Redondeada al tercer decimal.

⁴⁶ En la práctica, estos fueron los filtros que se utilizaron en las tablas de Excel con resultados que serán mencionadas más adelante.

⁴⁷ Referido particularmente a datos específicos con los cuales se valoraron los proyectos, como son cantidad de toneladas de carga en circulación, cantidad de trenes e información de percepciones como el *know-how* de la empresa o la complejidad que cada proyecto realmente representa para EFE.

⁴⁸ No se incluirá información de los costos al no existir una regla de asignación presupuestaria definida para cada variante del modelo. Además, el costo como tal está incluido en el modelo dentro del criterio económico, por lo que hacer más análisis respecto a este tema sería redundante.

Respecto al orden definitivo para este grupo de proyectos, notar que todos están en etapa de ejecución, por lo que no hay análisis que hacer respecto a esta variable.

Si se analiza de acuerdo al estado del proyecto, la gran mayoría corresponde a iniciativas con una historia previa, provenientes de Planes Trienales anteriores. El principio que refleja este ordenamiento es el de terminar aquel proyecto que ya se inició, lo cual, si bien está reflejado en el filtro propuesto para privilegiar las ejecuciones, aporta información adicional, ya que dentro de las ejecuciones será más deseable invertir en aquellos proyectos que se hayan iniciado con más antigüedad, lo cual es equivalente a preferir proyectos con un mayor nivel de avance, tanto a nivel de objetivos⁴⁹ como de presupuesto.

A nivel de puntaje, hay 3 proyectos de arrastre que serían notoriamente más preferibles de acuerdo al modelo: "Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puente Maipo", "Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor" y "Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos".

Dos de ellos tienen que ver con la mantención de puentes, la infraestructura ferroviaria en la que la empresa debe centrar sus mayores esfuerzos de mantención debido a su alto impacto en las circulaciones de trenes, pues al no existir una red alternativa de circulación, un puente en mal estado (o eventualmente fuera de funcionamiento) afecta a todas las circulaciones de su zona de influencia, lo cual se acentúa con la estructura geográfica del país, que genera en muchos casos recorridos de varios cientos de kilómetros⁵⁰; el restante corresponde a una mejora SEC a nivel generalizado, lo que constituye un impacto menor a nivel de incidencias (de acuerdo con la escala definida), pero tiene un alcance que abarca a toda la red, razón por la cual resulta de alta relevancia para EFE⁵¹.

⁴⁹ Como sinónimo de porcentaje de cumplimiento del proyecto. Este aspecto es relevante, ya que involucra también a los tiempos de ejecución de manera indirecta: un proyecto con un mayor nivel de avance tendrá menos tiempo para ser terminado y, dado que el tiempo es escaso, este ordenamiento constituye una manera de usar este recurso de manera más eficiente.

⁵⁰ Particularmente, para unir Santiago con la zona centro-sur de Chile.

⁵¹ Un análisis similar se hace para el proyecto de limpieza de 31 transformadores en toda la red EFE, ubicado en el cuarto lugar.

En los demás proyectos de arrastre se observan puntajes en un rango más acotado, en donde no se observa un patrón de ordenamiento de acuerdo al tipo de proyecto, pues se mezclan iniciativas que afectan directamente a las circulaciones⁵² con proyectos SEC⁵³.

Mientras que para aquellos nuevos (con un valor "No" en la columna "¿Proyecto de arrastre?"), hay uno que por puntaje debiera estar en los primeros lugares, que corresponde a la reparación de puentes en la VIII Región, el cual es explicado por el alto impacto en circulaciones, debido a la cantidad de pasajeros y carga movilizada en esa zona, además de la población que se ve afectada por estas intervenciones, con una zona de influencia de alrededor de un millón de personas.

Otros dos proyectos con una valoración relativamente buena son la actualización del índice de peligrosidad⁵⁴ en cruces y la reparación de defensas fluviales en el Ferrocarril Arica – La Paz, mientras que el resto de los proyectos (reposiciones de material rodante) tienen bajo puntaje.

Lo anterior cobra sentido si se tiene en cuenta que el Programa de Continuidad y Seguridad Operacional busca garantizar las condiciones mínimas para que las circulaciones de trenes se den en condiciones normales, por lo que es esperable que las reposiciones de material rodante queden al final, privilegiándose en primer lugar la mantención de la infraestructura existente y las condiciones de entorno de vía (mejoras SEC) necesarias para ello.

⁵² Recordando que la no realización de estos proyectos pone en peligro la normal circulación de trenes en la red ferroviaria de EFE (ya sea en una parte de ella o en su total extensión).

⁵³ Proyecto cuya no realización no afecta directamente a las circulaciones de trenes, pero no permite que se realicen en el estándar deseable por la empresa (ya sea por motivaciones propias o de normativa).

⁵⁴ Es un valor calculado por la empresa para todos los cruces ferroviarios, de manera de determinar qué medidas de seguridad deben tomarse en ellos.

Tabla 24: Priorización para proyectos de mínimo costo, PT 2014-2016.

ID proyecto	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
12	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,684
3	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,677
8	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,627
19	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,560
11	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,513
17	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,495
16	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,483
6	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,449
4	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,441
14	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,418
15	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,301
1	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,240
2	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,219
13	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,605
9	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,512
18	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,434
5	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,346
7	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,339
10	Reposición Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,261

Fuente: elaboración propia.

5.2. Priorización para proyectos evaluados con costo-beneficio

Esta priorización corresponde a los proyectos pertenecientes a los demás programas de EFE (fuera del programa de continuidad y seguridad operacional), los cuales se evalúan por costo-beneficio. En la *Tabla 25* se muestran las ponderaciones globales para los criterios terminales utilizados en esta variante del modelo.

Para esta variante del modelo, al existir más criterios terminales, las predominancias son menos marcadas que en la versión para proyectos evaluados al mínimo costo. Sin embargo, hay tres criterios que en conjunto suman poco más del 40% del puntaje total: se trata nuevamente de los criterios de mejoras SEC (10,7%), reducción en incidencias (16,1%) y VAN privado (14,5%).

Las métricas asociadas corresponden a las mismas analizadas en la variante de mínimo costo⁵⁵: número de trenes por año que circulan en una determinada zona y el VAN privado, asociado al criterio económico.

El resto de los criterios poseen ponderadores relativamente parecidos, todos inferiores al 10% del puntaje total.

Tabla 25: Ponderaciones globales, variante de costo-beneficio

Criterio terminal	Ponderación⁵⁶
Aumento en capacidad operativa	0,086
Mejoras SEC	0,107
Mejoras en eficiencia	0,071
Reducción en el número de incidencias	0,162
VAN privado	0,145
VAN social	0,058
Población perjudicada	0,057
Población beneficiada	0,085
Impacto positivo en patrimonio	0,022
Complejidad del proyecto	0,031
Cumplimiento de normativa	0,087
Experiencias previas	0,044
Tiempo de ejecución	0,047
Suma de ponderadores	1

Fuente: elaboración propia.

Los resultados mostrados en la *Tabla 26* incluyen las mismas consideraciones hechas para la variante de proyectos evaluados al mínimo costo.

Para los proyectos evaluados bajo esta modalidad, se puede ver que los puntajes, en términos absolutos, son menores a los obtenidos para los proyectos mejor ubicados en la variante de mínimo costo. Esto es atribuible a que hay una mayor cantidad de criterios a considerar en la obtención del puntaje total y no a todos los proyectos les serán aplicables en su conjunto, por el carácter compensatorio del modelo.

⁵⁵ Con la única diferencia de que acá no aparece la población en los primeros lugares.

⁵⁶ Redondeada al tercer decimal.

En el orden definitivo para los proyectos en Ejecución concebidos en Planes Trienales anteriores, destaca el proyecto "Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos", iniciativa que abarca a toda la red EFE (en particular, afecta a las circulaciones en toda la red) y tiene buen desempeño en los criterios de viabilidad. Luego se ubican, con pocas diferencias de puntaje entre ellos, una serie de iniciativas que apuntan a mejorar la eficiencia en las operaciones (Programa de Productividad Operacional) con un alcance a toda la red ferroviaria de EFE y dos proyectos del Programa de Aumento en el Transporte de Pasajeros: La extensión del Biotren hasta la ciudad de Coronel (VIII Región) y el proyecto Rancagua Express. Finalmente, se ubican en este subgrupo aquellos proyectos que tienen un menor alcance a nivel de red, todos ellos relacionados con mejoras en la productividad operacional.

Mientras que para los proyectos de ejecución nuevos se observa que la "Reposición de Infraestructura Asociada a la Seguridad" es ampliamente preferido a otros proyectos de productividad operacional y pasajeros (Tren Santiago-Melipilla), lo cual refleja que el aspecto de seguridad es más importante para EFE.

Finalmente, si se analizan aquellos proyectos que no están en ejecución para el PT 2014-2016 y provienen de Planes Trienales anteriores, hay dos pertenecientes a la red sur de EFE (desde la VIII Región hacia el sur) que tienen que ver con el mejoramiento de la infraestructura, particularmente el puente Bío-Bío y la infraestructura de carga en general. Más abajo se ubican los proyectos de pasajeros (Alameda-Malloco, Mapocho-Batuco y la extensión del Metro de Valparaíso hasta Quillota y La Calera). Mientras que, para aquellos nuevos, la construcción de un cruce a desnivel en el sector de Caleta Portales, Valparaíso es el único que tiene un puntaje que lo ubicaría más arriba en el *ranking* si es que esta variable fuera la única usada en el ordenamiento, ya que tiene un alto impacto en los criterios de seguridad.

Tabla 26: Resultados priorización costo-beneficio, PT 2014-2016

ID proyecto	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
27	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,463
2	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,372
25	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,369
38	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,363
12	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,354
37	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,339
36	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,318
23	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,244
24	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,240
5	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,238
15	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,228
7	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,222
22	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,210
14	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,205
3	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,198
4	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,197
1	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,196
26	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,171
35	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,167
6	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,127
17	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,450
21	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
18	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,197
20	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,185
34	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,088
8	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,349
31	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,322
29	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,284
9	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
30	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,264
11	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,257
13	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,255
16	Mejoramiento Sistema Transporte Público Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,234
10	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,201
28	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,184
19	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,303
32	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,176
33	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,070

Fuente: elaboración propia.

Si se comparan los valores de los puntajes obtenidos por los proyectos en ambas variantes, se ve que claramente aquellos evaluados con mínimo costo presentan mejores resultados que los evaluados bajo la modalidad costo-beneficio, lo cual no presenta dificultades desde el punto de vista del análisis de los resultados, pues se trata de dos jerarquías independientes entre sí (tal y como ya fue explicado previamente).

Sin perjuicio de lo anterior, hay una interpretación para las diferencias entre los puntajes, las cuales son generadas por dos causas.

- La primera tiene relación con el tipo de proyectos que se evalúan en cada variante. Los de mínimo costo corresponden en su mayoría a proyectos del programa de Continuidad y Seguridad Operacional, lo que genera que todos los proyectos evaluados en esta variante tengan puntaje asociado en los distintos criterios. Por otro lado, en la variante de costo-beneficio conviven proyectos de distintos programas (por ejemplo, carga y pasajeros), lo cual terminará provocando estos no tengan puntaje asociado en todos los criterios, explicándose así la diferencia evidenciada en los resultados.
- De manera complementaria, la cantidad de criterios terminales es mayor en la variante de costo-beneficio, lo que se traduce en valores de ponderadores más bajos en relación a la variante de mínimo costo. Esto hace que un proyecto con buena evaluación bajo la modalidad de costo-beneficio sea menos “premiado” en términos de puntaje que una iniciativa evaluada con mínimo costo, lo que sumado a lo descrito en el párrafo anterior, termina por explicar las diferencias en los valores de los puntajes.

5.3. Análisis de sensibilidad

A continuación, se hará el análisis de sensibilidad para el subconjunto de proyectos del PT 2014-2016 ya definido, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones para ambas variantes utilizadas.

- Cada proyecto será tratado de acuerdo al valor de la columna ID (*Tablas 24 y 26*).
- Las variaciones serán realizadas sobre los dos criterios estratégicos de mayor ponderación (criterio de Seguridad y Eficiencia y criterio Social).
- Se usarán variaciones positivas y negativas del 1%, 5% y 10%.

- Se usará Microsoft Excel para hacer las variaciones mencionadas en el punto anterior⁵⁷, y luego se construirán las respectivas tablas de ponderadores en los 24 casos⁵⁸.
- Los resultados de esta sección corresponderán a una secuencia de ID's, en donde se comparará el orden original con el nuevo orden resultante.
- En particular, se hará el análisis para los 10 proyectos mejor ubicados en cada variante. Esto no plantea dificultades desde el punto de vista de los otros filtros aplicados, ya que en ambas variantes los 10 mejores proyectos son ejecuciones provenientes de PT anteriores, por lo que, en la práctica, las variaciones en el orden obedecerán exclusivamente a factores de puntaje.
- El análisis a realizar se hará en términos de posición de los proyectos y sus variaciones, mientras que el análisis de costo será excluido, debido a que EFE aún no define el corte que utilizará⁵⁹.

5.3.1. Variante de mínimo costo

En la *Tabla 27* se entrega el resumen de las variaciones del *ranking* para los 10 mejores proyectos. El resumen con las posiciones de los 19 proyectos se encuentra disponible en el *Anexo J*, mientras que el detalle de cada variación se encuentra en el *Anexo K* para el criterio de seguridad y eficiencia, y en el *Anexo L* para el criterio social.

En ninguno de los dos criterios se aprecian grandes cambios, manteniéndose los mismos proyectos dentro de los 10 primeros para todos los escenarios posibles. Se aprecian 3 subgrupos que se mantienen inalterables en la mayoría de los casos⁶⁰:

⁵⁷ Para hacer las variaciones se hizo el siguiente proceso: para cada criterio a analizar, se le fue sumando/restando la variación en sus distintos valores y a los demás criterios se les sumó/restó proporcionalmente a su ponderación original (se multiplicó la variación por la ponderación del criterio y luego se dividió por la suma de los 3 criterios que no variaban).

⁵⁸ Son 12 casos para cada variante, pues cada porcentaje de variación resultará en 2 tablas distintas (para alza y disminución), luego, al tener 3 variaciones diferentes, se generará 6 tablas para un criterio. Como se usarán 2 (Seguridad y Eficiencia, Social), se tienen los 12 casos en una variante, lo que totaliza los 24 casos.

⁵⁹ Por lo cual no tiene mucho sentido saber cuánto cuestan los 10 mejores proyectos por cada escenario.

⁶⁰ Los proyectos del primer subgrupo se mantienen inalterables en todos los casos, mientras que los del segundo y tercer subgrupo sufren cambios cuando las variaciones en los criterios de seguridad y eficiencia y del criterio social son de mayor magnitud.

- En un primer orden, los proyectos 12, 3 y 8.
- En un segundo orden, los proyectos 19, 11, 17 y 16.
- En un tercer orden, los proyectos 4, 6 y 14.

Para el primer subgrupo, se aprecia claramente que el proyecto 12 es el más preferible en casi todos los escenarios, salvo cuando el criterio de seguridad y eficiencia aumenta su ponderación en un 5% y 10%⁶¹, y cuando el criterio social baja en un 10%. Este resultado hace mucho sentido pues el proyecto 12 es la reparación del Puente Maipo, de alta prioridad para EFE, pues el impacto que tiene sobre las circulaciones es muy grande, lo cual también explica que el proyecto 8 esté en un primer orden.

La diferencia entre el proyecto 12 y el 8 también tiene que ver con la población beneficiada en una menor medida, lo cual se refleja en que este último proyecto resulta primero cuando el peso del criterio social cae de un 22,2% a un 12,2%. Respecto al proyecto 3, es uno más especializado en el criterio de seguridad y eficiencia, lo cual se verifica al ver que es mejor valorado si la ponderación aumenta (cosa que ocurre en los escenarios de +5% y +10%).

Para los subgrupos de segundo y tercer orden, las posiciones sufren variaciones para casos particulares, como los proyectos 17 y 6 que abandonan sus subgrupos en algunos casos.

El proyecto 17 por ejemplo, cae del sexto al octavo lugar cuando el criterio de seguridad y eficiencia baja su ponderación en un 10% y cae al séptimo cuando la ponderación del criterio social aumenta en un 10%, lo cual se sustenta en que, al ser un proyecto de mejora en comunicaciones, estará más enfocado en aspectos SEC (relacionados con seguridad y eficiencia) que, en otros criterios, por lo que una baja en su criterio más fuerte lo hará más susceptible a perder valoración. Análogamente, al tener un mal desempeño en el criterio social (beneficia a poca gente de acuerdo a lo reportado por su ficha IDI), una mayor importancia de este criterio hace que su desempeño sea más malo.

Mientras que para el proyecto 6, se tiene que sube al séptimo lugar cuando el criterio de seguridad y eficiencia pierde un 10% de su ponderación, caso contrario a lo que ocurre con las disminuciones del criterio social, que provocan

⁶¹ En estos casos termina segundo y cuando varía el criterio social en -10% termina tercer.

caídas en la posición de este proyecto al noveno lugar cuando el criterio social disminuye 1%, y décimo lugar cuando disminuye 5% y 10%, versus la subida al cuarto lugar ocurrida cuando este criterio aumenta en un 5% y 10%. El proyecto 6 es una reposición de infraestructura ferroviaria, la cual afecta a una gran cantidad de personas, lo cual explica la conducta de este proyecto frente a la disminución en importancia del criterio social, mientras que el alza experimentada cuando el criterio de seguridad y eficiencia cae en un 10% es explicada por el aumento en importancia que eso conlleva para el criterio social, que es donde mejor se comporta el proyecto⁶².

Tabla 27: resumen análisis de sensibilidad, ranking variante mínimo costo.

Criterio		Seguridad y eficiencia						Social					
% variación		1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%
N° ranking	Ranking original												
1	12	12	12	3	12	3	12	12	12	12	12	12	8
2	3	3	3	12	3	12	3	3	3	3	3	3	3
3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12
4	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	6	19
5	11	11	11	11	11	11	16	11	11	6	11	19	11
6	17	17	17	17	16	17	11	17	17	11	17	11	17
7	16	16	16	16	17	16	6	16	16	17	16	16	16
8	6	6	6	4	6	4	17	6	4	16	4	17	4
9	4	4	4	6	4	6	14	4	6	4	14	4	14
10	14	14	14	14	14	14	4	14	14	14	6	14	6

Fuente: elaboración propia.

Otro enfoque para explicar el poco cambio experimentado está en los valores que adoptaron los ponderadores globales asociados los subcriterios del último nivel jerárquico⁶³. De acuerdo a lo mostrado en la *Tabla 28*, las variaciones experimentadas por estos fueron bajas en general (el detalle de cada escenario se encuentra disponible en el *Anexo M* para el criterio de seguridad y eficiencia, y en el *Anexo N* para el criterio social), debido a que cada criterio estratégico estaba explicado por más de un subcriterio, con la excepción del criterio social, que era exclusivamente explicado por la población beneficiada.

El valor de este ponderador fue el que más varió, particularmente cuando se hicieron los cambios en la ponderación del criterio social (y, por lo tanto, en el peso de la población beneficiada en el puntaje total). Sin embargo, esto tuvo baja influencia en la distribución final de proyectos, pues todos tenían valores relativamente similares de población beneficiada, por lo que, al normalizar, las

⁶² Esto no implica que tenga un mal desempeño en seguridad y eficiencia, solamente que, en términos relativos, está mejor catalogado desde el punto de vista social.

⁶³ También llamados criterios terminales.

diferencias se hacían más pequeñas que las encontradas en otros criterios terminales⁶⁴.

Lo planteado en el párrafo anterior termina explicando lo ocurrido con los subgrupos de segundo y tercer orden, que fueron más sensibles a cambios de posición cuando se varió el criterio social, en particular para los cambios de 5% y 10%, versus lo que ocurrió con el criterio de seguridad y eficiencia, en donde el único caso en donde se modificó la distribución de los subgrupos fue cuando este criterio disminuyó su ponderación en un 10%, debido a que este 10% de pérdida se transfirió a los otros tres criterios de manera proporcional a sus ponderaciones, por lo que el criterio social vio aumentada su ponderación en poco más de un 5%.

Tabla 28: resumen de variación de ponderaciones en criterios terminales, variante mínimo costo.

Subcriterio	Ponderador global	Seguridad y eficiencia						Social					
	Original	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%
Aumento Cap. Operativa	0,104	0,106	0,101	0,116	0,092	0,128	0,079	0,102	0,105	0,097	0,110	0,090	0,117
Mejoras SEC	0,125	0,127	0,122	0,139	0,110	0,154	0,095	0,123	0,126	0,117	0,133	0,109	0,141
Reducción Incidencias	0,197	0,201	0,192	0,220	0,174	0,243	0,150	0,194	0,199	0,184	0,209	0,171	0,222
CAE	0,145	0,142	0,148	0,132	0,158	0,120	0,170	0,143	0,147	0,136	0,154	0,126	0,164
Pob. Beneficiada	0,222	0,218	0,226	0,203	0,241	0,183	0,261	0,232	0,212	0,272	0,172	0,322	0,122
Complejidad	0,031	0,031	0,032	0,029	0,034	0,026	0,037	0,031	0,032	0,029	0,033	0,027	0,035
Cumplimiento Normativa	0,087	0,085	0,088	0,079	0,094	0,071	0,102	0,085	0,088	0,081	0,092	0,075	0,098
Know How	0,044	0,043	0,044	0,040	0,047	0,036	0,051	0,043	0,044	0,041	0,046	0,038	0,049
Tiempo Ejecución	0,047	0,046	0,047	0,043	0,051	0,038	0,055	0,046	0,047	0,044	0,050	0,041	0,053

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Variante de costo-beneficio

En la *Tabla 29* se reporta el orden de los 10 mejores proyectos con respecto a las reglas de priorización acordadas con EFE, al igual que en la variante de proyectos evaluados al mínimo costo, en este caso los 10 proyectos a analizar corresponden a ejecuciones provenientes de Planes Trienales anteriores (en su orden original).

⁶⁴ Como, por ejemplo, en los que usaban la cantidad de trenes afectados al año, directa o indirectamente.

Las variaciones para el *ranking* completo se encuentran disponibles en el *Anexo O*, mientras que los detalles de las variaciones de puntajes se encuentran en el *Anexo P* para el criterio de seguridad y eficiencia, y en el *Anexo Q* para el criterio social.

Respecto a los resultados para los 10 mejores proyectos, se puede apreciar que el número 27 es el de mejor desempeño de manera dominante, ya que mantiene su primer lugar en todos los escenarios. Este proyecto, llamado "Habilitación empalmes de respaldo locales técnicos" tiene un alcance general a la red ferroviaria de EFE, permitiendo asegurar el suministro de energía a lo largo de esta, evitando así suspensiones de servicio innecesarias. Al tener buen comportamiento en los cuatro criterios estratégicos (y subcriterios asociados), las disminuciones de puntaje generadas en alguno de ellos son compensadas con el aumento de puntaje por los demás criterios.

Luego, hay un subgrupo de proyectos conformado por el 2, 25, 38, 12, 37 y 36 que siempre estarán entre el segundo y séptimo lugar, lo cual hace sentido pues este grupo vive en un rango de puntajes bastante pequeño. A continuación, se analizan las principales variaciones para los proyectos en este subgrupo.

El proyecto 2, que mantiene el segundo lugar en 7 de los 12 casos, ve afectada su posición con todas las disminuciones en el criterio de seguridad y eficiencia (cayendo al tercer, quinto y sexto lugar para caídas del 1%, 5% y 10% respectivamente) y con los aumentos del criterio social en un 5% y 10% (cayendo al tercer y cuarto puesto respectivamente). Recordando que este proyecto es la habilitación de una tercera vía para el Metro de Valparaíso, el resultado tiene coherencia, pues el aspecto de seguridad y eficiencia es el de mayor impacto para este proyecto, por lo cual las disminuciones causadas en estos criterios terminales afectan su puntaje (ya sea directamente o a través del aumento en el criterio social).

Luego, los proyectos 25 y 38 ("Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC" y "Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel" respectivamente) se comportan de igual manera para todas las variaciones, subiendo de lugar cuando el criterio de seguridad y eficiencia cae en 5% y 10% y cayendo cuando el criterio social sube un 5% (y también en un 10% para el caso del proyecto

38). La disminución de un 10% en el criterio social provoca el único escenario en donde es preferible el proyecto 38 al 25⁶⁵.

Un comportamiento casi análogo tiene el proyecto 12, con la salvedad de que este ocupa el segundo lugar cuando el criterio social aumenta en un 5% y 10%. Esto se explica porque esta iniciativa consiste en la automatización de los cruces a nivel, que si bien tienen una importante componente de seguridad, tienen una influencia aún mayor desde el punto de vista de la población afectada⁶⁶, ya que termina constituyendo un beneficio para todos quienes usen los cruces, ya sea a los habitantes de los distintos sectores en donde estos estén emplazados, a aquellos que deban cruzarlos a través de modos de transporte distintos al ferrocarril y, por supuesto, a todos aquellos que usen el ferrocarril (directamente relacionado con la cantidad de circulaciones).

Finalmente, los proyectos 36, 23 y 24 están relacionados, al ser "Rancagua Express" y proyectos asociados a construcción de estaciones⁶⁷. Para estos casos, el resultado del análisis de sensibilidad no sugiere grandes variaciones, lo mismo ocurre con el proyecto 5 ("Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción"), en donde los cambios de posición que se experimentan se explican por la cercanía de los proyectos en términos de puntaje. Para el caso particular del proyecto 5, tiene sentido que esté debajo del número 27, pues este apunta asegurar el suministro energético para las circulaciones, mientras que el número 5 es una mejora a ese aspecto.

Es importante recordar que este análisis se hace sobre los 10 mejores proyectos sobre un total de 38, por lo que a final de cuentas todos resultan de alta relevancia para EFE.

Tabla 29: resumen análisis de sensibilidad, ranking variante costo-beneficio.

⁶⁵ Lo mismo aplica para el proyecto 37, con valores de puntaje más bajos.

⁶⁶ Afectada como sinónimo de beneficiada, recordando que todos los proyectos fueron tomados con población perjudicada nula. Además, este proyecto tiene un buen valor de VAN social, en donde una de las causas es la gran cantidad de población a la que beneficia. Se aclara al lector que la correlación entre VAN social y población beneficiada fue prácticamente nula en este caso (-0,05 aproximadamente).

⁶⁷ En particular, los proyectos son: "Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express" (36); "Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express" (23) y "Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express" (24).

Criterio		Seguridad y eficiencia						Social					
% variación		1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%
N° ranking	Ranking original												
1	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
2	2	2	25	2	25	2	25	2	2	12	2	12	2
3	25	25	2	25	38	36	38	25	25	2	25	25	38
4	38	38	38	38	12	25	12	38	38	25	38	2	25
5	12	12	12	12	2	38	37	12	12	38	37	38	37
6	37	37	37	36	37	12	2	37	37	37	12	37	36
7	36	36	36	37	36	37	36	36	36	36	36	36	12
8	23	23	23	23	5	23	5	23	23	23	24	22	24
9	24	24	24	24	23	24	22	24	24	5	23	23	23
10	5	5	5	5	24	7	23	5	5	15	5	15	5

Fuente: elaboración propia.

En la *Tabla 30* se muestra el resumen de todas las variaciones en los valores de los ponderadores asociados a los criterios terminales en esta variante (el detalle de cada escenario se encuentra disponible en el *Anexo R* para el criterio de seguridad y eficiencia, y en el *Anexo S* para el criterio social).

Los resultados ahí mostrados validan los análisis ya hechos, los pocos cambios experimentados por los proyectos se explican por la inexistencia de un criterio absolutamente dominante sobre el puntaje final, lo que sumado a lo compensatorio del análisis (es decir, la variación de cada criterio se distribuía sobre los demás de manera proporcional a su puntaje) generó que los ponderadores no se modificaran tanto como para cambiar los resultados de manera significativa.

Para esta variante, lo anterior es aún más notorio porque, a diferencia de la variante de mínimo costo, en donde habían menos criterios y el social tenía un único criterio terminal (que modificaba significativamente su ponderador asociado), acá el único con esas características es el económico, que no es variado directamente, por lo cual los cambios en el ponderador son producto de la redistribución generada por las modificaciones hechas a los criterios de seguridad y eficiencia y al criterio social.

Si se observa detenidamente cada columna con los distintos casos, la cantidad de criterios “dominantes” no superará los 4, mientras que los demás sufrirán modificaciones de un orden relativamente pequeño. El hecho de tener una estructura con 13 criterios terminales ayuda a que esto sea posible, logrando robustez en los resultados obtenidos.

Tabla 30: resumen de variación de ponderaciones en criterios terminales, variante costo-beneficio.

Subcriterio	Ponderador global Original	Seguridad y eficiencia						Social					
		1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%
Aumento Cap. Operativa	0,086	0,088	0,084	0,096	0,076	0,106	0,066	0,085	0,087	0,080	0,091	0,075	0,097
Mejoras SEC	0,107	0,110	0,105	0,120	0,095	0,132	0,082	0,106	0,108	0,100	0,114	0,093	0,121
Mejoras Eficiencia	0,071	0,072	0,069	0,079	0,062	0,087	0,054	0,070	0,071	0,066	0,075	0,061	0,080
Reducción Incidencias	0,162	0,165	0,158	0,181	0,143	0,200	0,124	0,159	0,164	0,151	0,172	0,141	0,182
VAN privado	0,145	0,142	0,148	0,132	0,158	0,120	0,170	0,143	0,147	0,136	0,154	0,126	0,164
VAN Social	0,058	0,057	0,059	0,053	0,063	0,048	0,068	0,061	0,056	0,071	0,045	0,084	0,032
Pob. Perjudicada	0,057	0,056	0,058	0,052	0,062	0,047	0,066	0,059	0,054	0,069	0,044	0,082	0,031
Pob. Beneficiada	0,085	0,084	0,087	0,078	0,093	0,071	0,100	0,089	0,082	0,105	0,066	0,124	0,047
Impacto Patrimonio	0,022	0,021	0,022	0,020	0,023	0,018	0,025	0,023	0,021	0,026	0,017	0,031	0,012
Complejidad	0,031	0,031	0,032	0,029	0,034	0,026	0,037	0,031	0,032	0,029	0,033	0,027	0,035
Cumplimiento Normativa	0,087	0,085	0,088	0,079	0,094	0,071	0,102	0,085	0,088	0,081	0,092	0,075	0,098
Know How	0,044	0,043	0,044	0,040	0,047	0,036	0,051	0,043	0,044	0,041	0,046	0,038	0,049
Tiempo Ejecución	0,047	0,046	0,047	0,043	0,051	0,038	0,055	0,046	0,047	0,044	0,050	0,041	0,053

Fuente: elaboración propia.

6. Capítulo 6: Conclusiones

En este capítulo se presentarán las conclusiones de este trabajo desde lo general a lo específico, incluyendo una sección de recomendaciones, la cual apunta a mejorar el desempeño de la herramienta multicriterio desarrollada.

6.1. Conclusiones generales

Es de amplio consenso el hecho de que la evaluación económica no es suficiente al momento de determinar cuáles son las mejores alternativas para un tomador de decisiones. Así lo demuestran todos los casos analizados durante el periodo de trabajo y la experiencia particular vivida en EFE, solicitante de la presente memoria, quienes eran conscientes que carecían de una metodología que permitiera incluir variables que van más allá de la económica, lo cual generaba incertidumbre sobre la coherencia de las decisiones tomadas hasta ahora.

En ese sentido, la metodología multicriterio desarrollada, permitió validar los principios que guían el trabajo de la empresa, tanto a nivel operativo, táctico y estratégico. En el nivel operativo, se logra reflejar el hecho de que los proyectos que se inician primero tienen mayor importancia para la empresa, a través de la variable "Estado del proyecto" (arrastre o nuevo); para el nivel táctico (entendido a nivel de un Plan Trienal) se tiene la etapa del ciclo de vida del proyecto, en donde el principio es análogo al de la variable "Estado del proyecto", lo cual se traduce en que sea más importante llevar a cabo aquellos proyectos en fase de ejecución, pues ya se han iniciado. Finalmente, a nivel estratégico, los resultados obtenidos reflejan los principios que guían el actuar de la empresa: la seguridad es lo primero, y sin los estándares mínimos no es posible operar ni expandirse.

Dentro de las dificultades experimentadas destaca la de poder coordinar a los diferentes tomadores de decisiones al interior de la organización, en particular para poder reunirse con ellos, por lo cual no es recomendable considerar a una gran cantidad de personas. Otra dificultad fue la de alinearlos con el propósito de las metodologías multicriterio, dado que no forma parte de su trabajo diario, por lo que la labor del memorista fue fundamental al momento de hacer entender lo que se estaba haciendo y para qué se estaba haciendo.

Respecto a los resultados de los ponderadores en ambas estructuras jerárquicas, se puede decir que reflejan los lineamientos estratégicos de la empresa (tal y como fue mencionado), ya que la seguridad es lo más importante al momento de priorizar los proyectos de su cartera. De igual manera, aspectos relacionados con dificultades potenciales y aspectos técnicos en general fueron capturados por la metodología y obtuvieron valores significativos (si bien su aporte puntual fue bajo, se debe considerar que en la variante de mínimo costo hay 9 criterios terminales y en el de costo-beneficio hay 13).

Un elemento que aportó realismo al modelo, fue la inclusión del factor de seguridad de proyectos, gracias al cual aquellos proyectos de emergencia podrán ser analizados sin tener que pasar por la metodología, generando mejores tiempos de respuesta ante imprevistos. En la misma línea, los filtros aplicados para generar el *ranking* definitivo aportaron un elemento cualitativo difícil de capturar directamente por el modelo multicriterio, el cual tiene que ver con el orden lógico que debe tener cualquier organización para realizar sus proyectos: primero terminar aquello que se está ejecutando y luego lo demás.

Otro hecho que apoya lo desarrollado en la parte final del párrafo anterior es la calidad de los datos disponibles por parte de EFE. Para el caso de la población afectada, la poca credibilidad en muchos de los valores reportados en las fichas IDI hizo que se decidiera eliminar del análisis a aquellos proyectos que tuvieran un resultado de población afectada con esta característica, generando un perjuicio a los resultados finales, pues ya no se pudo priorizar la cartera que realmente se ejecutó.

De igual manera, la disponibilidad de datos es un aspecto de gran relevancia, pues sin ellos no se pueden obtener resultados concluyentes sobre las decisiones de inversión que deban tomarse. Para este caso de estudio en particular, la poca precisión en los datos de población afectada se sumó a que esta no se separaba en grupos perjudicados o beneficiados, pudiendo constituir un problema en el futuro en caso de existir un proyecto que deba perjudicar a un grupo de personas para lograr beneficios sobre otro grupo en el futuro. En esta ocasión no hubo perjuicios en los resultados porque ningún proyecto tenía esa característica.

Si se hace la comparación de resultados netamente por puntaje entre ambas variantes del modelo, es claro notar que los proyectos evaluados con la variante de mínimo costo logran un mejor desempeño que sus pares evaluados con costo-beneficio. Sin embargo, estos puntajes no son comparables entre sí, pues se usaron distintos criterios terminales para su evaluación.

Si se compara el orden final de proyectos para cada variante, se verá que en ambos casos los más relevantes fueron aquellos que tienen incorporado el elemento "seguridad" de manera protagónica, lo cual es evidente en la variante de mínimo costo, al tratarse de proyectos de continuidad y seguridad operacional, mientras que en la variante de costo-beneficio se puede establecer que es coherente con la prioridad de EFE de ejercer sus operaciones con este aspecto como eje central.

En cuanto a la prioridad de programas de proyectos para la empresa, se puede decir que el más importante es el de continuidad y seguridad operacional, razón por la cual se decidió separar el modelo en dos variantes, de manera de asegurar que sus proyectos fueran ordenados de una manera más objetiva (lo cual fue reflejado en su estructura jerárquica). Luego, dentro de los tres

restantes, el de productividad operacional se impone a los de aumento de capacidad de carga y pasajeros⁶⁸. Esto es coherente con lo expresado previamente: el aspecto de seguridad debe ser lo más importante para una empresa que opera ferrocarriles, dado el impacto y altos costos⁶⁹ generados con cualquier incidente que ocurre durante sus operaciones.

Pese a que los resultados permiten establecer un orden de preferencia para los programas de proyectos de EFE, debe recalcar que los cuatro son relevantes para la empresa, sobretodo en un momento en el que buscan una expansión en sus negocios de carga y pasajeros. Esa es otra razón por la cual se determinó separar el modelo de priorización definitivo en dos variantes, pues de esa manera se podrá definir una porción del presupuesto de la empresa para atender aquellos asuntos que sean de suma urgencia para garantizar que las operaciones se puedan realizar con normalidad (capturado en la variante de mínimo costo con los proyectos del programa de continuidad y seguridad operacional) y, al mismo tiempo, dejar el resto del presupuesto para ejecutar proyectos que mejoran la productividad en las operaciones y aumenten la capacidad de las mismas (lo cual se recoge en la variante de costo-beneficio, que contiene proyectos de los tres programas restantes).

Todos los análisis realizados hasta este punto cobran aún más relevancia si se toma en cuenta el hecho de que el modelo desarrollado en sus dos variantes mantiene sus resultados ante variaciones en las ponderaciones de los dos criterios estratégicos con mayor peso (criterio de seguridad y eficiencia y criterio social), por lo que existe una robustez ante posibles modificaciones futuras en los ponderadores por parte del panel de expertos de la empresa.

Para ambas variantes, existió la dificultad de contar con un elevado número de proyectos a priorizar, lo cual da más dificultad a los análisis que se deben realizar. De ahí la decisión de tomar solo los 10 mejores proyectos en cada caso y ver cómo se modificaba el *ranking*, entendiendo que la robustez obtenida se puede extrapolar a la cartera completa, dado que dentro de esos 10 proyectos había proyectos de todos los programas (para el caso de la

⁶⁸ Con la limitante ya mencionada: los resultados obtenidos son aplicables para un subgrupo de la cartera de proyectos del PT 2014-2016. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran concordancia con lo declarado por EFE, ya sea en sus documentos oficiales y en las múltiples conversaciones sostenidas en las entrevistas y trabajo cotidiano.

⁶⁹ Costos económicos, ambientales y mediáticos, por ejemplo.

variante costo-beneficio, pues en la de mínimo costo todos pertenecen al mismo programa).

Por último, y no menos importante, se da por cumplido el objetivo general de esta memoria, ya que se generó una priorización para la cartera de proyectos de EFE, con todas las indicaciones y particularidades detalladas a lo largo de los distintos capítulos de este documento⁷⁰.

6.2. Conclusiones específicas

Existió un *trade-off* entre simplicidad y completitud del modelo de objetivos y criterios utilizados para el presente caso de estudio, ya que la diversidad de proyectos incluidos en los programas del plan trienal de EFE invitaba a buscar criterios comunes para todos ellos.

En particular, el criterio de seguridad y eficiencia es aquel que dicen es más importante, siendo una dimensión no capturada previo a la realización de esta memoria. Otro aspecto relevante para ellos es el costo de oportunidad de los recursos, sobretodo en sus proyectos de mayor envergadura y/o con alta demanda por mano de obra especializada, en donde el mercado es limitado, lo cual pudo ser capturado con el criterio de viabilidad del proyecto y sus respectivos subcriterios.

El uso del VAN social en los proyectos analizados con costo-beneficio fue de gran utilidad, pues permitió incluir en un solo indicador los impactos ambientales generados⁷¹. Sin embargo, en cuanto a disponibilidad de datos, fue uno de los criterios que presentó dificultades, debido a que proyectos que debiesen tener un valor calculado sólo presentaban un valor para la TIR social o derechamente no lo tenían⁷².

⁷⁰ Con lo cual también se dan por cumplidos los objetivos específicos.

⁷¹ El VAN social también considera efectos sobre la población, que es otro criterio del modelo de costo-beneficio, lo cual podría generar una correlación, la cual se asumió como poco relevante desde un principio. Una vez obtenidos los datos, su valor fue de -0,05, lo cual validó la hipótesis planteada.

⁷² En los proyectos de EFE, todo aquel que tuviera VAN privado debía tener por obligación un VAN social, pero no viceversa.

En cuanto a los criterios de viabilidad, fueron los que representaron una mayor dificultad durante todo el proceso, desde la definición de las métricas, en donde se tuvo que recurrir a documentos internos de la empresa y definir una propia en conjunto con la Gerencia de Planificación y Estudios, hasta la obtención de la información sobre estas, pues se debió recurrir a juicios expertos de la misma gerencia para poder obtener las valoraciones (con la salvedad del tiempo de ejecución y el nivel de complejidad, obtenidos mediante datos objetivos de los proyectos).

Lo anterior genera un mayor grado de subjetividad en los resultados del modelo, ya que no todos los tomadores de decisión involucrados pueden tener la misma opinión respecto a qué valoración asignarle a cada proyecto (por ejemplo, no todos pueden pensar que el *know-how* para un proyecto en particular deba tener un valor en concreto).

Respecto a la aplicación del modelo, al existir una separación en dos variantes para priorizar los proyectos según el tipo de programa, se debió haber considerado una comparación separada de criterios estratégicos, de manera de valorar sus ponderaciones de acuerdo al tipo de proyecto a priorizar. Por ejemplo, el criterio social siempre tuvo un peso del 22,2% sobre el puntaje total y para la variante de mínimo costo, este criterio era explicado sólo por la población beneficiada, teniendo esta métrica una mayor relevancia que el aporte a la reducción de incidencias, el cual es un aspecto fundamental para los proyectos de continuidad y seguridad operacional (y, por tanto, es de esperar que el ponderador de este criterio sea mayor). Para solucionar esto, se propone hacer las comparaciones de criterios estratégicos diferenciando según el tipo de proyectos que pasarán por el modelo, en lugar de tener valores generalizados como en este caso de estudio.

Lo anterior no tuvo una mayor influencia en el *ranking* generado para los proyectos de continuidad y seguridad operacional, pues el aporte en población beneficiada para todos ellos fue prácticamente el mismo, por lo tanto, las diferencias en puntajes para cada proyecto están explicadas por otros criterios, como la reducción en el número de incidencias o mejoras SEC. Tampoco lo tuvo en los resultados para la variante de costo-beneficio, ya que aparecían más criterios como el VAN social y el impacto en patrimonio, además de que la población se separaba en perjudicada y beneficiada.

Respecto a la normalización de criterios en una métrica absoluta, un siguiente nivel de precisión podría incluir definiciones más complejas que funciones lineales, las cuales fueron empleadas por su simplicidad en la formulación. Una definición más precisa conllevaría más tiempo de trabajo, por lo cual quedó fuera de los alcances del presente trabajo.

En los resultados obtenidos, la diferencia entre priorizar solamente por puntaje versus hacerlo de la manera en que finalmente se hizo es grande, habiendo casos de proyectos que pudieron ocupar los primeros lugares de preferencia que terminaron ocupando posiciones finales, debido a su etapa en el ciclo de vida o a su antigüedad. Al respecto, se podría pensar que una manera más objetiva de haber filtrado pudo ser con el porcentaje del presupuesto utilizado por cada proyecto (manteniendo la separación entre ejecuciones y el resto de las etapas), pero eso hubiera constituido una invalidación del modelo multicriterio por completo, pues ordenando de manera decreciente de acuerdo al grado de avance, bastaría con tener todos los porcentajes distintos para que el puntaje pasara a tener un nulo nivel de decisión en cuanto al orden, limitando la decisión a un aspecto relacionado con factores económicos⁷³.

En la priorización mostrada no se terminó aplicando el flujo mostrado en la sección 4.2 de consideraciones del modelo debido a que la definición de urgencia allí provista debe ser definida por la plana mayor de la empresa (Directorio o Gerencia General). Además, independiente de que, si un proyecto termine o no pasando por el mecanismo de priorización en alguna de sus dos variantes, siempre será beneficioso saber qué tan valorado es por la empresa⁷⁴ en base a los criterios definidos en el modelo⁷⁵, ya que este constituye una herramienta informativa. En este sentido, surgió un nuevo *trade-off*, al tener que hacer convivir el puntaje obtenido teóricamente con aspectos relacionados con la realidad de la empresa y el trabajo que llevan a cabo con sus diferentes proyectos, en ese sentido, se concluye que se alcanzó un equilibrio, porque el puntaje sigue siendo el factor más importante para ordenar el listado, solo que esta vez es mediante la unión de varios subgrupos, los cuales están separados por variables lógicas como su etapa y nivel de antigüedad⁷⁶.

⁷³ Y cualquier otro que pudiera incidir en la asignación/uso del presupuesto para un proyecto en particular.

⁷⁴ De esta forma se pueden ordenar todos los proyectos que pasen como urgentes y se "salten" la priorización.

⁷⁵ En alguna de las dos variantes de este.

⁷⁶ Las cuales-tal como se dijo al comienzo de las conclusiones-reflejan decisiones operativas, tácticas y estratégicas.

El análisis de sensibilidad realizado sobre la variante de mínimo costo permitió detectar subgrupos de proyectos que se mantuvieron inalterables en todos los casos, sufriendo pequeñas modificaciones para casos extremos de variaciones, especialmente en el criterio social. Todo esto valida aún más todos los análisis hechos en la sección de resultados⁷⁷, pues terminan siendo aplicables en distintos escenarios.

Los resultados del análisis de sensibilidad para la variante de costo-beneficio mostraron que es consistentemente preferente realizar en primer lugar el proyecto de suministro de energía para locales técnicos, de manera de asegurar las condiciones para que las circulaciones se lleven a cabo de manera normal, siendo coherente a lo declarado por la empresa. Luego de este proyecto aparecieron otras mejoras de productividad y los proyectos de expansión de pasajeros que concentran la atención mediática (Como el proyecto "Rancagua Express" o la extensión del Biotren hasta Coronel).

Finalmente, es importante señalar que la metodología planteada en este trabajo será aplicada por la empresa en sus próximos Planes Trienales, para lo cual será fundamental contar con datos fiables y estimaciones precisas⁷⁸. Particularmente, los resultados obtenidos en la variante de mínimo costo fueron de completa satisfacción por parte de EFE, mientras que los resultados obtenidos bajo la modalidad costo-beneficio presentaron diferencias en relación a lo esperado por la empresa, específicamente la posición que ocupan los proyectos de pasajeros, la cual es baja de acuerdo a lo expresado por ellos⁷⁹, lo cual es explicado (en términos del modelo) por el alto valor que tiene el aporte a la seguridad⁸⁰.

Independiente de lo anterior, se concluye que el modelo de priorización presentado en el presente informe está en condiciones de ser aplicado por la empresa.

⁷⁷ En donde se analizó en cuanto a la posición del proyecto y la tipología del mismo.

⁷⁸ De ahí que exista una sub-sección que describa los entregables hechos a la empresa. Más detalles sobre mejoras que se pueden hacer al modelo se presentan en la sección de recomendaciones.

⁷⁹ Específicamente, por la Gerencia de Planificación y Estudios.

⁸⁰ Particularmente el aporte a la reducción en incidencias, que no está presente en los proyectos de pasajeros, haciendo que pierdan puntaje versus otros proyectos evaluados con costo-beneficio que están bien evaluados en ese aspecto.

6.3. Recomendaciones

Actualizar las ponderaciones de sus criterios antes del inicio de cada plan trienal o anualmente si es que se producen cambios significativos a nivel organizacional, ya sea por lineamientos estratégicos o cambios en los tomadores de decisiones. Una opción más factible es que estas actualizaciones se produzcan cada vez que hay cambios en el directorio, ya que es este el que decide la estrategia de la empresa durante su periodo de ejercicio, que corresponde a 4 años.

Para sortear la dificultad de la obtención de datos para el modelo, los cuales fueron obtenidos de distintas fuentes (fichas IDI y documentos asociados a cada proyecto en particular), se propone incluir todas las métricas a utilizar en la ficha IDI de cada proyecto, de manera de tener todos los datos necesarios en una fuente de información única y de fácil acceso.

Para mitigar el factor de subjetividad que otorgan los criterios de cumplimiento de normativa y *know-how* se propone que, para la elaboración del siguiente plan trienal, el panel de expertos se reúna y valore los proyectos respecto a estas dos métricas, de manera de generar un consenso a nivel empresa.

Otra dificultad relacionada con los datos disponibles del modelo, además de la dificultad para obtenerlos en algunos casos, fueron los valores de los mismos, que en más de una ocasión llamaron la atención. Por ejemplo, montos de VAN en miles de millones de pesos para proyectos relativamente pequeños o valores de población afectada mayores a la población de todo el país, lo cual hace que el análisis ex-post cobre más relevancia, sobretodo en casos de proyectos que tengan estos valores que llamen a dudar sobre la precisión de las estimaciones.

Para futuros trabajos se deja propuesto desarrollar un modelo ANP (Analytic Network Process), dada la complejidad y variedad de los programas y proyectos de EFE.

A modo de resumen, el modelo ANP es una generalización del modelo AHP usado en el presente trabajo. También planteado por Saaty, considera la dependencia entre elementos de la jerarquía. Muchos problemas de decisión

no pueden ser estructurados jerárquicamente porque involucran la interacción y dependencia de elementos de niveles superiores de la jerarquía sobre elementos de niveles inferiores. De esta manera, el ANP es representado como una red y no como una jerarquía [23] (ahora existe una dependencia en ambos sentidos, ya que en el AHP los elementos de niveles inferiores inciden sobre los de niveles superiores).

Los diferentes elementos (o nodos) a considerar para la toma de decisión se ordenan en grupos (o *clusters* en inglés), pudiendo existir dos clases de dependencia: entre los elementos de un mismo grupo o entre grupos (denominadas dependencia interna y externa respectivamente). Al igual que en AHP, en ANP se obtienen ponderadores (resultado de comparaciones entre pares utilizando la escala de Saaty) para cada elemento, los cuales representarán la influencia de uno sobre otro [23].

Una forma resumida del método sería la siguiente [8]:

- Identificar los componentes y elementos de la red y sus relaciones.
- Cálculo de prioridades entre elementos de un mismo grupo y, posteriormente, agrupar estos resultados en una supermatriz no ponderada (*unweighted* en inglés).
- Cálculo de prioridades entre grupos.
- Construcción de la supermatriz ponderada (*weighted* en inglés) en base a la supermatriz no ponderada y las ponderaciones entre grupos.
- Obtención de la supermatriz límite, a través de sucesivas elevaciones de la supermatriz ponderada hasta obtener convergencia en los valores de esta.

7. Capítulo 7: Glosario

AHP: Analytic Hierarchy Process.

ANP: Analytic Network Process.

BIP: Banco Integrado de Proyectos.

CAE: Costo Anual Equivalente.

CGR: Contraloría General de la República.

CP: Compromise Programming.

DIPRES: Dirección de Presupuesto del Ministerio de Hacienda.

EFE: Empresa de Ferrocarriles del Estado.

FI: Falta Información.

HH: Horas Hombre

IDI: Iniciativas de Inversión.

IN: Incumple Normativa.

MCDM: Multi Criteria Decision Making.

MDS: Ministerio de Desarrollo Social.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente.

MTT: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

OT: Objetado Técnicamente.

PROMETHEE: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation.

PT: Plan Trienal.

RATE: Resultado Análisis Técnico Económico.

RS: Recomendado Socialmente.

SEC: Seguridad, Electrificación y Comunicaciones.

SEIA: Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

SEP: Sistema de Empresas del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

SII: Servicio de Impuestos Internos.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

TKBC: Toneladas Kilómetro Brutas Completadas.

TSD: Tasa Social de Descuento.

VAN: Valor Agregado Neto.

VAC: Valor Actualizado de los Costos.

WPM: Weighted Product Method.

WSM: Weighted Sum Method.

8. Capítulo 8: Bibliografía

[1] Memoria anual EFE 2015.

[2] Pacheco y Contreras, ILPES. <<Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos,>> 2008.

[3] Pohekar, Ramachandran. <<Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review,>> 2003.

[4] Turcksin *et al.* <<A combined AHP-PROMETHEE approach for selecting the most appropriate policy scenario to stimulate a clean vehicle fleet,>> 2011.

[5] Zardari *et al.* <<Weighting methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management,>> 2015.

[6] Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE), <<FUNCIONES Y COMPETENCIAS GERENCIA DE PROYECTOS,>> [En línea]. Available: http://www.efe.cl/resources/descargas/transparencia/funciones_competencias/funciones_y_competencias_gerencia_de_proyectos.pdf, último acceso, 21/11/2016.

[7] Arancibia y Contreras, <<Evaluación Multicriterio y su aplicabilidad en la evaluación de proyectos públicos,>> 2015.

[8] Montesinos, << Aplicación de las técnicas AHP, ANP-BC y ANPBOCR de análisis multicriterio de decisiones a la selección de carteras de proyectos de mantenimiento, rehabilitación y mejora en infraestructuras ferroviarias,>> Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

[9] Department for Communities and Local Government: London, << Multi-criteria analysis: a manual>> 2009.

[10] Toskano, <<EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES>> Universidad Mayor de San Marcos, 2005.

[11] Aprobación del plan trienal 2014-2016 de la Empresa de Ferrocarriles del Estado. Diario Oficial, Santiago, Chile, 6 ago, 2014.

[12] Tsamboulas, <<A tool for prioritizing multinational transport infrastructure investments,>> 2006.

[13] Contreras, <<Evaluación de Proyectos>>, Capítulo 8 "Indicadores de evaluación de proyectos", 2014.

[14] Saaty, <<Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, Vol. VI of AHP Series>>, 2000.

[15] Contreras *et al*, <<Heterogeneidad en los resultados de gestión de Centros de Salud Familiar de la Región Metropolitana mediante un método multicriterio>>, 2015.

[16] Arancibia *et al*, <<Evaluación multicriterio: Aplicación para la formulación de proyectos de Infraestructura>>, 2003.

[17] Bhattarai, Roy Yadav, << AHP APPLICATION IN BANKING: UNFOLDING UTILITY IN A SITUATION OF FINANCIAL CRISIS>>, 2009.

[18] Farkas, << Route/Site Selection of Urban Transportation Facilities: An Integrated GIS/MCDM Approach>>, 2009.

[19] Piantanakulchai, Saengkhao, <<EVALUATION OF ALTERNATIVES IN TRANSPORTATION PLANNING USING MULTI-STAKEHOLDERS MULTI-OBJECTIVES AHP MODELING>>, 2003.

[20] Gercek *et al*, << A multiple criteria approach for the evaluation of the rail transit networks in Istanbul>>, 2004.

[21] Arancibia [2017]. Evaluación Multicriterio, Indicadores, Escalas de medición y comparación de alternativas. Presentación en PDF. 39 páginas.

[22] Aznar, Guijarro, <<Nuevos métodos de valoración. Modelos Multicriterio. 2ª edición>>, 2012.

[23] Saaty, <<The Analytic Network Process>>, 2008.

9. Capítulo 9: Anexos

Anexo A: Descripción empresas filiales de EFE

Metro de Valparaíso

Esta filial se encarga del transporte de pasajeros en la región de Valparaíso, abarcando el tramo que va entre la ciudad del mismo nombre y Limache⁸¹, con una capacidad aproximada de 30 millones de pasajeros al año, a lo largo de 43 kilómetros de vía.

Es una sociedad anónima cerrada, que tiene por objetivos:

1. *"Establecer, desarrollar, impulsar, mantener y explotar servicios de transporte de pasajeros a realizarse por medio de vías férreas o sistemas similares y servicios de transporte complementarios, cualquiera sea su modo incluyendo todas las actividades conexas necesarias para el debido cumplimiento de esta finalidad, preferentemente en la red ferroviaria de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, ubicada en la Quinta Región."*
2. *"La explotación comercial de las estaciones, recintos, construcciones, instalaciones, equipo tractor y remolcado, y demás bienes muebles e inmuebles que, vinculados al transporte de pasajeros, adquiera a cualquier título o le sean aportados en dominio, o entregados en concesión, arriendo o a cualquier otro título por la Empresa de los Ferrocarriles del Estado" [1].*

Tren Central

Esta filial es la que ocupa la red más grande dentro de la empresa, pues opera todos los servicios de pasajeros cuyo origen está en la Estación Central, en Santiago, incluyendo:

1. Trenes hasta la región de O'Higgins (metrotren)⁸².
2. Trenes que cubren el tramo Santiago – Chillán.
3. Ramal Talca – Constitución (buscarril).
4. Tren turístico Santiago – San Fernando.
5. Tren Santiago – Temuco, servicio prestado durante la temporada estival.

⁸¹ La extensión de la red hasta La Calera ya fue anunciada.

⁸² También estará a cargo de prestar el servicio de trenes Santiago Nos y Rancagua Express.

El objetivo de Tren Central es *"establecer, desarrollar, impulsar, mantener y explotar servicios de transporte de pasajeros a realizarse por medio de vías férreas o sistemas similares y servicios de transportes complementarios, cualquiera sea su modo, incluyendo actividades conexas necesarias para el debido cumplimiento de esta finalidad; y la explotación comercial de las estaciones, recintos, construcciones, instalaciones, equipo tractor y remolcado y además bienes muebles e inmuebles que, vinculados al transporte de pasajeros, adquiera a cualquier título o le sean aportados en dominio o le sean entregados en concesión, arriendo o a cualquier otro título por Empresa de los Ferrocarriles del Estado"* [1].

Fesur

Ferrocarriles del Sur (Fesur), está a cargo de todos los servicios de pasajeros prestados entre Chillán y Puerto Montt. Actualmente hay 3 servicios que operan en esta zona: Biotren de Concepción, Corto Laja (ramal Talcahuano – Laja) y el servicio Victoria – Temuco. En particular, el Biotren de Concepción es el servicio principal que tiene a cargo esta filial, el cual tiene planes de expansión hasta la comuna de Coronel, contando con integración tarifaria para los buses del terminal intermodal de Concepción.

Sus objetivos son:

"Establecer, desarrollar, impulsar, mantener y explotar servicios de transporte ferroviario suburbanos, urbanos e interurbanos de pasajeros a realizarse por medio de vías férreas o sistemas similares, y servicios de transporte complementarios, cualquiera sea su modo, incluyendo todas las actividades conexas necesarias para el debido cumplimiento de esta finalidad, preferentemente en lo relativo al transporte ferroviario suburbano. El ámbito geográfico de sus operaciones abarca la VIII y IX Región.

Asimismo, podrá explotar comercialmente las estaciones, recintos, construcciones, instalaciones y demás bienes muebles e inmuebles que, vinculados al transporte de pasajeros, adquiera a cualquier título, sean aportados en dominio y/o entregados en concesión por la Empresa de los Ferrocarriles del Estado" [1].

Invia

Inmobiliaria Nueva Vía (Invia) es la encargada de la administración de los activos inmobiliarios de EFE, siendo su objetivo *"la explotación comercial de los bienes, muebles o inmuebles, de propiedad de Empresa de los Ferrocarriles del Estado, de sus filiales y/o de aquellos que sean aportados o traspasados en dominio a la Sociedad por dicha empresa o sus filiales; como asimismo la explotación comercial de bienes muebles o inmuebles de todos aquellos órganos y servicios de la administración del Estado, indicados en el artículo primero de la ley N° 18.575, incluidas las empresas públicas creadas por ley y sus filiales y/o de aquellos que sean aportados o traspasados en dominio a Inmobiliaria Nueva Vía S.A., mediante la construcción, realización y/o desarrollo de proyectos inmobiliarios o de gestión, la administración de los mismos y su comercialización, ya sea actuando directamente o a través de la formación de sociedades de cualquier tipo, y la realización de todo tipo de actos o contratos que fueren necesarios para el cumplimiento de los fines sociales"* [1].

Ferrocarril Arica – La Paz

Es parte de las relaciones entre Chile y Bolivia, surgiendo como consecuencia del tratado de 1904. Esta filial de EFE, tiene a su cargo los 206 kilómetros de vía entre Arica y Visviri (tramo chileno del trazado), los cuales son usados con propósitos de carga, y cuyo objetivo es *"establecer, desarrollar, impulsar, mantener y explotar servicios de transportes de pasajeros y carga a realizarse por medio de vías férreas y a la explotación comercial de las estaciones, recintos, construcciones y demás muebles e inmuebles que están vinculados al transporte de pasajeros y carga"* [1].

Fepasa y Transap

Son las empresas encargadas del transporte de carga a través de la red de EFE, prestando el servicio a sus distintos clientes, que incluyen empresas relacionadas con la minería y el sector forestal principalmente.

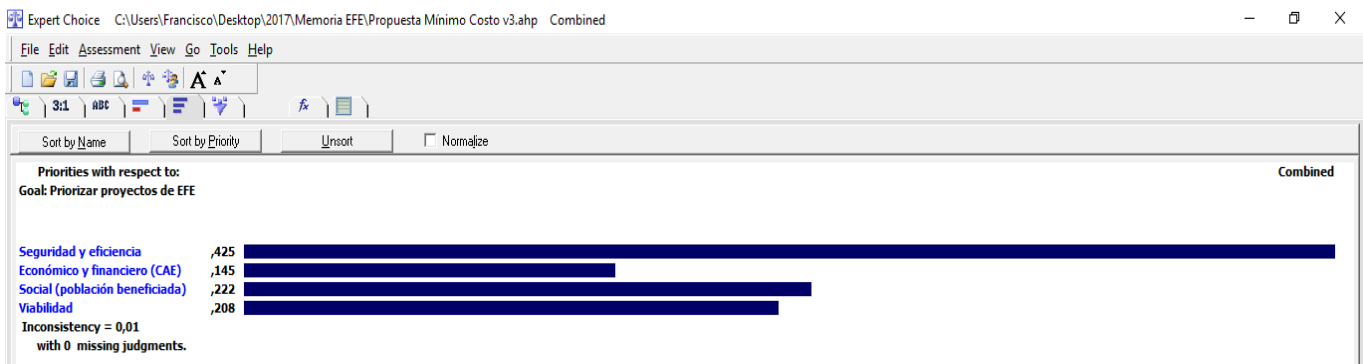
Anexo B: Valores del índice aleatorio de AHP

Número de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistencia aleatorio (IA)	0	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

Fuente: Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos (Pacheco y Contreras, ILPES, 2008).

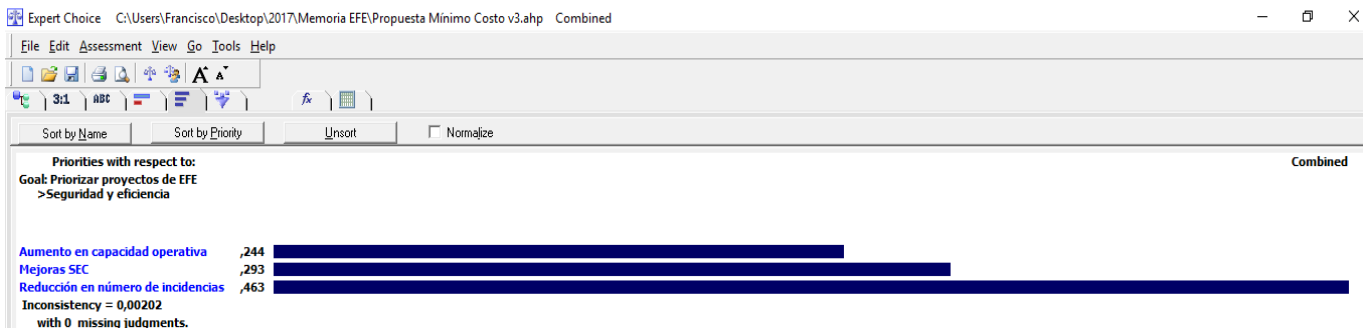
Anexo C: Comparación de ponderadores locales para cada nivel jerárquico, variante de mínimo costo.

Criterios estratégicos.



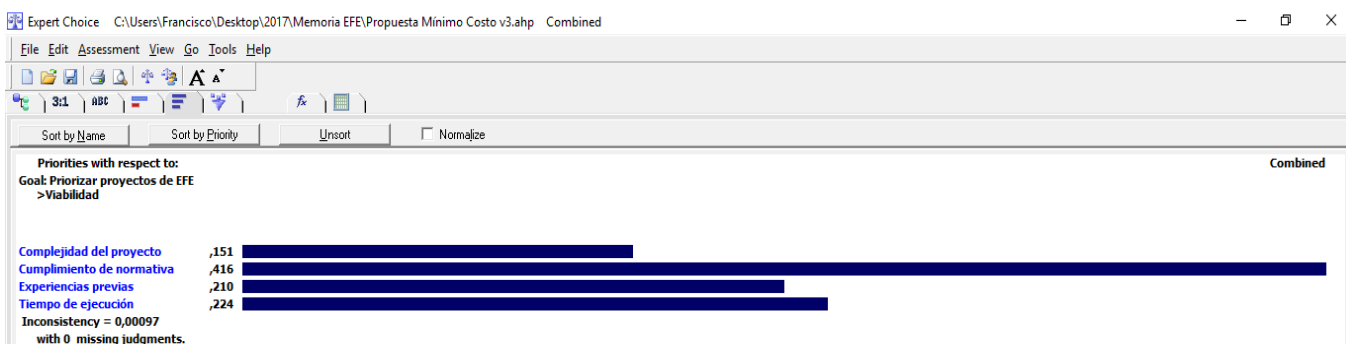
Fuente: resultados Expert Choice.

Criterio seguridad y eficiencia.



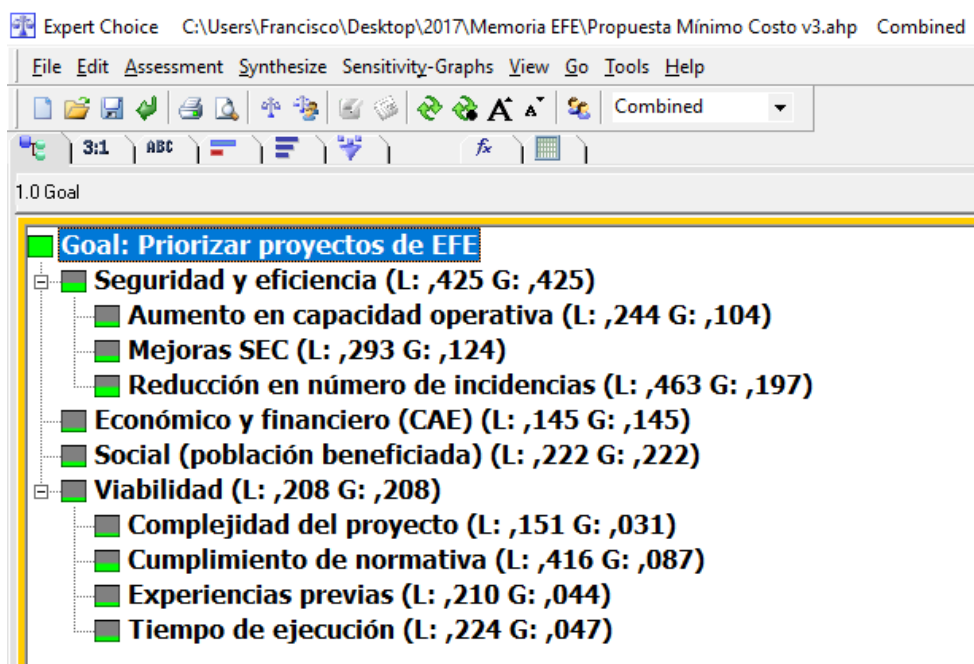
Fuente: resultados Expert Choice.

Criterio viabilidad.



Fuente: resultados Expert Choice.

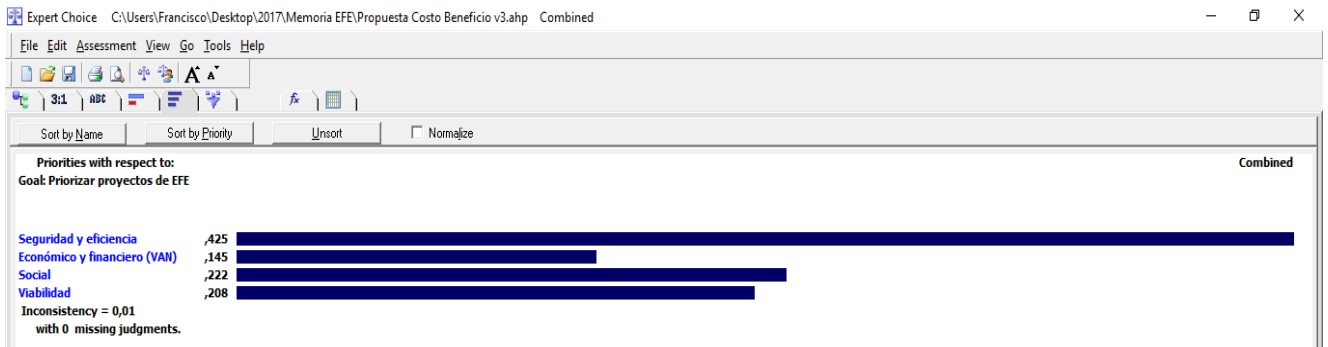
Anexo D: Resumen ponderadores locales y globales para criterios y subcriterios, variante de mínimo costo.



Fuente: resultados Expert Choice.

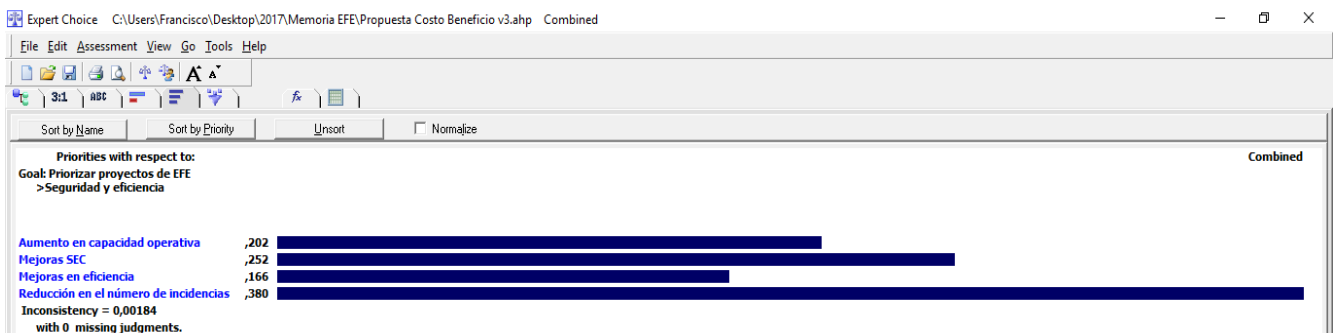
Anexo E: Comparación de ponderadores locales para cada nivel jerárquico, variante de costo-beneficio.

Criterios estratégicos



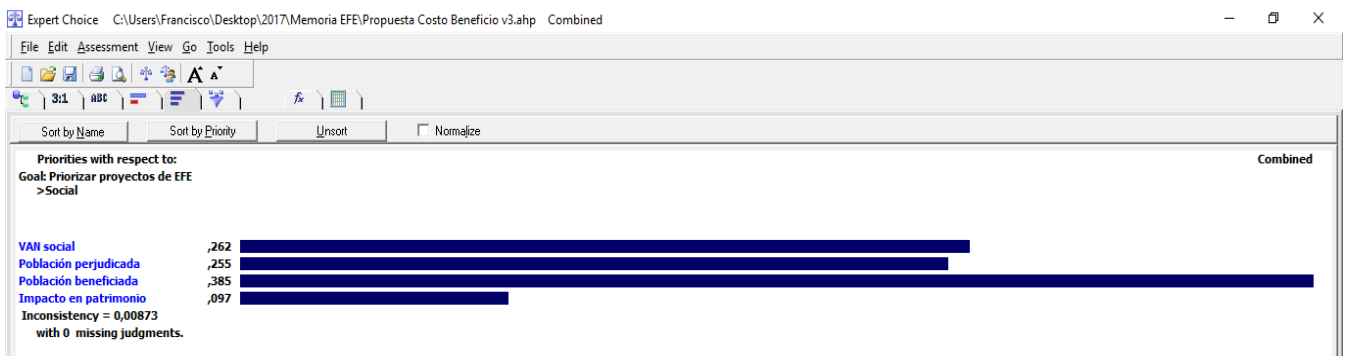
Fuente: resultados Expert Choice.

Criterio seguridad y eficiencia.



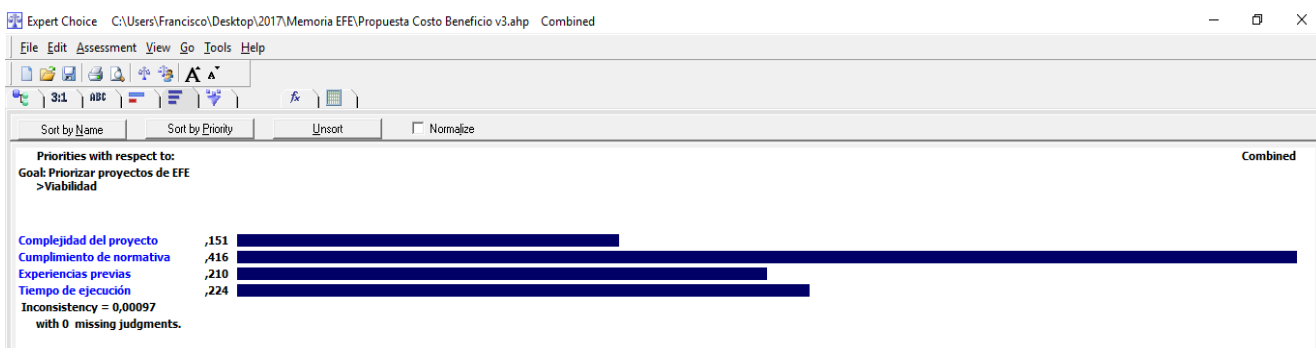
Fuente: resultados Expert Choice.

Criterio social.



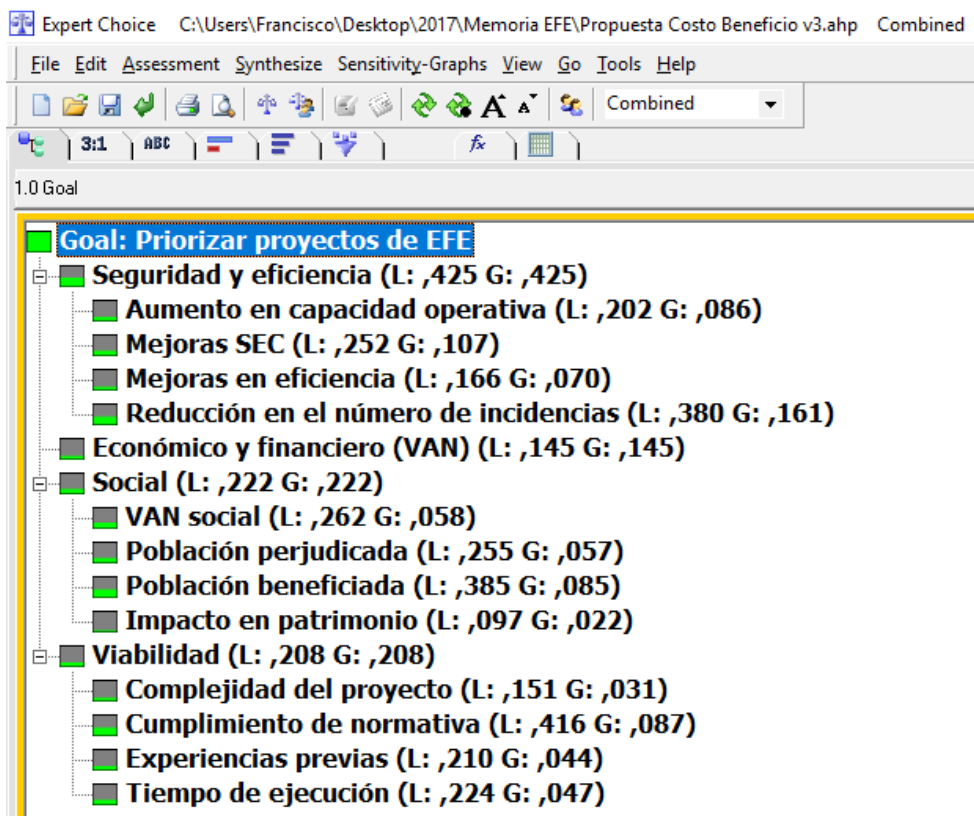
Fuente: resultados Expert Choice.

Criterio viabilidad.



Fuente: resultados Expert Choice.

Anexo F: Resumen ponderadores locales y globales para criterios y subcriterios, variante de costo-beneficio.



Fuente: resultados Expert Choice.

Anexo G: Número de proyectos según existencia de ficha IDI.

Proyectos sin ficha IDI	6
Proyectos con ficha IDI	88
Total proyectos	94

Fuente: elaboración propia.

Anexo H: Clasificación de proyectos según RATE MDS.

RATE	Cantidad de proyectos
Emergencia	2
FI	6
IN	1
OT	1
RS	78
Total	88

Fuente: elaboración propia.

Anexo I: Listado de proyectos a priorizar, PT 2014-2016

N° proyecto	Código BIP	Nombre proyecto
1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso
2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA
3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad
4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores
5	30102570-0	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes
6	30102596-E	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción
7	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión

8	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura
9	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región
10	30129197-0	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado
11	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico
12	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental
13	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco
14	30193572-0	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor
15	30202372-E	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces
16	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota La Calera
17	30304875-0	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso
18	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco
19	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa
20	30389024-0	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja
21	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon
22	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad
23	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla
24	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso
25	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE
26	30448976-0	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018
27	30452374-0	Reposición Material Rodante Victoria Temuco
28	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar
29	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos
30	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo
31	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express
32	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express
33	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC
34	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE

35	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos
36	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros
37	30281222-E	Reposición Material Rodante Buscarril
38	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov. Carga Alameda Barrancas
39	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte
40	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío
41	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur
42	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso
43	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso
44	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo
45	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional
46	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido
47	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia
48	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío
49	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo
50	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE
51	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarillas FCALP
52	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas
53	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE
54	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso
55	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express
56	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE
57	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel

Fuente: elaboración propia.

Anexo J: Resumen análisis de sensibilidad, variante mínimo costo.

Criterio		Seguridad y eficiencia						Social					
% variación		1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%
N° ranking	Ranking original												
1	12	12	12	3	12	3	12	12	12	12	12	12	8
2	3	3	3	12	3	12	3	3	3	3	3	3	3
3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12
4	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	6	19
5	11	11	11	11	11	11	16	11	11	6	11	19	11
6	17	17	17	17	16	17	11	17	17	11	17	11	17
7	16	16	16	16	17	16	6	16	16	17	16	16	16
8	6	6	6	4	6	4	17	6	4	16	4	17	4
9	4	4	4	6	4	6	14	4	6	4	14	4	14
10	14	14	14	14	14	14	4	14	14	14	6	14	6
11	15	15	15	15	15	1	15	15	15	15	15	15	15
12	1	1	1	1	2	15	2	1	1	1	1	1	1
13	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
15	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
16	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
18	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Fuente: elaboración propia.

Anexo K: Análisis de sensibilidad variante mínimo costo: criterio de seguridad y eficiencia.

Anexo K.1: +1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,680
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,677
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,627
4	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	Sí	0,605
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,516
6	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	Sí	0,511
7	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,446
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,441
9	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	Sí	0,344
10	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	Sí	0,337
11	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	Sí	0,258
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,243
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,215
14	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	No	0,562
15	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	No	0,498
16	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	No	0,480
17	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,430
18	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	No	0,415
19	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	No	0,295

Fuente: elaboración propia.

Anexo K.2: -1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,686
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,678
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,624
4	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	Sí	0,604
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,512
6	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	Sí	0,510
7	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,452
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,441
9	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	Sí	0,347
10	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	Sí	0,340
11	10	30281222-E	Reposición Material Rodante Buscarril	Ejecución	Sí	0,265
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,236
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,223
14	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	No	0,559
15	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	No	0,492
16	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	No	0,484
17	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,436
18	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	No	0,420
19	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	No	0,306

Fuente: elaboración propia.

Anexo K.3: +5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,676
2	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,667
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,633
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,569
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,528
6	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,510
7	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,470
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,440
9	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,433
10	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,403
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,275
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,257
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,200
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,606
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,509
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,417
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,338
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,331
19	10	30281222-E	Reposición Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,242

Fuente: elaboración propia.

Anexo K.4: -5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,699
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,679
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,619
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,552
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,498
6	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,493
7	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,481
8	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,464
9	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,441
10	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,432
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,326
12	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,238
13	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,223
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,602
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,515
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,449
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,353
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,346
19	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,280

Fuente: elaboración propia.

Anexo K.5: +10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,675
2	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,651
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,640
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,578
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,542
6	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,524
7	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,459
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,440
9	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,418
10	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,389
11	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,274
12	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,249
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,181
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,608
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,506
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,401
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,330
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,323
19	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,224

Fuente: elaboración propia.

Anexo K.6: -10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,715
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,680
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,611
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,543
5	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,505
6	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,484
7	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,480
8	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,466
9	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,446
10	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,441
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,352
12	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,257
13	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,205
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,600
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,518
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,465
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,361
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,353
19	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,299

Fuente: elaboración propia.

Anexo L: Análisis de sensibilidad variante mínimo costo: criterio social.

Anexo L.1: +1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,683
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,676
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,618
4	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	Sí	0,600
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,507
6	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	Sí	0,505
7	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,456
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,435
9	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	Sí	0,342
10	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	Sí	0,335
11	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	Sí	0,258
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,237
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,216
14	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	No	0,553
15	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	No	0,489
16	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	No	0,477
17	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,428
18	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	No	0,414
19	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	No	0,297

Fuente: elaboración propia.

Anexo L.2: -1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,683
2	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,678
3	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,634
4	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,608
5	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,519
6	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,518
7	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,446
8	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,442
9	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,349
10	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,341
11	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,265
12	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,243
13	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,222
14	10	30281222-E	Reposición Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,568
15	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,502
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,486
17	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,438
18	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,421
19	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,304

Fuente: elaboración propia.

Anexo L.3: +5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,683
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,672
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,585
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,525
5	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,484
6	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,482
7	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,463
8	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,458
9	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,414
10	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,400
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,283
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,225
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,205
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,583
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,479
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,407
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,329
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,323
19	10	30281222-E	Reposición Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,245

Fuente: elaboración propia.

Anexo L.4: -5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,683
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,683
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,666
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,596
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,545
6	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,527
7	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,505
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,468
9	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,435
10	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,413
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,318
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,255
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,233
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,625
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,545
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,459
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,362
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,353
19	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,278

Fuente: elaboración propia.

Anexo L.5: +10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,683
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,666
3	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,545
4	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,520
5	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,489
6	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,450
7	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,435
8	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,432
9	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,387
10	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,382
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,265
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,210
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,191
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,562
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,446
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,380
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,312
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,308
19	10	30281222-E	Reposicion Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,229

Fuente: elaboración propia.

Anexo L.6: -10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	8	30137456-E	Conservación de Protección Anticorrosiva 4 Puentes Metálicos	Ejecución	Sí	0,706
2	3	30193572-E	Conservación Sistema SEC Mantenimiento Mayor	Ejecución	Sí	0,689
3	12	30345482-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento de Puente Maipo	Ejecución	Sí	0,683
4	19	30094829-E	Mejoramiento Limpieza y Rehabilitación 31 Transformadores SSEE EFE	Ejecución	Sí	0,632
5	11	30315823-E	Reposición Plataforma CTC Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,576
6	17	30438022-E	Reposición Equipamiento Telecomunicaciones EFE	Ejecución	Sí	0,559
7	16	30423693-E	Rehabilitación y Reforzamiento - Puentes Teno N°2 y Panguilemo	Ejecución	Sí	0,529
8	4	30304875-E	Reposición Plataforma Scada Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,494
9	14	30357727-E	Reparación Rehabilitación y Reforzamiento Puentes Ruta del Ácido	Ejecución	Sí	0,453
10	6	30448976-E	Conservación Infraestructura Ferroviaria CPIF Zona Centro 2016 a 2018	Ejecución	Sí	0,378
11	15	30358172-E	Mejoramiento Ramal Antihue-Valdivia	Ejecución	Sí	0,336
12	1	30102570-E	Habilitación Site Remoto Sistema Central de Peajes	Ejecución	Sí	0,270
13	2	30129197-E	Habilitación Data Center Empresa de Ferrocarriles del Estado	Ejecución	Sí	0,247
14	13	30349629-E	Reparación Puentes en la VIII Región para Continuidad Operacional	Ejecución	No	0,646
15	9	30271622-E	Actualización Valor Índice de Peligrosidad de Cruces y Otros	Ejecución	No	0,577
16	18	30466151-E	Reposición Defensas Fluviales y Alcantarrillas FCALP	Ejecución	No	0,486
17	5	30389024-E	Reposición Material Rodante para Servicio Corto del Laja	Ejecución	No	0,379
18	7	30452374-E	Reposición Material Rodante Victoria Temuco	Ejecución	No	0,369
19	10	30281222-E	Reposición Material Rodante Buscarril	Ejecución	No	0,294

Fuente: elaboración propia.

Anexo M: Variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio de seguridad y eficiencia, variante mínimo costo.

Anexo M.1: +1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,435	Aumento cap. Operativa	0,244	0,106
		Mejoras SEC	0,293	0,127
		Reducción incidencias	0,463	0,201
Económico y financiero	0,142	CAE	1	0,142
Social	0,218	Pob. Beneficiada	1	0,218
Viabilidad	0,204	Complejidad	0,151	0,031
		Cumplimiento normativa	0,416	0,085
		know how	0,21	0,043
		tiempo ejecución	0,224	0,046
Suma de ponderadores	1,000			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo M.2: -1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,415	Aumento cap. Operativa	0,244	0,101
		Mejoras SEC	0,293	0,122
		Reducción incidencias	0,463	0,192
Económico y financiero	0,148	CAE	1	0,148
Social	0,226	Pob. Beneficiada	1	0,226
Viabilidad	0,212	Complejidad	0,151	0,032
		Cumplimiento normativa	0,416	0,088
		know how	0,21	0,044
		tiempo ejecución	0,224	0,047
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo M.3: +5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,475	Aumento cap. Operativa	0,244	0,116
		Mejoras SEC	0,293	0,139
		Reducción incidencias	0,463	0,220
Económico y financiero	0,132	CAE	1	0,132
Social	0,203	Pob. Beneficiada	1	0,203
Viabilidad	0,190	Complejidad	0,151	0,029
		Cumplimiento normativa	0,416	0,079
		know how	0,21	0,040
		tiempo ejecución	0,224	0,043
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo M.4: -5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,375	Aumento cap. Operativa	0,244	0,092
		Mejoras SEC	0,293	0,110
		Reducción incidencias	0,463	0,174
Económico y financiero	0,158	CAE	1	0,158
Social	0,241	Pob. Beneficiada	1	0,241
Viabilidad	0,226	Complejidad	0,151	0,034
		Cumplimiento normativa	0,416	0,094
		know how	0,21	0,047
		tiempo ejecución	0,224	0,051
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo M.5: +10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,525	Aumento cap. Operativa	0,244	0,128
		Mejoras SEC	0,293	0,154
		Reducción incidencias	0,463	0,243
Económico y financiero	0,120	CAE	1	0,120
Social	0,183	Pob. Beneficiada	1	0,183
Viabilidad	0,172	Complejidad	0,151	0,026
		Cumplimiento normativa	0,416	0,071
		know how	0,21	0,036
		tiempo ejecución	0,224	0,038
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo M.6: -10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,325	Aumento cap. Operativa	0,244	0,079
		Mejoras SEC	0,293	0,095
		Reducción incidencias	0,463	0,150
Económico y financiero	0,170	CAE	1	0,170
Social	0,261	Pob. Beneficiada	1	0,261
Viabilidad	0,244	Complejidad	0,151	0,037
		Cumplimiento normativa	0,416	0,102
		know how	0,21	0,051
		tiempo ejecución	0,224	0,055
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo N: Variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio social, variante mínimo costo

Anexo N.1: +1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,420	Aumento cap. Operativa	0,244	0,102
		Mejoras SEC	0,293	0,123
		Reducción incidencias	0,463	0,194
Económico y financiero	0,143	CAE	1	0,143
Social	0,232	Pob. Beneficiada	1	0,232
Viabilidad	0,205	Complejidad	0,151	0,031
		Cumplimiento normativa	0,416	0,085
		know how	0,21	0,043
		tiempo ejecución	0,224	0,046
Suma de ponderadores	1,000			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo N.2: -1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,430	Aumento cap. Operativa	0,244	0,105
		Mejoras SEC	0,293	0,126
		Reducción incidencias	0,463	0,199
Económico y financiero	0,147	CAE	1	0,147
Social	0,212	Pob. Beneficiada	1	0,212
Viabilidad	0,211	Complejidad	0,151	0,032
		Cumplimiento normativa	0,416	0,088
		know how	0,21	0,044
		tiempo ejecución	0,224	0,047
Suma de ponderadores	1,000			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo N.3: +5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,398	Aumento cap. Operativa	0,244	0,097
		Mejoras SEC	0,293	0,117
		Reducción incidencias	0,463	0,184
Económico y financiero	0,136	CAE	1	0,136
Social	0,272	Pob. Beneficiada	1	0,272
Viabilidad	0,195	Complejidad	0,151	0,029
		Cumplimiento normativa	0,416	0,081
		know how	0,21	0,041
		tiempo ejecución	0,224	0,044
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo N.4: -5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,452	Aumento cap. Operativa	0,244	0,110
		Mejoras SEC	0,293	0,133
		Reducción incidencias	0,463	0,209
Económico y financiero	0,154	CAE	1	0,154
Social	0,172	Pob. Beneficiada	1	0,172
Viabilidad	0,221	Complejidad	0,151	0,033
		Cumplimiento normativa	0,416	0,092
		know how	0,21	0,046
		tiempo ejecución	0,224	0,050
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo N.5: +10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,370	Aumento cap. Operativa	0,244	0,090
		Mejoras SEC	0,293	0,109
		Reducción incidencias	0,463	0,171
Económico y financiero	0,126	CAE	1	0,126
Social	0,322	Pob. Beneficiada	1	0,322
Viabilidad	0,181	Complejidad	0,151	0,027
		Cumplimiento normativa	0,416	0,075
		know how	0,21	0,038
		tiempo ejecución	0,224	0,041
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo N.6: -10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,480	Aumento cap. Operativa	0,244	0,117
		Mejoras SEC	0,293	0,141
		Reducción incidencias	0,463	0,222
Económico y financiero	0,164	CAE	1	0,164
Social	0,122	Pob. Beneficiada	1	0,122
Viabilidad	0,235	Complejidad	0,151	0,035
		Cumplimiento normativa	0,416	0,098
		know how	0,21	0,049
		tiempo ejecución	0,224	0,053
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo O: Resumen análisis de sensibilidad, variante costo-beneficio.

Criterio		Seguridad y eficiencia						Social					
% variación		1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%	1%	-1%	5%	-5%	10%	-10%
N° ranking	Ranking original												
1	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
2	2	2	25	2	25	2	25	2	2	12	2	12	2
3	25	25	2	25	38	36	38	25	25	2	25	25	38
4	38	38	38	38	12	25	12	38	38	25	38	2	25
5	12	12	12	12	2	38	37	12	12	38	37	38	37
6	37	37	37	36	37	12	2	37	37	37	12	37	36
7	36	36	36	37	36	37	36	36	36	36	36	36	12
8	23	23	23	23	5	23	5	23	23	23	24	22	24
9	24	24	24	24	23	24	22	24	24	5	23	23	23
10	5	5	5	5	24	7	23	5	5	15	5	15	5
11	15	15	15	7	15	5	15	15	15	24	7	5	7
12	7	7	7	15	22	15	24	7	7	22	15	24	15
13	22	22	22	14	7	14	4	22	22	7	14	7	14
14	14	14	14	3	14	3	7	14	14	14	3	14	3
15	3	3	3	1	4	1	14	3	3	3	4	3	4
16	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	1	1	1
17	1	1	1	22	1	22	1	1	1	1	22	4	22
18	26	26	26	35	26	35	26	26	26	26	26	35	26
19	35	35	35	26	35	26	35	35	35	35	35	26	35
20	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
21	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
22	21	21	21	21	21	21	20	21	21	18	21	18	21
23	18	18	18	18	18	18	21	18	18	21	18	21	20
24	20	20	20	20	20	20	18	20	20	20	20	20	18
25	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
26	8	8	8	8	8	8	8	8	8	31	8	31	8
27	31	31	31	31	31	31	31	31	31	8	31	8	31
28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
29	9	30	9	30	9	30	9	30	9	30	9	30	9
30	30	9	30	9	11	9	11	9	30	9	30	13	11
31	11	11	11	11	30	11	13	11	11	13	11	9	30
32	13	13	13	13	13	13	30	13	13	11	13	11	13
33	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10
34	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	28	16
35	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	10	28
36	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
37	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
38	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Fuente: elaboración propia.

Anexo P: Análisis de sensibilidad variante costo-beneficio: criterio de seguridad y eficiencia.

Anexo P.1: +1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,463
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,376
3	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,366
4	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,361
5	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,354
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,338
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,322
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,245
9	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,240
10	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,237
11	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,228
12	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,225
13	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,206
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,205
15	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,198
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,196
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,196
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,169
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,167
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,124
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,451
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,197
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,183
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,086
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,348
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,323
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,286
29	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,265
30	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Malloco	Diseño	Sí	0,265
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,257
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,255
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,234
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,202
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,184
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,307
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,173
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,070

Fuente: elaboración propia.

Anexo P.2: -1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,462
2	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,370
3	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,369
4	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,365
5	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,356
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,340
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,314
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,244
9	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,239
10	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,239
11	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,229
12	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,221
13	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,213
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,204
15	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,198
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,198
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,196
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,173
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,168
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,129
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,450
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,197
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,186
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,090
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,349
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,322
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,282
29	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
30	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,263
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,258
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,256
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,235
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,201
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,184
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,300
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,179
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,072

Fuente: elaboración propia.

Anexo P.3: +5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,465
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,391
3	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,357
4	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,354
5	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,348
6	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,337
7	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,335
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,248
9	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,244
10	5	30102596-E	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,234
11	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,232
12	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,226
13	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,205
14	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,197
15	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,196
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,193
17	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,192
18	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,166
19	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,161
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,115
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,454
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,199
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,176
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,080
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,346
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,325
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,293
29	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,269
30	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,255
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,253
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Público Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,231
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,204
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,186
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,320
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,160
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,066

Fuente: elaboración propia.

Anexo P.4: -5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,460
2	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,379
3	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,372
4	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,361
5	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,354
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,343
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,299
8	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,242
9	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,241
10	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,236
11	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,230
12	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,227
13	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,214
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,204
15	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,201
16	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,198
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,196
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,181
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,169
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,137
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,447
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,196
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,193
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,096
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,351
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,321
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,275
29	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Malloco	Diseño	Sí	0,265
30	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,259
31	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,259
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,258
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,237
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,198
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,182
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,287
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,191
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,076

Fuente: elaboración propia.

Anexo P.5: +10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,468
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,409
3	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,356
4	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,346
5	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,345
6	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,342
7	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,331
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,251
9	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,247
10	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,242
11	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,230
12	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,224
13	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,205
14	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,197
15	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,195
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,190
17	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,175
18	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,165
19	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,151
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,104
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,458
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,200
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,168
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,073
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,344
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,327
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,301
29	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,274
30	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,253
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,250
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,229
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,207
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,188
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,337
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,145
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,061

Fuente: elaboración propia.

Anexo P.6: -10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,457
2	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,390
3	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,381
4	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,368
5	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,347
6	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,336
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,280
8	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,246
9	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,245
10	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,238
11	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,233
12	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,232
13	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,204
14	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,204
15	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,204
16	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,199
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,197
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,191
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,170
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,148
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,443
22	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,201
23	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,201
24	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,195
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,103
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,353
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,319
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,267
29	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
30	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,261
31	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,261
32	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,254
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Público Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,240
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,196
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,180
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,270
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,206
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,081

Fuente: elaboración propia.

Anexo Q: Análisis de sensibilidad variante costo-beneficio: criterio social.

Anexo Q.1: +1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,462
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,369
3	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,365
4	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,359
5	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,355
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,336
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,314
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,243
9	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,237
10	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,236
11	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,228
12	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,221
13	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,212
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,203
15	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,197
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,196
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,195
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,170
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,167
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,126
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,451
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,200
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,198
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,183
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,088
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,345
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,327
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,285
29	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,266
30	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,258
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,257
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Público Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,236
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,200
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,185
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,301
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,177
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,072

Fuente: elaboración propia.

Anexo Q.2: -1%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,464
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,376
3	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,371
4	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,366
5	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,355
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,342
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,322
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,246
9	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,242
10	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,240
11	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,228
12	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,225
13	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,208
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,206
15	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,199
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,198
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,197
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,172
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,168
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,127
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,450
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,202
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,196
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,186
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,088
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,351
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,319
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,282
29	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,265
30	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,262
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,256
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,254
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,232
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,203
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,182
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,306
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,174
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,070

Fuente: elaboración propia.

Anexo Q.3: +5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,457
2	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,357
3	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,355
4	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,354
5	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,346
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,323
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,299
8	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,238
9	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,229
10	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,229
11	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,228
12	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,221
13	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,215
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,198
15	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,191
16	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,190
17	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,190
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,166
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,165
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,124
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,452
22	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,203
23	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,195
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,178
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,090
26	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,344
27	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,332
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,292
29	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,275
30	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,267
31	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,263
32	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,261
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Público Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,245
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,194
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,191
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,290
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,184
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,076

Fuente: elaboración propia.

Anexo Q.4: -5%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapas	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,468
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,390
3	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,382
4	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,380
5	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,355
6	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,353
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,337
8	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,251
9	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,251
10	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,247
11	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,231
12	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,228
13	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,210
14	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,205
15	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,204
16	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,202
17	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,198
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,177
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,170
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,129
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,449
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,207
23	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,191
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,191
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,086
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,364
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,302
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,276
29	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,263
30	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,253
31	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,253
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,247
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Público Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,223
34	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,209
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,177
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,318
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,167
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,066

Fuente: elaboración propia.

Anexo Q.5: +10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,452
2	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,358
3	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,339
4	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,338
5	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,329
6	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,307
7	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,279
8	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,233
9	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,232
10	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,229
11	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,220
12	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,216
13	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,206
14	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,192
15	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,184
16	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,184
17	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,183
18	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,163
19	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,160
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,122
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,453
22	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,209
23	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,188
24	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,172
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,093
26	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,365
27	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,316
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,299
29	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,286
30	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,271
31	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,268
32	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,265
33	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,256
34	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,198
35	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,187
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,276
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,193
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,081

Fuente: elaboración propia.

Anexo Q.6: -10%

N° ranking	ID proyecto	Código BIP	Nombre proyecto	Etapa	¿Proyecto de arrastre?	Puntaje AHP
1	27	30250172-E	Habilitación Empalmes de Respaldo Locales Técnicos	Ejecución	Sí	0,474
2	2	30096947-E	Habilitación Tercera Vía Metro Valparaíso SA	Ejecución	Sí	0,407
3	38	30130554-E	Construcción Extensión Ferroviaria Biobío Coronel	Ejecución	Sí	0,397
4	25	30196572-E	Mejoramiento de Calces Desrieladores en Zonas CTC	Ejecución	Sí	0,396
5	37	30123236-E	Construcción Red de Transmisión de Datos EFE	Ejecución	Sí	0,371
6	36	30116378-E	Construcción Servicio Pasajeros Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,356
7	12	30202372-0	Habilitación Automatizada de Pasos a Nivel con Guardacruces	Ejecución	Sí	0,352
8	24	30189522-E	Mejoramiento 4 Estaciones Servicio Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,263
9	23	30174972-E	Construcción Estación FFCC 5 Pinos Rancagua Express	Ejecución	Sí	0,257
10	5	30102596-	Mejoramiento Sistema de Distribución Energía de Tracción	Ejecución	Sí	0,256
11	7	30123280-E	Habilitación Sistema de Información Geográfica de Infraestructura	Ejecución	Sí	0,239
12	15	30380191-E	Construcción Desvíos para Proyecto Masisa	Ejecución	Sí	0,228
13	14	30356526-E	Construcción Desvíos para Proyecto Puerto Viluco	Ejecución	Sí	0,217
14	3	30102550-E	Ampliación Sistemas de Seguridad	Ejecución	Sí	0,211
15	4	30102558-E	Adquisición Equipos Ferroviarios Menores	Ejecución	Sí	0,211
16	1	30096946-E	Mejoramiento Confiabilidad Sistemas de Energía Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,208
17	22	30137472-E	Mejoramiento Estación Central y Estación San Bernardo	Ejecución	Sí	0,187
18	26	30246323-E	Adquisición Sistema de Abastecimiento y Gestión de Contratos EFE	Ejecución	Sí	0,182
19	35	30096937-E	Construcción Estaciones de Intercambio Modal Metro Valparaíso	Ejecución	Sí	0,172
20	6	30102600-E	Equipamiento Supervisión y Control para Sistemas Alta Tensión	Ejecución	Sí	0,131
21	17	30415976-E	Reposición de la Infraestructura Ferroviaria Asociada a la Seguridad	Ejecución	No	0,448
22	21	30457072-E	Construcción Desvíos en Estación de Transferencia El Olivar	Ejecución	No	0,214
23	20	30433423-E	Normalización Residuos Peligrosos en EFE	Ejecución	No	0,197
24	18	30431472-E	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Melipilla	Ejecución	No	0,185
25	34	30483873-0	Mejoramiento Terminal Intermodal Barrancas	Ejecución	No	0,083
26	8	30128771-F	Mejoramiento Puente Biobío VIII Región	Factibilidad	Sí	0,380
27	31	30297722-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Sur	Prefactibilidad	Sí	0,281
28	29	30296574-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria para la Carga Red Norte	Prefactibilidad	Sí	0,269
29	9	30130466-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Alameda-Mallico	Diseño	Sí	0,262
30	11	30136428-D	Construcción Servicio Ferroviario de Pasajeros Mapocho-Batuco	Diseño	Sí	0,249
31	30	30297473-P	Habilitación Infraestructura Ferroviaria Carga Red Biobío	Prefactibilidad	Sí	0,242
32	13	30263472-P	Habilitación Extensión Metro Valparaíso Quillota LaCalera	Prefactibilidad	Sí	0,240
33	10	30130877-D	Construcción Sistema de Gestión Documental	Diseño	Sí	0,216
34	16	30407384-P	Mejoramiento Sistema Transporte Publico Viña del Mar y Concon	Prefactibilidad	Sí	0,212
35	28	30292977-P	Habilitación Infraestructura Ferrov Carga Alameda Barrancas	Prefactibilidad	Sí	0,170
36	19	30432993-P	Construcción Cruce a Desnivel sector Caleta Portales Valparaíso	Prefactibilidad	No	0,331
37	32	30341427-D	Construcción Ascensores Las Cañas, Los Cipreses y El Litre en Valparaíso	Diseño	No	0,158
38	33	30367322-D	Mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y el río Biobío	Diseño	No	0,061

Fuente: elaboración propia.

Anexo R: Variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio de seguridad y eficiencia, variante costo-beneficio

Anexo R.1: +1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,435	Aumento cap. Operativa	0,202	0,0879
		Mejoras SEC	0,252	0,1096
		Mejoras eficiencia	0,166	0,0722
		Reducción incidencias	0,38	0,1653
Económico y financiero	0,142	VAN privado	1	0,1425
Social	0,218	VAN social	0,262	0,0572
		Pob. Perjudicada	0,255	0,0556
		Pob. Beneficiada	0,385	0,0840
		Impacto patrimonio	0,097	0,0212
Viabilidad	0,204	Complejidad	0,151	0,0309
		Cumplimiento normativa	0,416	0,0850
		know how	0,21	0,0429
		tiempo ejecución	0,224	0,0458
Suma de ponderadores	1			1,0000

Fuente: elaboración propia.

Anexo R.2: -1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,415	Aumento cap. Operativa	0,202	0,0838
		Mejoras SEC	0,252	0,1046
		Mejoras eficiencia	0,166	0,0689
		Reducción incidencias	0,38	0,1577
Económico y financiero	0,148	VAN privado	1	0,1475
Social	0,226	VAN social	0,262	0,0592
		Pob. Perjudicada	0,255	0,0576
		Pob. Beneficiada	0,385	0,0870
		Impacto patrimonio	0,097	0,0219
Viabilidad	0,212	Complejidad	0,151	0,0320
		Cumplimiento normativa	0,416	0,0880
		know how	0,21	0,0444
		tiempo ejecución	0,224	0,0474
Suma de ponderadores	1			1,0000

Fuente: elaboración propia.

Anexo R.3: +5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,475	Aumento cap. Operativa	0,202	0,0960
		Mejoras SEC	0,252	0,1197
		Mejoras eficiencia	0,166	0,0789
		Reducción incidencias	0,38	0,1805
Económico y financiero	0,132	VAN privado	1	0,1324
Social	0,203	VAN social	0,262	0,0531
		Pob. Perjudicada	0,255	0,0517
		Pob. Beneficiada	0,385	0,0780
		Impacto patrimonio	0,097	0,0197
Viabilidad	0,190	Complejidad	0,151	0,0287
		Cumplimiento normativa	0,416	0,0790
		know how	0,21	0,0399
		tiempo ejecución	0,224	0,0425
Suma de ponderadores	1			1,0000

Fuente: elaboración propia.

Anexo R.4: -5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,375	Aumento cap. Operativa	0,202	0,0758
		Mejoras SEC	0,252	0,0945
		Mejoras eficiencia	0,166	0,0623
		Reducción incidencias	0,38	0,1425
Económico y financiero	0,158	VAN privado	1	0,1576
Social	0,241	VAN social	0,262	0,0632
		Pob. Perjudicada	0,255	0,0615
		Pob. Beneficiada	0,385	0,0929
		Impacto patrimonio	0,097	0,0234
Viabilidad	0,226	Complejidad	0,151	0,0341
		Cumplimiento normativa	0,416	0,0941
		know how	0,21	0,0475
		tiempo ejecución	0,224	0,0506
Suma de ponderadores	1			1,0000

Fuente: elaboración propia.

Anexo R.5: +10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,525	Aumento cap. Operativa	0,202	0,1061
		Mejoras SEC	0,252	0,1323
		Mejoras eficiencia	0,166	0,0872
		Reducción incidencias	0,38	0,1995
Económico y financiero	0,120	VAN privado	1	0,1198
Social	0,183	VAN social	0,262	0,0480
		Pob. Perjudicada	0,255	0,0468
		Pob. Beneficiada	0,385	0,0706
		Impacto patrimonio	0,097	0,0178
Viabilidad	0,172	Complejidad	0,151	0,0259
		Cumplimiento normativa	0,416	0,0715
		know how	0,21	0,0361
		tiempo ejecución	0,224	0,0385
Suma de ponderadores	1			1,0000

Fuente: elaboración propia.

Anexo R.6: -10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,325	Aumento cap. Operativa	0,202	0,0657
		Mejoras SEC	0,252	0,0819
		Mejoras eficiencia	0,166	0,0540
		Reducción incidencias	0,38	0,1235
Económico y financiero	0,170	VAN privado	1	0,1702
Social	0,261	VAN social	0,262	0,0683
		Pob. Perjudicada	0,255	0,0665
		Pob. Beneficiada	0,385	0,1003
		Impacto patrimonio	0,097	0,0253
Viabilidad	0,244	Complejidad	0,151	0,0369
		Cumplimiento normativa	0,416	0,1016
		know how	0,21	0,0513
		tiempo ejecución	0,224	0,0547
Suma de ponderadores	1			1,0000

Fuente: elaboración propia.

Anexo S: Variación en ponderadores terminales para modificaciones en criterio social, variante costo-beneficio

Anexo S.1: +1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,420	Aumento cap. Operativa	0,202	0,085
		Mejoras SEC	0,252	0,106
		Mejoras eficiencia	0,166	0,070
		Reducción incidencias	0,38	0,159
Económico y financiero	0,143	VAN privado	1	0,143
Social	0,232	VAN social	0,262	0,061
		Pob. Perjudicada	0,255	0,059
		Pob. Beneficiada	0,385	0,089
		Impacto patrimonio	0,097	0,023
Viabilidad	0,205	Complejidad	0,151	0,031
		Cumplimiento normativa	0,416	0,085
		know how	0,21	0,043
		tiempo ejecución	0,224	0,046
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo S.2: -1%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,430	Aumento cap. Operativa	0,202	0,087
		Mejoras SEC	0,252	0,108
		Mejoras eficiencia	0,166	0,071
		Reducción incidencias	0,38	0,164
Económico y financiero	0,147	VAN privado	1	0,147
Social	0,212	VAN social	0,262	0,056
		Pob. Perjudicada	0,255	0,054
		Pob. Beneficiada	0,385	0,082
		Impacto patrimonio	0,097	0,021
Viabilidad	0,211	Complejidad	0,151	0,032
		Cumplimiento normativa	0,416	0,088
		know how	0,21	0,044
		tiempo ejecución	0,224	0,047
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo S.3: +5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,398	Aumento cap. Operativa	0,202	0,080
		Mejoras SEC	0,252	0,100
		Mejoras eficiencia	0,166	0,066
		Reducción incidencias	0,38	0,151
Económico y financiero	0,136	VAN privado	1	0,136
Social	0,272	VAN social	0,262	0,071
		Pob. Perjudicada	0,255	0,069
		Pob. Beneficiada	0,385	0,105
		Impacto patrimonio	0,097	0,026
Viabilidad	0,195	Complejidad	0,151	0,029
		Cumplimiento normativa	0,416	0,081
		know how	0,21	0,041
		tiempo ejecución	0,224	0,044
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo S.4: -5%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,452	Aumento cap. Operativa	0,202	0,091
		Mejoras SEC	0,252	0,114
		Mejoras eficiencia	0,166	0,075
		Reducción incidencias	0,38	0,172
Económico y financiero	0,154	VAN privado	1	0,154
Social	0,172	VAN social	0,262	0,045
		Pob. Perjudicada	0,255	0,044
		Pob. Beneficiada	0,385	0,066
		Impacto patrimonio	0,097	0,017
Viabilidad	0,221	Complejidad	0,151	0,033
		Cumplimiento normativa	0,416	0,092
		know how	0,21	0,046
		tiempo ejecución	0,224	0,050
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo S.5: +10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,370	Aumento cap. Operativa	0,202	0,075
		Mejoras SEC	0,252	0,093
		Mejoras eficiencia	0,166	0,061
		Reducción incidencias	0,38	0,141
Económico y financiero	0,126	VAN privado	1	0,126
Social	0,322	VAN social	0,262	0,084
		Pob. Perjudicada	0,255	0,082
		Pob. Beneficiada	0,385	0,124
		Impacto patrimonio	0,097	0,031
Viabilidad	0,181	Complejidad	0,151	0,027
		Cumplimiento normativa	0,416	0,075
		know how	0,21	0,038
		tiempo ejecución	0,224	0,041
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.

Anexo S.6: -10%

Criterio estratégico	Ponderador local	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador global
Seguridad y eficiencia	0,480	Aumento cap. Operativa	0,202	0,097
		Mejoras SEC	0,252	0,121
		Mejoras eficiencia	0,166	0,080
		Reducción incidencias	0,38	0,182
Económico y financiero	0,164	VAN privado	1	0,164
Social	0,122	VAN social	0,262	0,032
		Pob. Perjudicada	0,255	0,031
		Pob. Beneficiada	0,385	0,047
		Impacto patrimonio	0,097	0,012
Viabilidad	0,235	Complejidad	0,151	0,035
		Cumplimiento normativa	0,416	0,098
		know how	0,21	0,049
		tiempo ejecución	0,224	0,053
Suma de ponderadores	1			1,000

Fuente: elaboración propia.